



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

ALISSON MARÇAL SAMPAIO

DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DO CAMARÃO *Penaeus vannamei*
ALIMENTADOS COM UMA RAÇÃO COMERCIAL REPELETIZADA SUBMETIDA
A DIFERENTES GRAUS DE MOAGEM

FORTALEZA

2023

ALISSON MARÇAL SAMPAIO

DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DO CAMARÃO *Penaeus vannamei*
ALIMENTADOS COM UMA RAÇÃO COMERCIAL REPELETIZADA SUBMETIDA A
DIFERENTES GRAUS DE MOAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Pesca do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Alberto J. P. Nunes
Coorientadora: Dra. Jordana Sampaio Leite

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

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

S181d Sampaio, Alisson.

Desempenho zootécnico de juvenis do camarão *Penaeus vannamei* alimentados com uma ração comercial repetitizada submetida a diferentes graus de moagem / Alisson Sampaio. – 2023.

27 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes.

Coorientação: Prof. Dr. Jordana Sampaio Leite .

1. Camarão. 2. Ração. 3. Moagem. 4. Ingredientes. 5. Desempenho zootécnico. I. Título.

CDD 639.2

ALISSON MARÇAL SAMPAIO

DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DO CAMARÃO *Penaeus vannamei*
ALIMENTADOS COM UMA RAÇÃO COMERCIAL REPELETIZADA SUBMETIDA A
DIFERENTES GRAUS DE MOAGEM

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia de Pesca do Centro de
Ciências Agrárias, da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia de Pesca.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

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

Profa. Dra. Jordana Sampaio Leite (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Oscar Pacheco Passos Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Esaú Aguiar Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha mãe, Neuda Marçal.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar meus sinceros agradecimentos aos meus pais, Neuda Marçal e Alexandre Sampaio, cujo amor incondicional e encorajamento constante foram a força motriz por trás de cada página deste trabalho.

Ao Dr. Alberto Nunes, meu orientador, vai minha profunda gratidão. Sua orientação sábia, dedicação incansável e *insights* valiosos foram fundamentais para a qualidade e desenvolvimento deste estudo.

A minha coorientadora, Dra. Jordana Sampaio, agradeço o apoio constante e dedicação ao meu desenvolvimento acadêmico, elementos cruciais para o sucesso deste trabalho.

A todos os funcionários e estagiários do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, que contribuíram para várias etapas do experimento, especialmente a Sandra Maria, Sebastião Junior, Antônio Carlos e Rayssa.

E, por fim, um agradecimento ao Departamento de Engenharia de Pesca por viabilizar minha graduação.

Todos vocês desempenharam papéis vitais e sou profundamente grato por cada contribuição ao longo dessa jornada.

Enquanto há vida, há esperança.

(Eclesiastes 9:4)

RESUMO

A moagem desempenha um papel crucial na produção de rações para animais, otimizando a absorção de nutrientes ao reduzir o tamanho das partículas. A distribuição adequada do tamanho das partículas é essencial para atender às necessidades fisiológicas dos animais. Este estudo visou realizar uma análise comparativa dos efeitos de diferentes graus de moagem de ingredientes sobre o desempenho zootécnico de juvenis do camarão *Penaeus vannamei*. O estudo foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR/UFC). Uma ração comercial para engorda de camarões foi submetida a quatro graus de moagem e repeletizada em laboratório: (1) ração #01, preparada após ter sido submetida a duas moagens consecutivas utilizando uma tela de 300 μm ; (2) ração #02, preparada após uma única moagem em tela de 300 μm ; (3) ração #03, preparada após a moagem em tela de 500 μm ; e, (4) ração #04, submetida a moagem em tela de 1.000 μm . Juvenis do camarão *P. vannamei* com peso corporal $12,53 \pm 2,05$ g foram estocados em 40 tanques de 1,5 m^3 na densidade de 31 animais/ m^2 (50 camarões por tanque). Após 69 dias de cultivo, a sobrevivência final ($92,3 \pm 5,4\%$), o ganho de produtividade (318 ± 62 g/ m^2), crescimento semanal ($1,04 \pm 0,12$ g), ganho de peso percentual ($182 \pm 10\%$) e fator de conversão alimentar ($2,66 \pm 0,84$) não apresentaram diferença estatisticamente entre os tratamentos experimentais. Na despesca, os camarões alimentados com as rações #01 ($23,69 \pm 1,30$ g) e #02 ($23,30 \pm 1,08$ g) apresentaram um maior peso corporal comparados as rações #03 ($22,50 \pm 1,88$ g) e #04 ($21,80 \pm 1,01$ g). Esses resultados evidenciam que o grau de moagem dos ingredientes utilizados na fabricação das rações comerciais tem influência sobre o desempenho zootécnico de juvenis do *P. vannamei*. Conclui-se que a espécie alcança um maior peso corporal quando alimentado com rações contendo ingredientes com uma maior proporção de partículas entre 300 e < 250 μm . Rações com partículas de 1.000 a 625 μm , mesmo em baixa proporção, resulta em um menor peso corporal.

