



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA

ARTUR NEPOMUCENO SOARES

**AVALIAÇÃO DE RAÇÕES COMERCIAIS PARA O CULTIVO SUPER-INTENSIVO
DE JUVENIS DE *Litopenaeus vannamei*, COM UM MINIMO DE TROCA DE ÁGUA**

FORTALEZA

2018

ARTUR NEPOMUCENO SOARES

**AVALIAÇÃO DE RAÇÕES COMERCIAIS PARA O CULTIVO SUPER-INTENSIVO
DE JUVENIS DE *Litopenaeus vannamei*, COM UM MÍNIMO DE TROCA DE ÁGUA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes

FORTALEZA

2018

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)

- S652a Soares, Artur Nepomuceno.
Avaliação de rações comerciais para o cultivo super-intensivo de juvenis de *Litopenaeus vannamei*, com um mínimo de troca de água / Artur Nepomuceno Soares. – 2018.
36 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.
1. Camarão branco do Pacífico. 2. Desempenho zootécnico. 3. Camarão - Alimentação e rações. 4. *Litopenaeus vannamei*. I. Título.

CDD 639.2

ARTUR NEPOMUCENO SOARES

**AVALIAÇÃO DE RAÇÕES COMERCIAIS PARA O CULTIVO SUPER-INTENSIVO
DE JUVENIS DE *Litopenaeus vannamei*, COM UM MINIMO DE TROCA DE ÁGUA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

Aprovada em ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Aldeney Andrade Soares Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ítalo Régis Castelo Branco Rocha
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, por estar sempre presente em minha vida.

Agradeço a Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura, por concessão da bolsa de pesquisa que possibilitou a realização deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes, pela sua excelente orientação, seu apoio e por todos os conhecimentos e oportunidades que me foi dado nesses anos de trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Aldeney Andrade Soares Filho, por aceitar fazer parte da minha banca examinadora e por ser um verdadeiro amigo nesses anos de graduação.

Agradeço também ao Prof. Dr. Ítalo Régis Castelo Branco Rocha que aceitou fazer parte da minha banca examinadora e por ser um amigo me aconselhando nesses anos de graduação.

Agradeço aos meu pais, Fernanda Nepomuceno Soares e Glenilson Farias Soares, à minha irmã, Lívia Nepomuceno Soares, pelo o apoio em minhas decisões e pelo incentivo dado nesses anos.

Agradeço à Amanda de Lima Carvalho, que esteve ao meu lado em grande parte dos momentos, não apenas pelo apoio moral, mas também pela seu amor e companheirismo, que me incentivam a chegar cada vez mais longe.

Agradeço ao meu amigo de longa data, Luan Carvalho de Araújo Coelho que me acompanha em todas as conquistas.

Agradeço aos meus amigos do LANOA e principalmente aqueles que me ajudaram diretamente em meu projeto.

Agradeço principalmente à Sandra Maria do Nascimento Silva e ao Sebastião de Oliveira Silva Junior por serem grandes amigos, e se fazerem presentes nos momentos de necessidade nos meus anos de trabalho no LANOA.

Agradeço aos meus amigos Aline Bezerra e Júlio Cesar Zemor, que me orientaram e me acolheram em importantes fase da minha graduação.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tabela alimentar empregada no cultivo super-intensivo do <i>L. vannamei</i>	8
Tabela 2	Características físicas das rações comerciais.....	13
Tabela 3	Desempenho zootécnico de juvenis do camarão <i>L. vannamei</i> cultivado.....	16

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista aérea do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) localizado no CEAC.....	5
Figura 2 - Sistema de cultivo adotado.....	6
Figura 3 - A, medidor de dureza de Kahl. B, paquímetro eletrônico utilizado na determinação da granulometria dos <i>pellets</i>	9
Figura 4 - Agitador orbital.....	10
Figura 5 - A, Refratômetro da marca Sibaolu. B, pHmetro da marca Impac.....	11
Figura 6 - Estabilidade física em água das dietas.....	14
Figura 7 - Peso corporal dos camarões após 81 e 87 dias de cultivo cultivados sob 186 (rações 1-5) e 282 camarões.m ⁻² (rações 6-10) respectivamente.....	20
Figura 8 - Progressão no ganho de peso corporal do camarão <i>L. vannamei</i> nas densidades de 186 e 282 camarões/m ²	22
Figura 9 - Correlação exponencial entre o tempo de cultivo e o peso corporal do camarão <i>L. vannamei</i> cultivado.....	23

RESUMO

O camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), é o único crustáceo cultivado comercialmente no Brasil. Em 2016, sua produção alcançou 52.120 ton. com valor estimado de USD255 milhões. Atualmente, tecnologias de cultivo super-intensivo vem sendo implementadas em fazendas da região Nordeste. O presente trabalho teve como objetivo avaliar 10 rações comerciais em dois cultivos super-intensivos de juvenis do *L. vannamei*, operado com um mínimo de troca de água, utilizando tanques experimentais circulares do LANOA/LABOMAR/UFC. A pesquisa foi realizada em duas etapas, utilizando 25 tanques circulares de 6,37 m³. A 1ª e 2ª etapas avaliaram cinco rações (1-5 e 6-10, respectivamente) nas densidades iniciais de 186 e 282 camarões/m² durante 81 e 87 dias, respectivamente. Os camarões foram estocados com peso corporal de 1,74 e 1,53 g, respectivamente. As médias observadas para temperatura, salinidade e pH nas 1ª e 2ª etapas foram de: 29,1 °C e 30,6 °C; 36 g/L e 41 g/L; 7,65 e 7,45, respectivamente. Na despesca, a sobrevivência final foi superior a 90%, sem efeito significativo do tipo de ração utilizada. O ganho médio de produtividade no 1º cultivo alcançou 1.962 ± 173 g/m² ($p > 0.05$). Na 2ª etapa, as rações 6 e 7 resultaram em um ganho mais significativo de produtividade, de 3,1 kg/m², comparado com as rações 8 e 9, com 2,8 kg/m², e finalmente a ração 10, com 2,6 kg/m². O peso corporal final dos camarões alimentados com as rações 3, 4 e 5 foi significativamente mais elevado que da ração 1 e 2. No 2º cultivo, o peso corporal final foi mais elevado com a ração 6, seguido das rações 7, 8, 9 e 10. O aumento de densidade também resultou em um crescimento mais lento dos camarões, de um máximo de 1,13 g/semana no 1º cultivo para 1,00 g/semana no 2º cultivo. Duas equações de regressão foram definidas para correlacionar o tempo de cultivo (t) com o peso corporal (WG) dos camarões nas densidades de 186 e 282 animais/m²: $WG = 1,461e^{(0,027t)}$, $p < 0,0001$, $r^2 = 0,816$ e $WG = 1,562e^{(0,025t)}$, $p < 0,0001$, $r^2 = 0,839$, respectivamente. Por meio do presente estudo foi possível verificar que juvenis do camarão *L. vannamei* apresentam uma sobrevivência, crescimento, eficiência alimentar adequada quando cultivados em regime de alta densidade, utilizando um mínimo de troca de água.

Palavras-Chave: Camarão Branco do Pacífico. Desempenho Zootécnico. Alimentação.

ABSTRACT

The Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), is the only commercially grown crustacean in Brazil. In 2016, its production reached 52,120 tons. with an estimated value of USD255 million. Currently, super-intensive cultivation technologies have been implemented in farms in the Northeast region. The objective of this study was to evaluate 10 commercial rations in two super-intensive juvenile cultures of *L. vannamei*, operated with a minimum of water exchange, using circular experimental tanks from LANOA / LABOMAR / UFC. The research was carried out in two stages, using 25 circular tanks of 6.37 m³. The first and second stages evaluated five rations (1-5 and 6-10, respectively) at the initial densities of 186 and 282 shrimps / m² for 81 and 87 days, respectively. The shrimp were stocked with body weight of 1.74 and 1.53 g, respectively. The observed averages for temperature, salinity and pH in the 1st and 2nd stages were: 29.1 °C and 30.6 °C; 36 g / L and 41 g / L; 7.65 and 7.45, respectively. The final survival rate was over 90%, with no significant effect of the type of feed used. The average productivity gain in the 1st crop reached $1.962 \pm 173 \text{ g / m}^2$ ($p > 0.05$). In the second stage, rations 6 and 7 resulted in a more significant gain of productivity, of 3.1 kg / m², compared to rations 8 and 9, with 2.8 kg / m², and finally the ration 10, with 2, 6 kg / m². The final body weight of shrimp fed rations 3, 4 and 5 was significantly higher than that of rations 1 and 2. In the 2nd crop, final body weight was higher with ration 6, followed by rations 7, 8, 9 and 10. The increase in density also resulted in slower shrimp growth, from a maximum of 1.13 g / week in the 1st crop to 1.00 g / week in the 2nd crop. Two regression equations were defined to correlate the culture time (t) with shrimp body weight (WG) at densities of 186 and 282 animals / m²: $WG = 1.461e^{(0.027 t)}$, $p < 0.0001$, $r^2 = 0.816$ and $WG = 1.562e^{(0.025 t)}$, $p < 0.0001$, $r^2 = 0.839$, respectively. By means of the present study it was possible to verify that juveniles of the *L. vannamei* shrimp present a survival, growth, and adequate alimentary efficiency when cultivated in high density regime, using a minimum of water exchange.