Palavras-chave: Camarão; Ração; Moagem; Ingredientes; Desempenho Zootécnico

ABSTRACT

Grinding plays a crucial role in animal feed production, optimizing nutrient absorption by reducing particle size. Proper particle size distribution is essential to meet the physiological needs of animals. This study aimed at carrying out a comparative analysis of the effects of different degrees of ingredient grinding on the growth performance of juvenile *Penaeus vannamei*. The study was conducted at the Aquatic Organisms Nutrition Laboratory (LANOA) of the Institute of Marine Sciences (LABOMAR/UFC). A commercial grower shrimp feed was subjected to four degrees of grinding and repelletized in the laboratory: (1) feed #01, prepared after being subjected to two consecutive grindings using a 300- μm screen; (2) feed #02, prepared after a single grinding on a 300- μm screen; (3) feed #03, prepared after grinding on a 500- μm screen; and, (4) feed #04, subjected to grinding on a 1,000- μm screen. Juvenile shrimp *P. vannamei* with 12.53 ± 2.05 g body weight were stocked in 40 tanks of 1.5 m^3 under 31 animals/ m^2 (50 shrimp per tank). After 69 days of rearing, final shrimp survival ($92.3 \pm 5.4\%$), gained yield ($318 \pm 62 \text{ g}/\text{m}^2$), weekly growth ($1.04 \pm 0.12 \text{ g}$), percent weight gain ($182 \pm 10\%$) and feed conversion ratio (2.66 ± 0.84) did not show a statistically significant difference between the experimental treatments. At harvest, shrimp fed with feeds #01 ($23.69 \pm 1.30 \text{ g}$) and #02 ($23.30 \pm 1.08 \text{ g}$) had a higher body weight compared to feeds #03 ($22.50 \pm 1.88 \text{ g}$) and #04 ($21.80 \pm 1.01 \text{ g}$). These results show that the degree of grinding of ingredients used in the manufacture of commercial feeds influence the growth performance of *P. vannamei* juveniles. It is concluded that the species achieves a higher body weight when fed with diets containing ingredients with a greater proportion of particles between 300 and $< 250 \mu\text{m}$. Feeds with particles from 1,000 to 625 μm , even in low proportions, result in a lower body weight.

Keywords: Shrimp; Feed; Grinding; Ingredients; Growth Performance

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivos Gerais	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3 MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1 Local e Desenho Experimental	14
3.2 Preparação das Rações	14
3.3 Análise das Partículas Alimentares	15
3.4 Análise Física da Ração Terminada	15
3.5 Sistema de Cultivo e Manejo	16
3.6 Despesca e Desempenho Zootécnico	16
3.7 Análise Estatística.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Características Físicas das Rações.....	18
4.2 Desempenho Zootécnico.....	22
5 CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS.....	26

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Distribuição de partículas (%) dos ingredientes utilizados na fabricação das rações #01, #02, #03 e #04 submetidos a diferentes graus de moagem. Os valores do gráfico indicam média (\pm erro padrão) de três leituras de partículas retidas nas malhas entre 1000 e 600 μm , 425 μm , 300 μm e partículas iguais ou menores a 250 μm . Letras diferentes em cada coluna indicam diferenças estatisticamente significativas segundo o teste Tukey HSD ao nível de significância $< 0,05$ 19
- Gráfico 2 – Distribuição de partículas (%) dos ingredientes utilizados na fabricação das rações #01, #02, #03 e #04 submetidos a diferentes graus de moagem. Os valores indicam média (\pm erro padrão) de três leituras de partículas retidas nas malhas entre 1000 e 600 μm , 425 μm , 300 μm e partículas iguais ou menores a 250 μ . Letras diferentes em cada coluna indicam diferenças estatisticamente significativas segundo o teste Tukey HSD ao nível de significância $< 0,05$ 24

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Teor de umidade (%), dureza (kg), estabilidade física em água (%), diâmetro (cm) e comprimento (cm) das rações experimentais. Os valores médios (\pm desvio padrão, dp) representam 30 medições, exceto o teor de umidade e estabilidade física ($n = 5$). Os valores na mesma coluna com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD..... 21
- Tabela 2 – Desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão, dp) de juvenis do camarão *P. vannamei* cultivado durante 69 dias em tanques de 1,5 m³ sob 31 animais/m². Os valores na mesma coluna com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD. Cada média representa a média de 10 tanques de cultivo. Peso corporal inicial de 12,53 \pm 2,05 g..... 23

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de camarões marinhos em cativeiro é realizado mediante o fornecimento de rações balanceadas fabricadas industrialmente. Essas rações são compostas de matérias primas provenientes de subprodutos da agricultura, do abate de animais e da pesca (NUNES *et al.*, 2022). Durante o processo fabril, os ingredientes são submetidos a moagem, mistura e cozimento, com o propósito de atender características físicas, como textura, homogeneidade, densidade, dureza e estabilidade física em água. Adicionalmente, esses processos auxiliam na melhoria das características nutricionais, pois reduzem a presença de fatores antinutricionais e aumentam a biodisponibilidade de nutrientes (PASTORE *et al.*, 2012). Dessa forma, a compreensão dos fatores que influenciam a produção, como a qualidade das rações e seus processos de fabricação, desempenham um papel fundamental na eficácia e sustentabilidade desse setor.

A moagem é uma etapa inevitável no processo de fabricação de rações, na qual o tamanho das partículas dos componentes individuais da alimentação é reduzido. O princípio dos métodos de moagem é aplicar força ao ingrediente, de modo que as ligações entre as estruturas físicas das matérias-primas para alimentação animal sejam quebradas (THOMAS *et al.*, 1997). A distribuição do tamanho das partículas alimentares que compõem a dieta, adaptada às necessidades fisiológicas do animal, permite a utilização ideal dos nutrientes e melhoria do desempenho dos animais (VUKMIROVIĆ *et al.*, 2017). A moagem influencia diretamente na textura e disponibilidade dos nutrientes presentes nos alimentos. A redução do tamanho das partículas alimentares aumenta a área superficial de contato com as enzimas do trato digestivo dos camarões, podendo proporcionar um maior aproveitamento dos nutrientes nele contidos. A moagem também influencia nas propriedades físicas das matérias primas influenciando as etapas seguintes do processo fabril (mistura, transporte, cozimento e peletização), pois promove a homogeneidade da mistura, reduzindo a segregação de ingredientes, além de aumentar a área superficial de contato dos ingredientes durante o cozimento (KERSTEN *et al.*, 2005).

Em um estudo com carpas, *Carassius gibelio*, Gao *et al.* (2019) demonstraram que o tamanho excessivamente pequeno de partículas alimentares dos ingredientes de rações tem impactos adversos na eficiência alimentar e na capacidade de flutuabilidade dela na água, que pudesse manter um estado adequado para o

crescimento dos peixes. Partículas excessivamente pequenas (104 μm) tornaram a água mais suscetível à degradação, causando uma redução na sua qualidade e na eficiência alimentar dos peixes. Em comparação, peixes alimentados com dietas com partículas maiores (260 μm) exibiram microvilosidades danificadas ou deformadas comparados aos peixes alimentados com partículas moídas a 104 e 163 μm .