Key words: Pacific White Shrimp. Zootechnical Performance. Food.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
3.1 Local de Estudo e Delineamento Experimental	14
3.2 Sistema de Cultivo e Estocagem dos Camarões.....	15
3.3 Rações e Manejo Alimentar	17
3.4 Análises Físicas das Rações	18
3.5 Análise e Manejo dos Parâmetros de Qualidade de Água.....	20
3.6 Desempenho Zootécnico	20
3.7 Análise Estatística	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Qualidade Física das Dietas.....	22
4.2 Desempenho Zootécnico dos Camarões.....	24
4.3 Qualidade de água	30
5 CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

O camarão branco do Pacífico, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), é o único crustáceo cultivado comercialmente no Brasil. Em 2016, sua produção alcançou 52.120 ton. com valor estimado de USD255 milhões (BRASIL, 2016). A espécie apresenta adaptabilidade ao clima do Nordeste brasileiro e as condições de confinamento dos cultivos. Tanto a tecnologia de produção de larvas e de engorda já estão bem estabelecidas. Esse camarão também apresenta grande aceitação pelo mercado consumidor, tanto interno como externo (ABCC, 2005; RODRIGUES, 2005).

Historicamente no Brasil, o cultivo de camarões em viveiros atravessou uma série avanços tecnológicos, dirigido principalmente pela busca de maiores produtividades dos cultivos. No início dos anos 80, os cultivos pioneiros adotavam um regime extensivo, caracterizado por uma baixa densidade de estocagem (1 a 3 camarões/m²), fertilização orgânica para desenvolvimento de alimento bentônico nos viveiros, resultando em produtividades de 50 até 200 kg/ha/ciclo. A partir de meados da década de 90, com a disponibilidade de pós-larvas do *L. vannamei* e rações balanceadas, houve a introdução de práticas semi-intensivas. Estas se caracterizavam por um maior controle alimentar através do uso de bandejas de alimentação e densidades de até 10 camarões/m², resultando em produtividades próximas a 500 kg/ha/ciclo. No final da década de 2000 teve início a implementação de fazendas adaptadas para operar em regime intensivo, eletrificadas para permitir o uso da aeração mecânica e com viveiros menores de até 5 ha de lâmina d'água. Em 2003, as densidades podiam alcançar mais de 50 camarões/m², com produtividades superiores a 4.000 kg/ha/ciclo (NUNES, GESTERIA, GODDARD, 2011). Entretanto, esse sistema fracassou, pois culminou com o agravamento de doenças virais e bacterianas nos cultivos, resultado do acúmulo de matéria orgânica nos viveiros e a falta de práticas de biossegurança (NUNES, GESTERIA, GODDARD, 2011; SAMOCHA *et al.*, 2002).

Atualmente, tecnologias de cultivo super-intensivo vem sendo implementadas em fazendas da região Nordeste. Ao contrário dos viveiros intensivos, esse sistema opera visando um equilíbrio entre uma alta produtividade de camarões, a estabilidade dos parâmetros de qualidade de água, a redução na descarga dos efluentes e a biossegurança. Os viveiros possuem áreas entre 2500 e 4.000 m², com formato quadrado ou retangular, profundidades entre 1,8 a 2,5 m, com fundos revestidos com geomembrana em PEAD (Polietileno de Alta

Densidade) ou em piso de cimento, equipados com dreno central, podendo haver bacias para reuso de água, com cobertura do tipo estufa, estrutura em PVC, madeira ou metal galvanizado, coberto em filme semi-transparente ou leitoso. Esses viveiros operam com múltiplas ofertas de ração ao dia, alta taxa de aeração mecânica (20-30 cv/há), densidades iniciais entre 120 e 300 camarões/m², resultando em produtividades de até 25.000 kg/há/ciclo (ROCHA *et al.*, 2016).

O presente estudo teve como objetivo avaliar 10 rações comerciais em dois cultivos super-intensivos de juvenis do *L. vannamei*, operado com um mínimo de troca de água, utilizando tanques experimentais circulares. Especificamente, o estudo determinou o desempenho zootécnico dos camarões em relação a sobrevivência final, peso corporal, consumo alimentar, fator de conversão alimentar e produtividade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A produção no mundo do camarão branco do pacífico *L. vannamei* em cativeiro apresentou um crescimento acentuado nos últimos anos. Segundo dados da FAO (2018), dos anos de 2008 a 2014 a pesca de camarões cresceu 11,6% enquanto a carcinicultura teve incremento de 42,3%, ultrapassando o volume de pesca. Um dos principais fatores que tem impulsionado a aquicultura de uma forma geral no mundo é a redução dos estoques naturais, enquanto a demanda pelo produto tem sido cada vez mais crescente.

A aquicultura, dentre os ramos da zootecnia, é aquela que se trata do cultivo de seres que têm na água seu único ou mais frequente ambiente de vida. Entende-se por cultivo a utilização de insumos, energia e mão de obra com objetivo de alavancar a produção dos organismos utilizados pela manipulação deliberada de suas taxas de crescimento, mortalidade e produção. Desta forma, a aquicultura abrange não apenas os organismos estritamente aquáticos, mas também aqueles que passam porção menor de sua existência em terra firme. Atualmente, as espécies animais mais cultivadas normalmente em todo o mundo, pertencem aos grupos dos peixes ósseos, dos crustáceos decápodos, dos moluscos bivalves e das rãs. Assim, a aquicultura é frequentemente subdividida em diversas modalidades, tais como a piscicultura, a carcinicultura, a ranicultura, a ostreicultura, a mitilicultura, e etc., as quais correspondem ao cultivo de peixes, camarões, rãs, ostras e mexilhões, respectivamente (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994).

Como toda atividade de cultivo, a carcinicultura, tem como objetivo conseguir uma produção máxima de camarões com o mínimo de despesa, de modo a se obter o maior lucro possível. Um dos requisitos para se atingir este objetivo consiste na organização do técnico responsável, quanto a administração do seu trabalho e dos seus auxiliares. Contudo, de nada adianta um trabalho altamente organizado se ele parte de pressupostos equivocados. Caso não se saiba quais as necessidades da espécie que se está cultivada, o crescimento dos camarões será reduzido e a produção será baixa. Portanto, outro requisito necessário para o bom desenvolvimento da carcinicultura é um conhecimento adequado da biologia da espécie utilizada no cultivo (BALDISSEROTTO, 2009).

Atualmente se tem conhecimento de que a alimentação do cultivo, mais especificamente a ração, é o insumo mais caro e o de maior importância (valor) para uma boa produtividade, sendo diretamente responsável pelo crescimento do animal, e em grande parte

pela qualidade de água (NUNES, 2014). Portanto, a demanda do mercado por uma ração de boa procedência aumenta, levando em consideração os novos sistemas que estão sendo adotados com mínima ou nenhuma renovação de água. Os cultivos de camarões em regime intensivo representam a nova era da carcinicultura, e a nutrição desses organismos vem se adequando as necessidades e exigências do mercado (SOARES, 2014).

Nos últimos anos vem sendo observado um grande crescimento na aquicultura mundialmente, e o crédito por tal desenvolvimento também é dado à modernização dos sistemas de produção. Para a carcinicultura, uma das alternativas à modernização mais sustentável e econômica, veio via produção em sistemas com mínima renovação de água. Estes sistemas possuem algumas perspectivas renovadas para o setor produtivo, assim como novos desafios, pois se trata de uma dinâmica mais controlada e sustentável, diferente do que normalmente é empregada nos sistemas convencionais (BEZERRA, 2014).

Nesse tipo de sistema, a produção de camarões pode atingir altas densidades de estocagem (de 100 até 1200 camarões/m³), além da possibilidade de trabalhar com elevados índices de produtividade devido à grande biomassa de camarões cultivados em reduzidas áreas de cultivo. Periodicamente, se faz uso de uma renovação de água baixa ou nula, reduzindo o risco de contaminação tanto da área cultivada como do ambiente circulante. Nos EUA (país de origem do sistema em questão), os cultivos de camarões com bioflocos têm alcançado níveis de produção próximos a 10 kg/m² (PIÉRRRI, 2012).

Segundo ARANA (2004), em termos gerais, cada sistema de produção apresenta uma série de características que o diferencia das outras, conforme a seguir:

Sistema extensivo: viveiros grandes (de 10 a 100 ha), sem nenhum tipo de infraestrutura (revestimentos, comportas de concreto, sistema de bombeamento, utilização de ração comercial, etc.); viveiros com fundo e paredes de terra; nenhuma troca de água (o enchimento dos viveiros é feito por derivação ou pelas marés); alimentação exclusivamente natural; oxigenação da água baseada no fitoplâncton e na ação dos ventos; investimento inicial mínimo (apenas aquisição e movimentação de terra); mão de obra não qualificada. Exemplo: viveiros de cultivo de camarão marinho do nordeste brasileiro na década de 1980.