A moagem fina é essencial para uma boa qualidade do *pellet* e um componente crítico para o sucesso e a eficiência da indústria. É fundamental observar que o processo de moagem deva levar em consideração o fator econômico da fabricação da ração, uma vez que um ajuste muito fino das partículas possa aumentar os custos de produção, tornando a operação insustentável. Portanto, é crucial encontrar um equilíbrio entre o tamanho das partículas ideais para o desempenho dos camarões e a eficiência de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho zootécnico de juvenis do camarão *P. vannamei* e as características físicas de rações submetidas a diferentes graus de moagem durante o processo fabril.

2.2 Objetivos Específicos

Analisar o efeito de quatro diferentes graus de moagem sobre:

- I. a distribuição de partículas moídas dos ingredientes, umidade, estabilidade física em água, dureza, granulometria (comprimento e diâmetro) das rações;
- II. a sobrevivência final, peso corporal final, crescimento, ganho de produtividade, consumo alimentar aparente (CAP) e fator de conversão alimentar (FCA) dos camarões.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local e desenho experimental

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC), situado no município do Eusébio, Ceará. O delineamento experimental consistiu de quatro tratamentos com 10 repetições cada. Uma ração comercial (Camanutri 35, Neovia Nutrição e Saúde Animal Ltda., São Lourenço da Mata, Pernambuco) recomendada para fase de engorda de juvenis de camarão marinho, *i.e.*, maior que 3 g de peso corporal, foi submetida a quatro graus de moagem e repeletizada em laboratório, sendo adotado os seguintes tratamentos: (1) uma ração foi preparada após ter sido submetida a duas moagens consecutivas utilizando uma tela de 300 μm ; (2) outra ração foi preparada após uma única moagem em tela de 300 μm ; (3) a terceira ração foi preparada após a moagem em tela de 500 μm e, finalmente, (4) uma ração preparada depois de submetida a moagem em tela de 1.000 μm .

Os juvenis de camarões da espécie *P. vannamei* foram alimentados com as rações dos referidos tratamentos por um período de 69 dias. Em seguida, os camarões foram despescados, contados e pesados individualmente, usando uma balança de precisão, a fim de calcular os parâmetros zootécnicos.

3.2 Preparação das rações

A ração comercial foi moída em laboratório utilizando um moinho centrífugo semi industrial, com potência de 5 cv (modelo MCS 280, Máquinas Vieira Indústria e Comércio Ltda., São Paulo) equipado com tela da respectiva micragem desejada. Após a moagem, o material (8 kg cada tratamento) em pó foi transferido para um misturador e acrescentado 0,2% de aglutinante sintético e 325 mL de água por kg de ração. As rações foram moldadas e cortadas com diâmetro e comprimento de 1,71 x 4,63 mm (média \pm desvio padrão; $n = 120$), respectivamente, utilizando uma extrusora laboratorial (modelo Extrusora EX MICRO, Exteec Máquinas, Ribeirão Preto, São Paulo). Uma vez obtidos os *pellets*, a ração foi cozida em vapor por 3 min. Em seguida, o material foi submetido a secagem com o uso de duas estufas com circulação e renovação de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi

Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, São Paulo) por um período máximo de 24 h, sob temperatura de 60°C, até atingir uma umidade entre 12-13%. Para remoção dos finos, as rações foram manualmente peneiradas e subsequentemente identificadas e armazenadas em câmara fria a uma temperatura de -15 °C.

3.3 Análise das partículas alimentares

A medição do tamanho de partícula de material a granel na indústria de rações é geralmente realizada por análise de peneiramento clássica baseada no uso de peneiras eletromagnéticas (CAMPAGNOLI, 2009). No presente estudo, o material moído de cada ração foi classificado em um agitador de peneiras com batida intermitente (Modelo MA-750, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, São Paulo) equipado com cinco peneiras em aço inoxidável 8" x 2" (850, 600, 425, 300 e 250 µm).

3.4 Análise física da ração terminada

As rações terminadas foram analisadas quanto à dureza (resistência ao esmagamento), teor de umidade, estabilidade física em água, além do diâmetro e comprimento dos *pellets*. A resistência dos *pellets* foi determinada com um medidor de dureza Kahl (Amandus Kahl GmbH & Co, Hamburgo, Alemanha), operado manualmente. 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. A umidade da ração foi determinada por secagem a 105°C durante 72 h utilizando cinco amostras de 3 g de cada ração. Foi utilizada uma estufa com circulação e renovação de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, São Paulo).