Sistema semi-intensivo: viveiros de tamanho médio (de 1 a 10 ha); fundos e paredes de terra; trocas de água mínimas por bombeamento (de 1 a 5% ao dia), densidade de estocagem moderada; alimentação natural (fito e zooplâncton, bentos, etc.) complementada frequentemente com ração balanceada; aeração mecânica opcional; investimento inicial

médio; pouco exigente e mão de obra especializada. Exemplo: cultivos de bagres integrados a fazendas agropecuárias; cultivo de *L. vannamei* no Brasil.

Sistema intensivo: viveiros pequenos (de 0,1 a 1 ha), geralmente com fundo e paredes revestidas com concreto ou plástico; grandes e constantes trocas de água por bombeamento (de 20 a 100% ao dia); alta densidade de estocagem (número/peso de animais por unidade de área ou volume); alimentação exclusivamente artificial à base de rações balanceadas; aeração mecânica ou uso de oxigênio puro; investimento inicial bastante elevado; exige mão de obra capacitada. Exemplo: cultivo intensivo de camarão marinho no sudeste asiático, em densidades de até 200 indivíduos/m².

Os manejos e práticas aquícolas, são ambientalmente corretas, impactando minimamente o meio ambiente em que se inserem, quando realizadas de acordo com orientações técnicas apropriadas. Portanto, a boa aquicultura apresenta sustentabilidade econômica, social e ambiental. Atualmente, em países desenvolvidos, são exigidos pelos consumidores que o produto comercializado tenha além de alta qualidade nutricional, ofereça também segurança ao consumo. Outro quesito muito importante que é cobrado dos consumidores, é de que o produto tenha sido obtido em sistemas sustentáveis de produção (SÁ, 2012).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local de Estudo e Delineamento Experimental

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 – Vista aérea do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) localizado no CEAC.



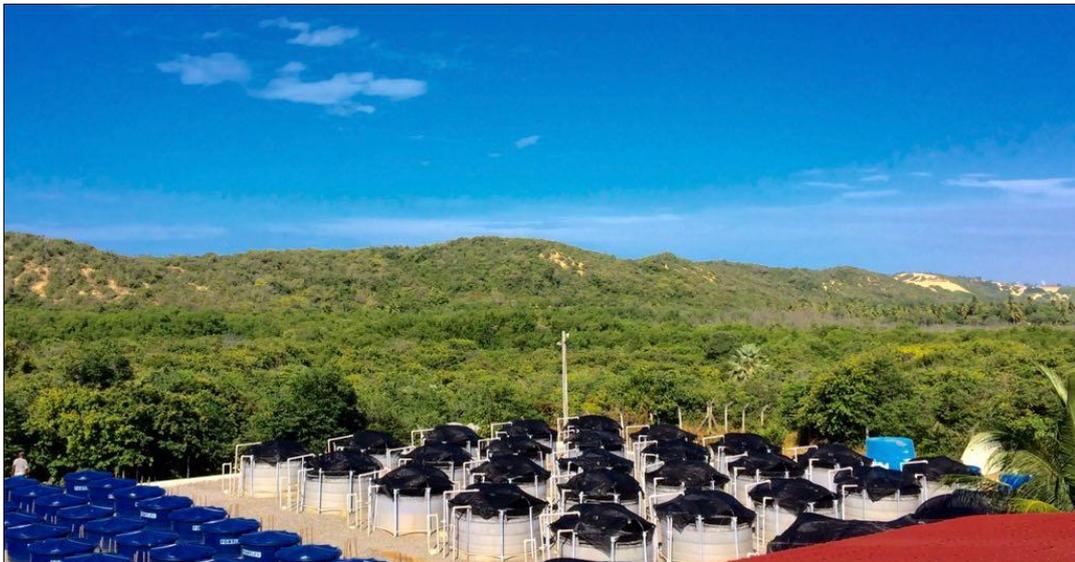
Fonte: o Google (2018).

O estudo consistiu na avaliação de dez rações de engorda para camarões marinhos comercializadas no Brasil. Por questões de confidencialidade, elas serão apenas identificadas por um número. O primeiro estudo avaliou cinco rações (1, 2, 3, 4 e 5) na densidade inicial de 186 camarões/m², por 81 dias. No segundo, foram avaliadas as rações 6, 7, 8, 9 e 10, na densidade de 282 camarões/m², durante 87 dias de cultivo. Em ambos os cultivos, foi empregada camarões juvenis da espécie *Litopenaeus vannamei*. Na despesca, os camarões foram contados, pesados e as variáveis de desempenho zootécnico foram determinadas.

3.2 Sistema de Cultivo e Estocagem dos Camarões

O sistema de cultivo adotado neste estudo foi composto de 25 tanques cilíndricos de 6,37 m³ (2,60 m de diâmetro x 1,20 m de profundidade) área de 5,31 m² em estrutura de aço galvanizado e lona de PVC (Vinitank®, Viniartefatos Comércio, Importação e Exportação Ltda., Embu, SP), mantidos em área aberta, cada um equipado com uma entrada e saída individual de água, aeração e bandeja de alimentação (Figura 2). Os tanques de cultivo possuem duas linhas de conexões, uma para o abastecimento da água estuarina e outra para a drenagem dos efluentes para uma estação de tratamento.

Figura 2 – Sistema de cultivo adotado.



Fonte: o Autor.

Os tanques experimentais foram inicialmente preparados mediante limpeza e escovação das paredes e fundo com a ajuda de um jato d'água industrial e uma solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm. A água do mar utilizada para encher os tanques de cultivo não foi desinfetada, mas foi filtrada em filtro de areia antes do uso. A mesma foi armazenada em caixas d'água de fibra de vidro de 20 m³, que por sua vez, estão conectados às linhas de abastecimento de água do estuário através de tubulação de PVC. Os reservatórios são abastecidos por meio de uma bomba centrífuga com 5,0 cv de potência (modelo C8R8, linha JM, Bombas King®, Caucaia, CE), mantida em uma casa de bombas situada às margens do Rio Pacoti, a uma distância de 270 m do sistema de cultivo experimental. O ar foi suprido por

um soprador (compressor radial de ar) com 7,5 cv de potência (modelo CR-9, IBRAM® Indústria Brasileira de Máquinas e Equipamentos, São Paulo, SP) que funcionou até o fim do cultivo, tendo outro como reserva em caso de emergência (PINTO, 2011). Um grupo gerador a diesel de potência contínua com 1.800 rpm (gerador Cummins®, modelo C150D5, São Paulo, SP) e 150-kvA (KV, Volt Amperes) foi empregado como fonte emergencial de energia.

Pós-larvas (PL) de camarões *L. vannamei* na idade de PL₁₀ foram obtidas de uma larvicultura comercial (Aquatec Aquacultura Ltda., Canguaretama, RN) e transportadas por via terrestre até o laboratório. Os camarões foram certificados oficialmente por um Médico Veterinário como sendo livre de doenças notificáveis a Organização Internacional de Epizootias (OIE).

No laboratório, os animais foram divididos igualmente e povoados em cinco tanques berçários circulares com volume útil de 23,85 m³ (4,5 m de diâmetro x 1,5 m de profundidade), construídos em estrutura de plástico de engenharia e lona de PVC (Vinitank®, Viniartefatos Comércio, Importação e Exportação Ltda., Embu, SP). Os camarões foram alimentados com uma ração comercial desintegrada até alcançarem um peso médio corporal entre 1 a 3 g.

O povoamento dos tanques experimentais consistiu inicialmente na redução do volume de água dos berçários até uma altura de 50 cm. Em seguida, os camarões foram capturados com uma rede de arrasto e transferidos para bombonas para classificação visual visando eliminar animais com tamanhos discrepantes e uniformizar o peso médio corporal dos camarões. No primeiro estudo, foi realizada uma pesagem individual em 30 camarões estocados em cada tanque, seguido de duas pesagens, em conjunto, de 30 animais e nove pesagens de 100 animais. Um total de 24.750 camarões com peso médio (\pm desvio padrão) de $1,74 \pm 0,64$ g foram estocados em 25 tanques de 6,37 m³ (2,60 m de diâmetro x 1,20 m de profundidade; área de fundo de 5,31 m²) na densidade de 186 camarões/m² (990 camarões por tanque). No segundo estudo, um total de 37.500 animais de $1,53 \pm 0,33$ g foram pesados em alíquotas de 100 animais (375 pesagens), totalizando 1.500 animais estocados por tanque na densidade de 282 camarões/m². Em ambos os estudos, os camarões foram aclimatados por dois dias com uma ração desintegrada contendo um mínimo de 40% de proteína bruta. A partir do 3º dia, os camarões passaram a ser alimentados com suas respectivas rações.

3.3 Rações e Manejo Alimentar

Os camarões foram alimentados com 10 rações comerciais, todas manufaturadas no Brasil. A oferta de ração ocorreu quatro vezes por dia, exclusivamente em bandejas de alimentação com área de 707 cm² (30 cm x 5,4 cm; diâmetro x altura), sendo posicionada uma unidade por tanque. A oferta de ração ocorreu às 07:00, 10:00, 13:00 e 16:00 h, sendo a refeição diária dividida em 25, 15, 15 e 45%, respectivamente.

As refeições diárias foram calculadas seguindo taxas de alimentação baseadas na fórmula: $RF = 0,0931PC^{0,6200}$, onde RF é a quantidade máxima de ração que pode ser ingerida diariamente por um camarão em função de seu peso corporal (PC; NUNES; PARSONS, 2000). Foi aplicada uma taxa de restrição sobre a RF calculada de 50% (Tabela 1).

Tabela 1. Tabela alimentar empregada no cultivo super-intensivo do *L. vannamei*.

Peso Corporal (PC, g)		Taxa Alimentar (% do PC)	Dias de Cultivo		Sobrevivência Estimada (%)
Inicial	Final		Inicial	Final	
1,00	2,00	4,09	1	7	99,76
2,00	3,00	3,32	8	15	99,16
3,00	4,00	2,91	16	23	98,52
4,00	5,00	2,64	24	31	97,88
5,00	6,00	2,45	32	39	97,24
6,00	7,00	2,29	40	47	96,60
7,00	8,00	2,17	48	55	95,96
8,00	9,00	2,07	56	63	95,32
9,00	10,00	1,98	64	71	94,61
10,00	11,00	1,91	72	79	94,04
11,00	12,00	1,84	-	-	-

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, tendo início no 5º e 7º dias de cultivo no primeiro e

segundo estudo, respectivamente. 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, mantendo-se uma queda semanal de 0,5% na sobrevivência.

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; (4) estabilidade física em água; (5) diâmetro e o comprimento dos *pellets*.

A resistência dos *pellets* foi determinada com um medidor de dureza de Kahl (Amandus Kahl 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 (Figura 2).

Figura 3 – A, medidor de dureza de Kahl. B, paquímetro eletrônico utilizado na determinação da granulometria dos *pellets*.



Fonte: o Autor.

O conteúdo de umidade das rações foi determinado por secagem a 105°C durante 72 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 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-INR-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).

Figura 4 – Agitador orbital.



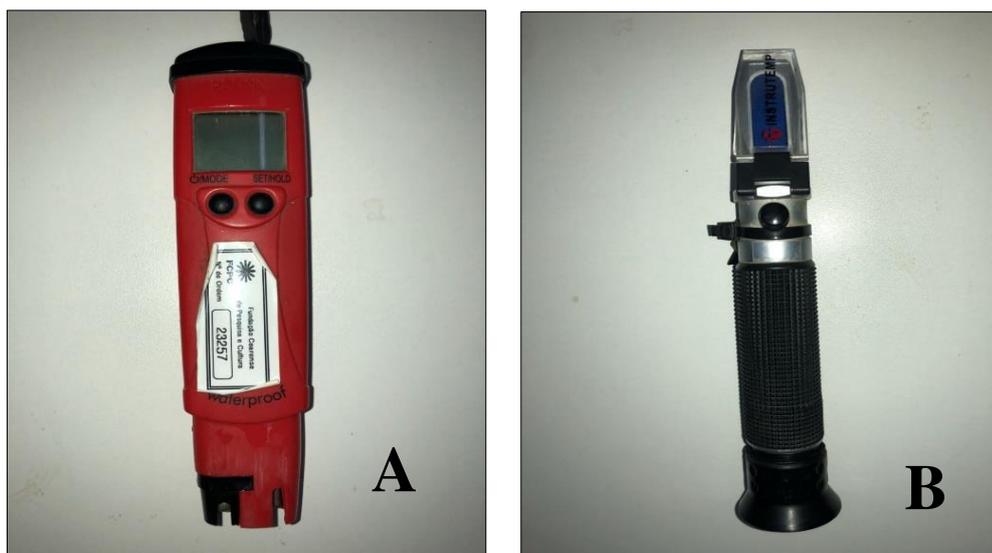
Fonte: o Autor.

O excesso de água nas amostras foi drenado, lavando-se a amostra retida na peneira de 850 micras, 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 ÷ 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. Nas avaliações físicas, uma ração comercial peletizada para engorda de camarões foi empregada como referência.

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 13:00 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 (Figura 5). O oxigênio dissolvido (OD) foi mantido próximo a saturação, medido com um oxímetro (YSI 550A DO Instrument, YSI Incorporated®, Yellow Springs, EUA) no segundo estudo. No primeiro estudo, os sólidos sedimentáveis (SS) foram medidos duas vezes semanais com cones de Imhoff de 1.000 mL (J. Porlab Indústria e Comércio de Produtos para Laboratório Ltda., São José dos Pinhais, PR) empregando a metodologia descrita por Castro (2010).

Figura 5 – A, pHmetro da marca Impac. B, refratômetro da marca Sibaolu.



Fonte: o Autor

3.6 Desempenho Zootécnico

Os camarões foram despescados após 81 e 87 dias de cultivo no 1º e 2º experimento, respectivamente. Na despesca, os camarões foram contados individualmente. Na despesca, 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 ganha (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 de desempenho zootécnico dos camarões. O teste *a posteriori* de Duncan foi utilizado para examinar as diferenças estatísticas individuais entre tratamentos, quando observadas diferenças estatísticas ao nível de significância de 0,05.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Qualidade Física das Dietas

O teor médio de umidade das rações variou de $8,53 \pm 0,96$ (ração 5) até $9,80 \pm 0,30\%$ (ração 1). O menor teor de umidade foi detectado com as rações 4 e 5 e o maiores valores com as rações 1 e 3 ($p \leq 0,05$, Tabela 2). O diâmetro e comprimento dos pellets também apresentaram variação significativa entre as rações. A ração 3 exibiu o menor diâmetro, contudo um dos maiores comprimentos entre as rações avaliadas, acima de 5,5 mm. Esta mesma tendência foi detectada para ração 1, com menor diâmetro (abaixo de 2 mm) e maior comprimento. Ao contrário, a ração 2 apresentou um maior diâmetro e menor comprimento. Arruda (2017) avaliou os *pellets*, de rações comerciais para engorda de camarões, com diferentes diâmetros na alimentação de juvenis do *L. vannamei* entre 8,5 e 17,4 g de peso corporal, verificando que os camarões nessa faixa de peso eles conseguem consumir rações com diâmetro entre 1,33 e 2,92 mm, sem efeitos deletérios no seu desempenho zootécnico. Contudo, o autor observou que *pellets* com diâmetro de 2,92 mm resulta em camarões com peso corporal mais heterogêneo comparado com animais alimentados com *pellets* entre 1,33 e 2,23 mm de diâmetro. Tan e Dominy (1997) recomendaram pellets de 2,2 x 2,5 mm (diâmetro x comprimento) para camarões entre 4 e 10 g de peso corporal. Em um estudo sobre o comportamento alimentar do camarão *Farfantepenaeus subtilis*, Nunes, Gesteria, Goddard, (1997) observaram que *pellets* menores que 2,3 x 1,3 mm são melhor utilizados por camarões nessa classe de peso do que pellets maiores.

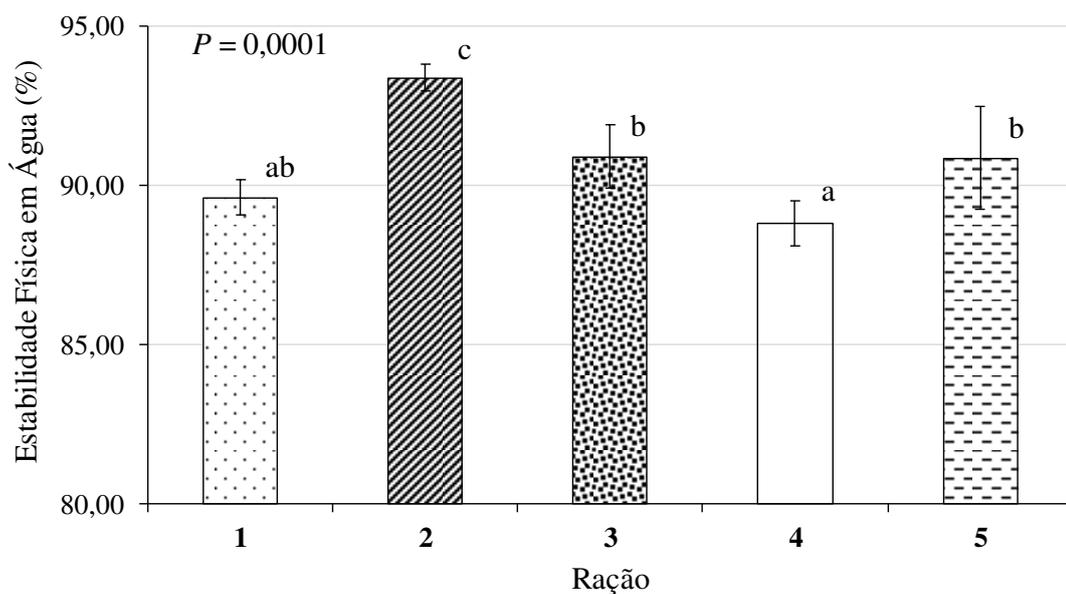
Tabela 2 – Características físicas das rações comerciais utilizadas no cultivo com 186 camarões/m². Os valores médios (\pm desvio padrão) representam 30 medições, exceto o teor de umidade (n = 5). Os valores na mesma coluna com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) de acordo com o teste de Duncan.