A estabilidade física em água de cada ração foi medida utilizando um agitador orbital. Inicialmente, 25 g de ração de cada tratamento foram transferidos para Erlenmeyer de 250 mL com 100 mL de água a 35 g/L de salinidade. O Erlenmeyer foi posicionado no agitador orbital (Incubadora Lac-INR-1000, Láctea, São Paulo), ajustado para funcionar a 200 ± 15 rpm por 30 min. Após esse período, a amostra de ração foi transferida para uma peneira com malha Tyler # 20 (equivalente a 0,86 mm). O excesso de água nas amostras foi drenado, lavando-se a amostra retida na peneira

com água destilada. A amostra obtida foi submetida a 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, São Paulo). A estabilidade da ração 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 ração refere-se ao peso da ração após secagem em estufa a 105°C durante 72 h.

3.5 Sistema de cultivo e manejo

Foram utilizados 40 tanques experimentais de cultivo de 1,5 m³ (1,61 m² de área de fundo x 0,83 cm de altura) mantidos em área coberta com aeração constante. Foram designadas 10 unidades para cada tratamento experimental. Juvenis de camarões *P. vannamei* com peso corporal 12,53 ± 2,05 g foram estocados na densidade de 31 animais/m² (50 camarões por tanque) e cultivados durante 69 dias.

Os camarões foram alimentados exclusivamente em bandejas de alimentação. A oferta de ração e a coleta de sobras, quando presentes, ocorreram nos seguintes horários: 1ª refeição: 07:00 h – 10:00 h; 2ª refeição: 10:00 h – 13:00 h; 3ª refeição: 13:00 – 16:00 h e 4ª refeição: 16:00 h – 07:00 h, sendo ajustadas ao longo do cultivo com o ganho de peso corporal. Quando observada a presença de animais mortos, estes foram recolhidos e subtraídos da população inicial estocada. Os camarões mortos não foram substituídos durante o período experimental.

Os parâmetros de qualidade da água, incluindo pH, temperatura e salinidade, foram monitorados diariamente e alcançaram média (± desvio padrão) de 8,16 ± 0,21 (n = 2.750), 27,2 ± 0,6°C (2.750) e 27,16 ± 0,62 (n = 2.750), respectivamente. Semanalmente, foi realizada uma troca de água equivalente a 10% do volume do tanque com o objetivo de remover o acúmulo de material orgânico no sistema.

3.6 Despesca e desempenho zootécnico

O desempenho zootécnico do camarão *P. vannamei* foi avaliado após 69 dias de cultivo. Na despesca, os camarões foram capturados usando um puçá. Em seguida, os animais foram individualmente separados em baldes e pesados com uma

balança de precisão (Ohaus Adventurer, modelo ARA520, Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda., São Bernardo do Campo, São Paulo) para determinar os seguintes índices de desempenho zootécnico:

- I. Ganho de biomassa (g) = biomassa final (g) – biomassa inicial (g);
- II. Sobrevivência final (%) = (número final de camarões ÷ número inicial de camarões) x 100;
- III. Fator de conversão alimentar (FCA) = consumo de ração aparente por tanque ÷ biomassa adquirida por tanque;
- IV. Ganho de peso corporal semanal (GPS, g/semana) = ((peso corporal final – peso corporal inicial) ÷ dias de cultivo) x 7;
- V. Produtividade final (g/m²) = biomassa ganha (g) ÷ área do tanque (m²).
- VI. Consumo aparente de ração (g de ração/camarão) = quantidade total de ração ofertada após secagem em estufa (g) ÷ número de camarões estocados (g)

3.7 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas no 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, os parâmetros físicos das rações e a qualidade da água. O teste *a posteriori* de Tukey HSD foi utilizado para examinar as diferenças estatísticas individuais entre os tratamentos, quando foram observadas diferenças estatísticas ao nível de significância de 0,05.