Ração	Umidade (%)	Dureza (kg)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)
1	$9,80 \pm 0,30^c$	$2,45 \pm 0,82^b$	$1,99 \pm 0,08^b$	$5,21 \pm 0,72^{bc}$
2	$9,13 \pm 0,38^{abc}$	$1,13 \pm 0,43^a$	$2,10 \pm 0,05^d$	$4,94 \pm 0,64^a$
3	$9,47 \pm 0,30^{bc}$	$3,15 \pm 0,76^c$	$1,95 \pm 0,03^a$	$5,56 \pm 0,75^c$
4	$8,73 \pm 0,60^{ab}$	$3,52 \pm 1,06^c$	$2,04 \pm 0,08^c$	$5,18 \pm 0,54^{bc}$
5	$8,53 \pm 0,96^a$	$2,25 \pm 0,90^b$	$2,03 \pm 0,09^c$	$4,97 \pm 0,43^{ab}$
P Sig.	< 0,012	< 0,0001	< 0,0001	< 0,001

A dureza dos *pellets* da ração 2 alcançou $1,13 \pm 0,43$ kg, sendo significativamente menor que as demais. Por outro lado, as rações 3 e 4 exibiram os maiores valores de $3,15 \pm 0,76$ e $3,52 \pm 1,06$ kg, respectivamente. As rações 1 e 5 exibiram valores medianos de dureza. Embora se desconheça os valores ideais de dureza em ração para camarões marinhos, valores muito elevados podem dificultar a sua ingestão. Por outro lado, valores baixos podem resultar em um aumento na quantidade de finos da ração durante seu manuseio e transporte. Arruda (2017) citou que o diâmetro dos *pellets* teve uma influência sobre a dureza em rações para camarões produzidas com uma extrusora laboratorial. O autor observou que um menor diâmetro do *pellet* resultou em uma maior dureza e vice-versa. Este padrão também foi observado nas rações utilizadas no presente estudo. Aparentemente, isto ocorre, pois, rações com menor diâmetro precisam ser moldadas utilizando matrizes com menores orifícios, com isto exercendo maior pressão e força para moldagem.

No entanto, aparentemente, a dureza não apresenta uma correlação direta com a estabilidade física da ração em água. No presente estudo, todas as rações exibiram uma estabilidade acima de 80%, considerado o valor ideal para rações comerciais. Contudo, a ração 2 foi a que apresentou a maior estabilidade entre todas as rações, de $93,40 \pm 0,92\%$ ($p \leq 0,05$), no entanto, exibiu uma menor dureza.

Figura 6 – Estabilidade física em água das dietas experimentais utilizando um agitador horizontal (200 RPM, 35 g/L salinidade, 30 min., peneira com malha de 860 micras). Os valores são apresentados como média (\pm erro padrão) de cinco leituras. Letras em comum indicam diferença estatística não significativa ($p > 0,05$) segundo o teste de Duncan.



Obaldo e Tacon (2001) observaram que *pellets* na forma desintegrada com 0,7 mm de diâmetro apresentavam uma menor estabilidade física comparado com *pellets* cilíndricos de 3 mm. Os autores indicaram que rachaduras são desenvolvidas durante a desintegração do *pellet*. Além disso, a relação área superficial e volume é aumentada na medida em que partículas maiores são reduzidas a desintegrados. Isso torna rações com menor diâmetro mais suscetíveis à desintegração em água, reduzindo sua estabilidade e aumentando a lixiviação de nutrientes. No presente estudo, não se trabalhou com rações desintegradas, apenas com rações com *pellets* cilíndricos. Portanto, não foi possível detectar uma relação aparente entre diâmetro do *pellet* e estabilidade em água.

4.2 Desempenho Zootécnico dos Camarões

Em ambos os cultivos, os camarões apresentaram uma sobrevivência final elevada, acima de 90% (Tabela 3). Não houve um efeito significativo do tipo de ração utilizada sobre este parâmetro ($p > 0,05$). Muito embora tenha havido um aumento na densidade inicial de camarão na ordem de 52% entre o 1º e 2º cultivo (de 186 para 282 camarões/m², respectivamente), isto não teve uma aparente influência sobre a sobrevivência final dos camarões. A sobrevivência média alcançou valores muito próximos, de $91,49 \pm 5,07$ e $91,65 \pm 3,50\%$, respectivamente. Isto sugere que a capacidade de suporte dos tanques não foi excedida.

Wu-Jie Xu, Morrisd e Samochae (2018), também indicaram sobrevivências acima de 90% em cultivos de *L. vannamei* com alta densidade, utilizando diferentes rações nos tratamentos. No referido trabalho, os autores replicaram dois tratamentos (um com uma ração mais barata, e outro com uma ração mais cara), cada um com quatro tanques com diferentes proporções de C / N, em uma densidade por tanque de 177 camarões/m². Os autores observaram uma média de sobrevivência alcançada no 1º e 2º tratamento, de $97,5 \pm 1,36$ e $96,3 \pm 1,11\%$, respectivamente.

Tabela 3 – Desempenho zootécnico de juvenis do camarão *L. vannamei* cultivado em 25 tanques circulares de 6,37 m³ sob 186 (rações 1-5) e 282 (rações 6-10) camarões/m² durante 81 e 87 dias, respectivamente. Valores apresentados como média (± desvio padrão) de cinco tanques de cultivo. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa, segundo o teste de Duncan ao nível de $\alpha = 0,05$.

Parâmetros Zootécnicos	Ração Comercial					Média ± DP	p Sig.
	1	2	3	4	5		
Peso corporal inicial (g) ¹	1,72 ± 0,52	1,76 ± 0,54	1,79 ± 1,10	1,71 ± 0,49	1,70 ± 0,48	1,74 ± 0,64	0,672
Sobrevivência final (%)	90,95 ± 5,67	94,04 ± 2,09	90,30 ± 5,16	91,17 ± 7,83	90,99 ± 4,35	91,49 ± 5,07	0,825
Crescimento (g/semana)	0,92 ± 0,06 ^{ab}	0,89 ± 0,03 ^a	0,99 ± 0,03 ^{abc}	1,13 ± 0,19 ^c	1,08 ± 0,20 ^{bc}	-	0,038
Ganho de produtividade (g/m ²)	1.812 ± 249	1.915 ± 38	1.954 ± 64	2.067 ± 181	2.064 ± 148	1.962 ± 173	0,087
Consumo de ração (g/camarão)	19,0 ± 0,64 ^{ab}	18,5 ± 0,74 ^a	19,3 ± 0,46 ^{abc}	19,8 ± 0,81 ^{bc}	20,1 ± 0,76 ^c	-	0,012
FCA	1,99 ± 0,32	1,80 ± 0,06	1,84 ± 0,10	1,80 ± 0,21	1,82 ± 0,14	1,85 ± 0,19	0,498
	6	7	8	9	10	Média ± DP	P Sig.
Peso corporal inicial (g) ²	1,48 ± 0,29	1,55 ± 0,35	1,56 ± 0,36	1,56 ± 0,36	1,51 ± 0,30	1,53 ± 0,33	0,496
Sobrevivência final (%)	92,48 ± 4,18	90,52 ± 2,81	91,92 ± 3,36	93,92 ± 3,69	89,41 ± 2,84	91,65 ± 3,50	0,301
Crescimento (g/semana)	1,00 ± 0,04 ^a	0,94 ± 0,14 ^{ab}	0,89 ± 0,04 ^b	0,85 ± 0,07 ^b	0,82 ± 0,09 ^b	-	0,020
Ganho de produtividade (g/m ²)	3.088 ± 173 ^a	3.136 ± 92 ^a	2.798 ± 134 ^b	2.745 ± 113 ^{bc}	2.555 ± 270 ^c	-	<0,0001
Consumo de ração (g/camarão)	19,6 ± 0,83 ^a	19,8 ± 1,06 ^a	18,4 ± 0,65 ^{ab}	18,2 ± 1,34 ^b	17,6 ± 1,17 ^b	-	0,015
FCA	1,80 ± 0,16	1,78 ± 0,06	1,86 ± 0,06	1,87 ± 0,06	1,96 ± 0,10	1,85 ± 0,11	0,071

¹n = 205 pesagens por tratamento experimental

²n = 75 pesagens por tratamento experimental

O ganho médio de produtividade de camarões no 1º cultivo alcançou 1.962 ± 173 g/m². Não foi observado diferença estatisticamente significativa nesse parâmetro como resultado do tipo de ração empregada ($p > 0,05$). A produtividade se diferenciou ao se aumentar a densidade de 186 para 282 de camarões/m², utilizando as rações 6-10. Nesse caso, as rações 6 e 7 resultaram em um ganho mais significativo de produtividade, de 3,1 kg/m², comparado com as rações 8 e 9, com 2,8 kg/m², e finalmente a ração 10, com 2,6 kg/m² ($p \leq 0,05$). Com isto, pode ser especulado que uma densidade mais elevada de camarões levou a uma maior dependência por nutrientes da ração, seja pela menor disponibilidade de alimento natural, ou por um maior estresse causado por uma maior concentração de compostos nitrogenados.

Segundo Krummenauer *et al.* (2014), o uso da mesma água ao longo de múltiplos ciclos de cultivo em um sistema de tecnologia de bioflocos pode ser altamente benéfico. O autor realizou um estudo avaliando diferentes níveis de água rica em bioflocos (25, 50, 75 e 100% e controle à 0%), que foram testados com três repetições cada, utilizando como indicadores a qualidade da água, e o desempenho produtivo do *L. vannamei*. No referido trabalho foram estocados 312 camarões/m², que foram cultivados em condições na ausência de troca hídrica. Foram observadas diferenças significativas nos compostos nitrogenados entre a água enriquecida com bioflocos e a água sem enriquecimento, indicando que o camarão cultivado na água rica em bioflocos apresenta um peso corporal individual maior, comparado ao camarão cultivado em água do mar límpida. A produtividade final alcançada nos tratamentos com 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de enriquecimento com bioflocos, foi de 2.12 ± 0.31 , 2.35 ± 0.40 , 2.35 ± 0.59 , 2.41 ± 0.55 e 2.48 ± 0.67 , respectivamente. Portanto, o autor sugere que a cultura em água enriquecida com bioflocos produz níveis mais elevados de qualidade da água e desempenho de camarão do que a cultura na água do mar natural.

Nos dois cultivos, houve um consumo alimentar estatisticamente significativo entre as rações avaliadas. A ração 5, foi a mais consumida entre todas ofertadas no 1º cultivo. Ao contrário do que se esperava, a ração 2, com menor dureza, foi a que exibiu o menor consumo alimentar entre as rações avaliadas do 1º cultivo. Contudo, a elevada estabilidade observada nessa ração pode ter contribuído para um menor consumo aparente. Este parâmetro leva em consideração apenas a quantidade de ração ofertada nos tanques, portanto, não representando uma variável confiável de consumo alimentar dos camarões. Uma maior estabilidade física pode ter favorecido a menores perdas de matéria seca, resultando em uma menor oferta de ração, conseqüentemente, em um menor consumo aparente de ração.

Entretanto, a diferente estabilidade física das rações não afetou o FCA das rações utilizadas no 1º cultivo. Este resultado pode ter sido consequência de valores de estabilidade física muito elevados, acima de 80%, ou da qualidade nutricional e biodisponibilidade de nutrientes das rações.

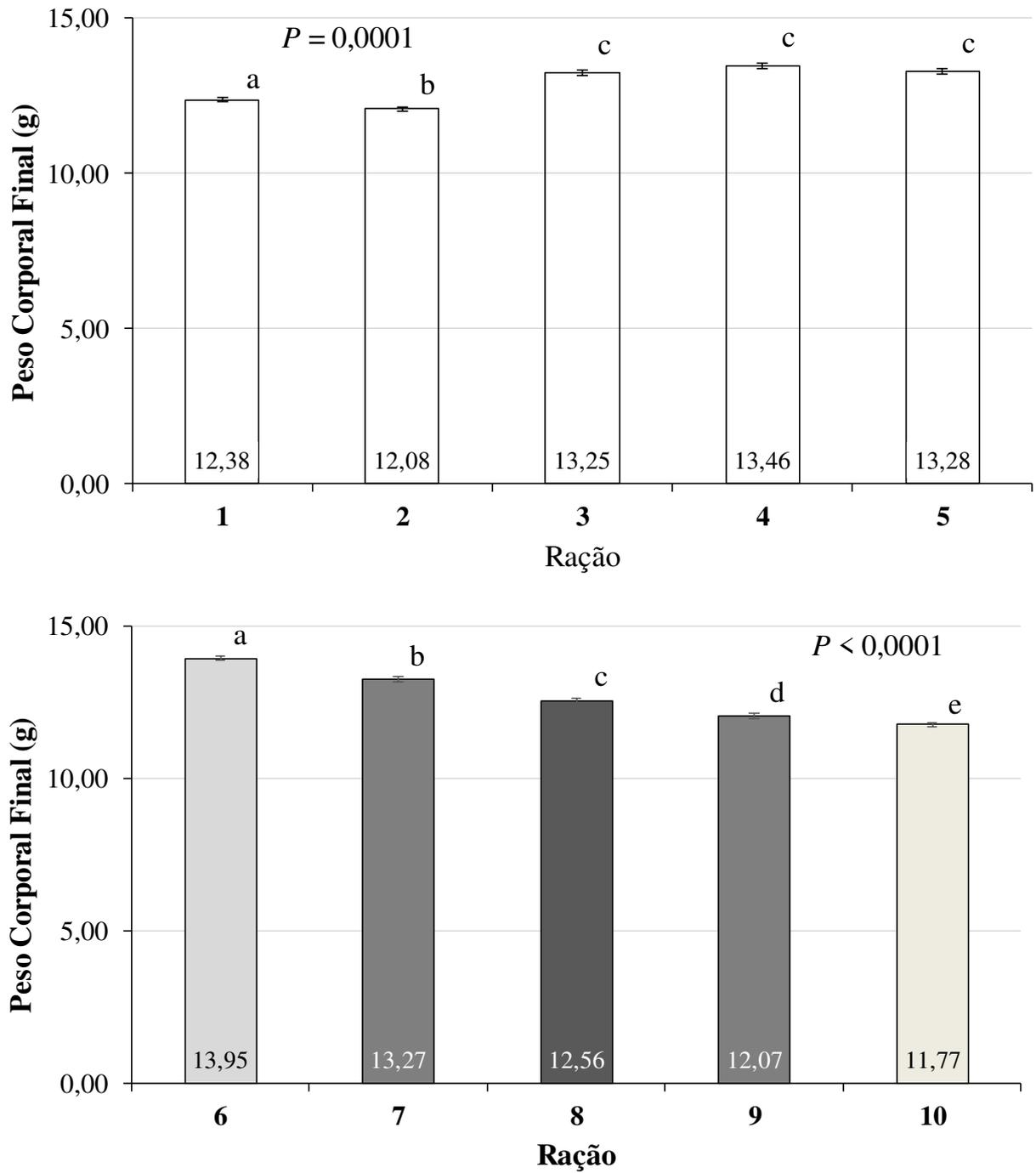
Uma outra associação do consumo alimentar pode ser feita com a produtividade e peso corporal final dos camarões. Em teoria, um menor consumo de ração resultada em um menor ganho de biomassa e vice-versa. No 1º cultivo, camarões alimentados com a ração 2 apresentaram o menor consumo aparente como também o menor peso corporal final, de $12,08 \pm 2,46$ g ($p \leq 0,05$). Entretanto, não se pode afirmar que um menor consumo alimentar levou a um menor peso corporal ou se o menor peso corporal resultou em uma redução no consumo de ração. Os camarões alimentados com as rações 3, 4 e 5 não exibiram diferença estatisticamente significativa no peso corporal, que alcançou entre 13,25 e 13,46 g (Figura 7). Já os camarões alimentados com a ração 1, exibiram um peso médio final de $12,38 \pm 2,50$ g, inferior as rações 3, 4 e 5, contudo superior a ração 2 ($p \leq 0,05$). Nesse cultivo, o ganho de peso semanal ultrapassou 1 g quando utilizado as rações 3, 4 e 5. Com as demais rações, *i.e.*, 1 e 2, o ganho de peso semanal ficou em 0,9 g. Nunes *et al.* (2006), indicou que o consumo de ração pelo camarão marinho *L. vannamei*, é proporcional à exposição da ração e do peso, e não ao tamanho da ração. Em seu estudo, o autor realizou três experimentos separados onde objetivou avaliar o efeito da conversão de tempo e de restrição de taxa sobre o desempenho de crescimento de *L. vannamei* cultivado em condições controladas. Em todos os ensaios, os camarões foram alimentados com uma dieta com 39,6% de proteína bruta entregue em bandejas de alimentação de PVC. No referido trabalho foi observado que o consumo de ração ocorreu de forma contínua e uniforme ao longo do período de exposição de 8 horas ($p \leq 0,05$). Em média, o consumo de ração por hora chegou a 4,09% do peso corporal do animal, e se manteve uniforme durante todo o período de exposição de 8 horas. Mostrou também que períodos mais longos e contínuos de alimentação melhoraram o desempenho do crescimento do camarão e o consumo de ração. Por fim, o autor concluiu que é possível reduzir moderadamente as taxas diárias de alimentação sem efeitos prejudiciais na sobrevivência, crescimento e eficiência alimentar de *L. vannamei*.