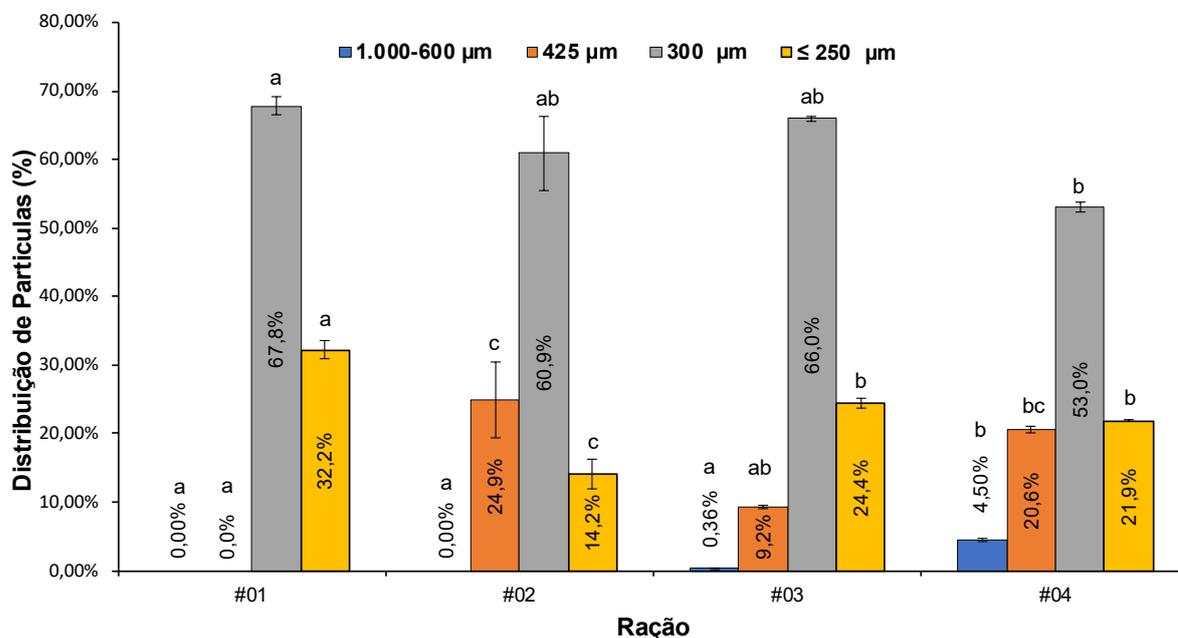
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características físicas das rações

A moagem da mistura de ingredientes utilizados na composição das rações apresentou variação significativa no tamanho das partículas (GRÁFICO 1). A maior distribuição de partículas alimentares foi observada na tela de 300 μm para todas as rações. Nessa tela ficou retida mais de 50% das partículas alimentares independente da ração. Porém, a menor concentração dessa granulometria foi observada para a ração #04, esta não se diferenciando das rações #02 e #03 ($p > 0,05$). Também houve diferença estatística para as partículas menores que 250 μm . A ração #01 apresentou uma maior concentração dessa granulometria comparada as demais. A menor concentração de partículas menores que 250 μm foi observada na ração #02. A distribuição das partículas situadas entre 1.000 e 600 μm foi significativamente maior para ração #04 comparada as demais. Nenhuma partícula entre 1.000 e 600 μm foi encontrada nas rações #01 e #02. Quanto a partícula de 425 μm , a maior proporção foi encontrada na ração #02. De uma forma em geral, a maior concentração de partículas menores que 300 μm foi observada para a ração #01 (100%), seguida da #03 (90,4%), #02 (75,1%) e #04 (74,9%). Estas duas últimas rações apresentaram uma maior diferenciação entre elas na distribuição de partículas menores que 250 μm , com 14,2 e 21,9%, respectivamente.

O teor de umidade das rações variou de $11,2 \pm 0,3$ (média \pm desvio padrão) até $13,1 \pm 0,5\%$ obtida para as rações #02 e #03, respectivamente (TABELA 1). Essa diferença na umidade pode ter sido ocasionada pelo processo fabril, em particular da secagem da ração após a peletização. Os tempos de secagem e umidade são monitorados durante o processo fabril para manter o conteúdo de umidade entre 8 e 12% de forma a aumentar o tempo de prateleira reduzindo o risco com o desenvolvimento de fungos e outros microrganismos. Portanto, essas diferenças são esperadas e provavelmente não tem uma influência direta sobre o desempenho zootécnico dos camarões (NUNES *et al.*, 2014).