No 2º cultivo, o consumo alimentar aparente foi maior com as rações 6 e 7 ($p \leq 0,05$). Os valores médios alcançados, entre 18 e 19 g de ração por camarão estocado, permaneceram próximo do observado no 1º cultivo. Exceção foi detectado para a ração 10 em

que o consumo alcançou 17,6 g/camarão, o menor observado. Conforme observado no 1º cultivo, não foi possível detectar diferença estatisticamente significativa para o FCA entre as rações utilizadas no 2º cultivo ($p > 0,05$). A média de FCA entre os dois cultivos foi similar, de $1,85 \pm 0,19$ e $1,85 \pm 0,11$, respectivamente. Ao que parece, alguma outra variável, além do tipo de ração empregada, pode ter favorecido valores tão próximos e elevados de FCA. Os camarões foram alimentados quatro vezes ao dia, por voleio. Devido a alta densidade de estocagem de camarões, o ideal seria dividir a refeição diária em um maior número de vezes ao dia. Isto poderia contribuir para uma menor perda de ração e melhores valores de eficiência alimentar. Nesse caso, as diferenças entre as rações poderiam ser mais perceptíveis. Ray, Drury, Cecil, (2017), indicou que o camarão branco *L. vannamei* apresentou melhor desempenho em cultivos de água clara, quando comparado em cultivos de bioflocos. O autor ao comparar os dois sistemas, verificou que o tamanho médio final dos camarões foram de, $11,6 \pm 0,3$ g e $11,1 \pm 0,2$ g, para o tratamento de água clara e para o tratamento de bioflocos, respectivamente. No mesmo estudo, também foi observado que a taxa de conversão alimentar foi significativamente melhor no tratamento com água clara, com valor de 1,5:1, em relação ao tratamento com bioflocos com valor de 1,8:1. O autor concluiu que os pesos individuais dos camarões, biomassa total e FCA foram todos significativamente melhores no tratamento de CW em comparação com o tratamento de BF. As razões exatas para as diferenças na produção de camarão não são claras. No entanto, as diferenças na qualidade da água podem ter desempenhado um papel importante no resultado final.

No 2º cultivo, o peso corporal final dos camarões também variou em função do tipo de ração empregada (Figura 7). O maior peso foi alcançado com a ração 6 ($13,95 \pm 2,43$ g), seguido da 7 ($13,27 \pm 2,79$ g), 8 ($12,56 \pm 2,85$ g), 9 ($12,07 \pm 2,73$ g) e 10 ($11,77 \pm 2,61$ g). Ao se comparar estes resultados com o 1º cultivo, a maior densidade de estocagem de camarões parece ter contribuído para uma diferença no peso corporal mais clara entre as rações. O aumento de densidade também resultou em um crescimento mais lento dos camarões, de um máximo de 1,13 g/semana no 1º cultivo para 1,00 g/semana no 2º cultivo. Entretanto, ao contrário do peso corporal final, o ganho de peso corporal não se diferenciou estatisticamente entre as rações 6 e 7 ($1,00 \pm 0,04$ e $0,94 \pm 0,14$ g, respectivamente) e entre as rações 8, 9 e 10 ($0,89 \pm 0,04$, $0,85 \pm 0,07$ e $0,82 \pm 0,09$ g, respectivamente).

Figura 7 – Peso corporal (g, média \pm erro padrão) dos camarões após 81 e 87 dias de cultivo cultivados sob 186 (rações 1-5) e 282 camarões.m⁻² (rações 6-10) respectivamente. Letras iguais indicam diferença estatística não significativa segundo o teste a posteriori de Ducan ao nível de $\alpha = 0,05$.



A progressão no ganho de peso corporal dos camarões no 1º e 2º cultivos foram aparentemente muito semelhantes (Figura 8). Entretanto, após 26 dias de cultivo, os camarões estocados sob 186 animais/m² alcançaram uma média de 4,48 g, enquanto sob 282 animais/m², 3,10 g. em ambas as densidades de estocagem, os camarões excederam 3 g de peso médio. Muito embora o peso corporal inicial dos camarões no 1º cultivo tenha sido 14% maior ($1,74 \pm 0,64$ g) do que o 2º cultivo ($1,53 \pm 0,33$ g), as diferenças após quase um mês de cultivo aumentaram para 45%. Portanto, estratégias devem ser desenvolvidas para compensar as perdas de crescimento dos camarões no 1º mês de cultivo quando altas densidades de estocagem forem utilizadas. No presente estudo, os camarões foram alimentados com rações voltadas para engorda durante todo cultivo. Estas rações são geralmente recomendadas para camarões acima de 3 g de peso corporal. Rações iniciais, com granulometria menor que 1,3 mm de diâmetro e valores mais elevados de proteína bruta e extrato etéreo são empregadas nas fases iniciais de cultivo.

Duas equações de regressão foram definidas para correlacionar o tempo de cultivo (t) com o peso corporal (WG) dos camarões nas densidades de 186 e 282 animais/m² (Figura 9): $WG = 1,461e^{(0,027t)}$, $p < 0,0001$, $r^2 = 0,816$ e $WG = 1,562e^{(0,025t)}$, $p < 0,0001$, $r^2 = 0,839$, respectivamente.

4.3 Qualidade de água

As médias observadas (\pm desvio padrão) para temperatura, salinidade e pH no primeiro e segundo estudos foram de: $29,1 \pm 0,6$ °C (n = 1.725) e $30,6 \pm 1,0$ °C (n = 1.699), $36 \pm 5,3$ g/L (n = 1.725) e $41 \pm 1,8$ g/L (n = 1.699), $7,65 \pm 0,65$ (n = 1.725) e $7,45 \pm 0,34$ (n = 1.700), respectivamente. O OD alcançou uma média de $4,71 \pm 0,62$ mg/L (n = 1.700) no segundo estudo. O SS alcançou $2,7 \pm 1,8$ mL/L (n = 1.725). Sá (2012) indicou valores padrões sobre a qualidade da água, e baseado nele, o presente estudo manteve em ambos os cultivos, todos os parâmetros dentro dos níveis aceitáveis para o cultivo de juvenis do *L. vannamei*. Segundo Maia (2012), o aumento da densidade de estocagem de camarões deve ser acompanhado pelo incremento de aeração artificial, a melhoria da qualidade da água de cultivo e dos efluentes, o aprimoramento do manejo alimentar, tanto na qualidade do alimento natural quanto do artificial, a sanidade dos camarões em cultivo e à qualidade do solo dos viveiros.

Figura 8 – Progressão no ganho de peso corporal (g, média) do camarão *L. vannamei* nas densidades de 186 e 282 camarões/m².

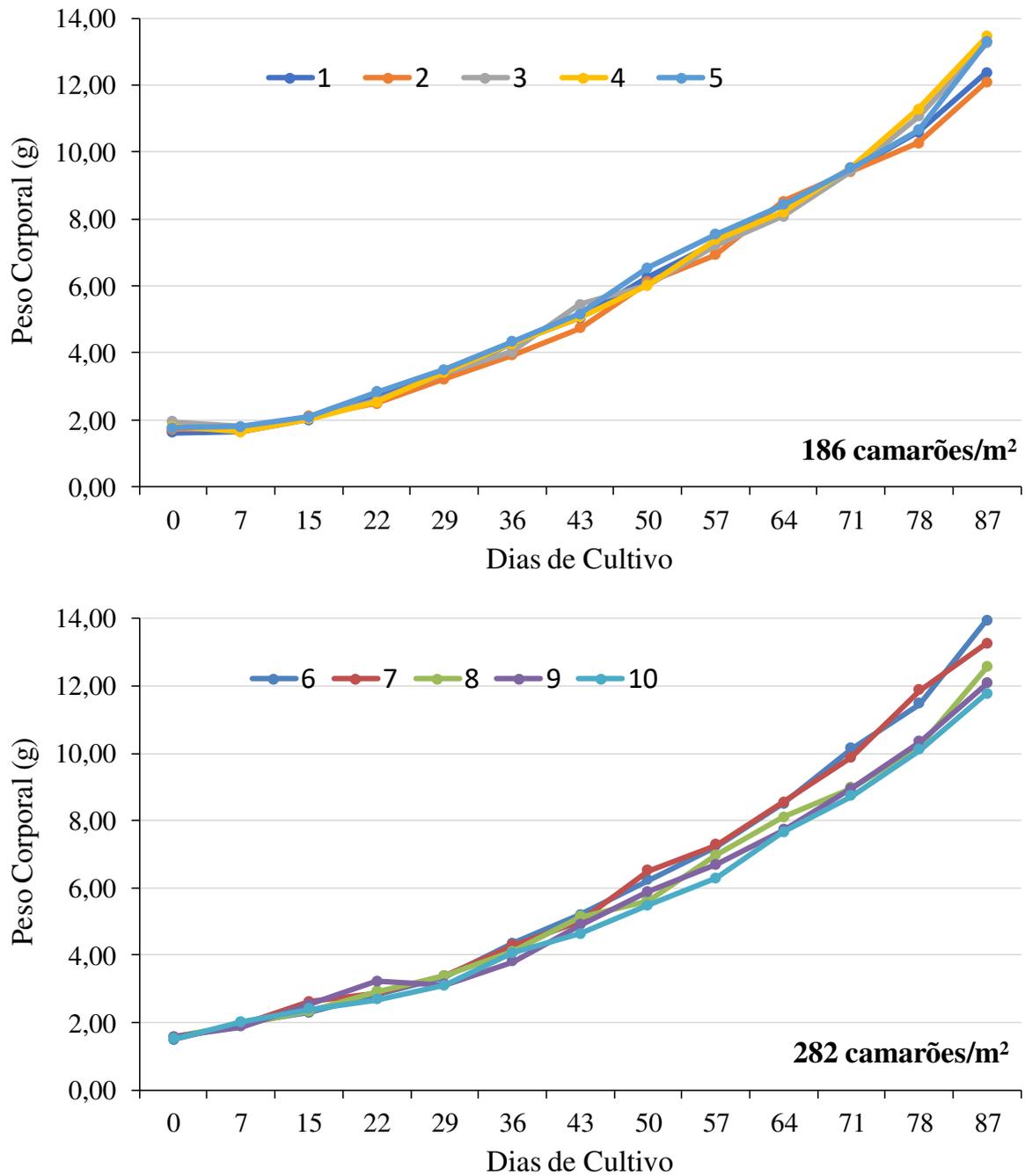
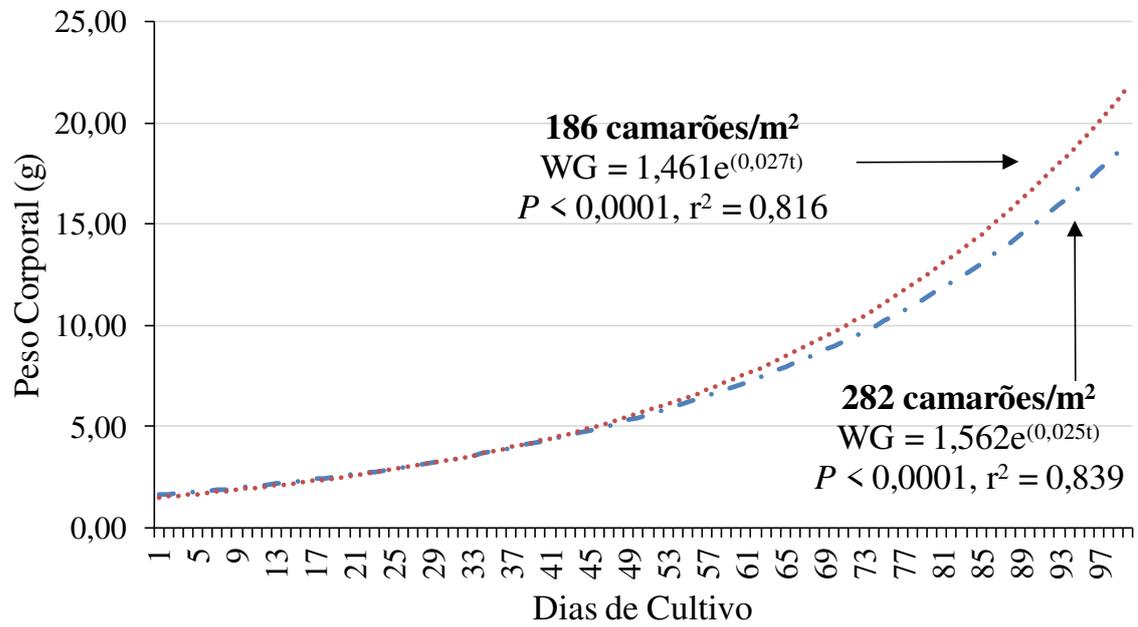


Figura 9 – Correlação exponencial entre o tempo de cultivo (t em dias) e o peso corporal (WG em g) do camarão *L. vannamei* cultivado nas densidades de 186 e 282 camarões/m².



5 CONCLUSÃO

Por meio do presente estudo foi possível verificar que juvenis do camarão *L. vannamei* apresentam uma sobrevivência, crescimento, eficiência alimentar adequada quando cultivados em regime de alta densidade, utilizando um mínimo de troca de água. O aumento na densidade inicial de estocagem de 186 para 282 camarões/m² não resultou em um efeito deletério no desempenho zootécnico da espécie. Sob estas densidades, o *L. vannamei* alcança uma sobrevivência superior a 90%, crescimento semanal entre 0,8 e 1,1 g e produtividade entre 1,8 a 3,1 kg/m³. Porém, o aumento na densidade de camarões, de 186 para 282 animais/m², favorece diferenças no desempenho zootécnico em função do tipo de ração utilizada. Enquanto sob 186 camarões/m², o peso corporal dos camarões na despesca não apresentou diferença significativa entre três das cinco rações avaliadas, sob 282 camarões/m² todas as rações foram diferentes entre si.

Estudos futuros devem investigar a capacidade da espécie em tolerar densidades ainda mais elevadas. Para isso, deve-se investir em melhorias no processo de alimentação, de manual para mecanizado, possibilitando com isso a oferta da ração múltiplas vezes ao dia. Esta estratégia visa melhorar a eficiência alimentar dos cultivos. O aumento na densidade de estocagem de camarões necessariamente dependerá de uma maior concentração de oxigênio dissolvido na água. Com isso, torna-se fundamental um aumento nas taxas de aeração atualmente adotadas.

REFERÊNCIAS

ABCC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE CAMARÃO. **Programa de Biossegurança para Fazendas de Camarão Marinho**. Recife: ABCC, 2005. 68 p.

ARANA L. V. **Fundamentos de Aquicultura**. Florianópolis: editora da UFSC, 2004. 348 p.

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.

BALDISSEROTTO B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. 2 ed. Santa Maria: editora UFSM, 2009. 349 p.

BEZERRA, A.J.M. **Nível e fonte de proteína na alimentação do camarão *Litopenaeus vannamei* cultivado na presença de bioflocos**. 2014. 97 f. Dissertação (Doutor em Aquicultura) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 51 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.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. ed. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, p. 223, 2018.

KRUMMENAUER D.; SAMOCHAE T. M.; PERSCH L.H.; LARA G.; WASIELESKY JR W. The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT System. **Journal of the World Aquaculture Society**, Amsterdam, v. 45, n. 1, p. 3-14, 2014.

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.

NUNES A.J.P., GESTERIA T.C.V., GODDARD S. Food ingestion and assimilation by the southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 149, p. 121-136, 1997.

NUNES A. J. P., MADRID R. M., ANDRADE T. P. Carcinicultura marinha no Brasil: passado, presente e futuro. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 124, p. 26-36, 2011.

- 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.; SÁ M. V. C.; CARVALHO E. A.; NETO H. S. Growth performance of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared under time- and rate-restriction feeding regimes in a controlled culture system. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 253, p. 646-652, 2006.
- NUNES A.J.P.; SÁ M.V.C.; BROWDY C.L.; VAZQUEZ-ANON M. Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 431, p. 20-27, 2014.
- OBALDO, L. G.; TACON, A. G. J. Manufacturing different diet sizes and its effect on pellet water stability and growth of three size classes of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Journal of Applied Aquaculture**, Amsterdam, vol. 11, n. 4, p. 57-66, 2001.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. FAO. **Tabelas estatísticas de pesca: captura, aquicultura e produtos alimentares**. Disponível em: <<http://www.fao.org/fishery/statistics/es>>. Acesso em: 06 de jun. 2016.
- PROENÇA C.E.M.; BITTENCOURT P. R. L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: Ministério do meio ambiente da Amazônia legal/IBAMA, 1994. 195p.
- 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.
- PINTO R.C.C. **Aporte lipídico em dietas de juvenis do robalo, *Centropomus parallelus*, para um máximo crescimento em cultivos com água estuarina**. 2011. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.
- RAY A. 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**, New York, v. 77, p. 9-14, 2017.
- ROCHA I., FONSECA C., MONREAU A., SANTOS L., GUEDES S. Um novo despertar da carcinicultura marinha brasileira. **Revista da ABCC**, Recife, v. 18, n. 1, p.28-32, 2016.
- RODRIGUES J. Carcinicultura marinha desempenho em 2004. Revista da associação brasileira de criadores de camarão. **Revista da ABCC**, Recife, v. 7, n. 2, p.38-44, 2005.
- SÁ M.V.C. **Liminocultura: limnologia para a aquicultura**, Fortaleza, p.19-25, 2012.
- SAMOCHA T. M.; HAMPER L.; EMBERSON C. R.; DAVIS A. D.; MCINTOSH D.; LAWRENCE A. L.; WYK P. M. V. Review of Some Recent Developments in Sustainable Shrimp Farming Practices in Texas, Arizona, and Florida. **Journal of Applied Aquaculture**, London, v. 12, p. 1-42, 2002.

SOARES M. **Avaliação do desempenho zootécnico do camarão branco do pacífico alimentado com dietas com diferentes níveis de substituição de farinha de peixe por concentrado proteico de soja.** 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em aquicultura) – Departamento de Aquicultura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

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. **The World Aquaculture Society**, Baton Rouge, p. 520-587. 1997.

WU-JIE XUA B. C.; MORRIS T. C.; SAMOCHAE T. M. Effects of two commercial feeds for semi-intensive and hyper-intensive culture and four C/N ratios on water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles at high density in biofloc-based, zero-exchange outdoor tanks. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 490, p. 194-202, 2018.