Gráfico 1 – Distribuição de partículas (%) dos ingredientes utilizados na fabricação das rações #01, #02, #03 e #04 submetidos a diferentes graus de moagem. Os valores indicam média (\pm erro padrão) de três leituras de partículas retidas nas malhas entre 1000 e 600 μm , 425 μm , 300 μm e partículas iguais ou menores a 250 μm . Letras diferentes em cada coluna indicam diferenças estatisticamente significativas segundo o teste Tukey HSD ao nível de significância de $< 0,05$.



Fonte: o autor.

Por outro lado, a dureza dos *pellets* alcançou uma média de $2,5 \pm 0,6$ kg e não variou entre as rações. A dureza é um indicador da resistência dos *pellets* e pode ser afetado pela composição da ração e pelo processo fabril, especialmente pela força aplicada à massa alimentar durante sua compressão contra a matriz da peletizadora, imediatamente antes da moldagem dos *pellets*.

Quanto à granulometria das rações, o diâmetro variou entre $1,65 \pm 0,07$ e $1,76 \pm 0,11$ mm nas rações #04 e #02, respectivamente. O comprimento situou-se entre $4,30 \pm 0,05$ (ração #01) e $4,98 \pm 0,58$ mm (ração #04). Uma pesquisa realizada por Nunes e Parsons (1998) demonstrou que o camarão *Penaeus subtilis* prefere ração com menor granulometria (1 mm de comprimento por $1,90 \pm 0,32$ mm de diâmetro) comparada a maior ($5,50 \pm 1,48$ mm de comprimento por $2,38 \pm 0,08$ mm). A espécie também apresentou uma maior capacidade de manipulação e sucesso de captura para *pellets* menores. No caso do presente estudo, as variações observadas foram mínimas, muito embora estatisticamente diferentes entre as diferentes rações.

A estabilidade física em água das rações em água foi superior a 80%. Valores iguais ou superior a 80% são considerados ideais pois promovem uma menor lixiviação de matéria seca e nutrientes, quando em contato com água. A ração #01 apresentou a maior estabilidade física em água comparada as demais rações. Essa maior estabilidade em água pode ter sido promovida por um maior grau de moagem dos componentes alimentares. Um maior grau de moagem aumenta a área superficial auxiliando na gelatinização do amido e agregação das partículas alimentares durante o cozimento (CARNEIRO et al., 1992; PEZZATO et al., 1995). A ração #03 foi a que apresentou a menor estabilidade em água ($88,0 \pm 0,9\%$), muito embora tenha apresentado um alto grau de moagem ($>90\%$ das partículas menores que $300 \mu\text{m}$). Um maior teor de umidade nessa ração pode ter tido um efeito direto sobre os valores de estabilidade já que esse parâmetro é empregado para o cálculo de matéria seca da ração após a exposição em água. Palaniswamy e Ali (1991) investigaram o efeito do grau de moagem de ingredientes (500, 420, 300, 250, 212, 100 e $50 \mu\text{m}$) para rações do camarão *Penaeus indicus*. Os autores relataram que rações confeccionadas com partículas de $212 \mu\text{m}$ exibiram uma maior estabilidade física em água.

Tabela 1 – Teor de umidade (%), dureza (kg), estabilidade física em água (%), diâmetro (cm) e comprimento (cm) das rações experimentais. Os valores médios (\pm desvio padrão, dp) representam 30 medições, exceto o teor de umidade e estabilidade física ($n = 5$). Os valores na mesma coluna com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD.

Rações	Umidade (%)	Dureza (kg)	Estabilidade (%)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)
#01	12,0 \pm 0,3 b	2,4 \pm 0,6	95,7 \pm 0,3 c	1,75 \pm 0,05 c	4,30 \pm 0,05 a
#02	11,2 \pm 0,3 a	2,4 \pm 0,5	91,5 \pm 2,0 b	1,76 \pm 0,11 c	4,73 \pm 1,13 ab
#03	13,1 \pm 0,5 c	2,6 \pm 0,6	88,0 \pm 0,9 a	1,70 \pm 0,05 b	4,52 \pm 0,55 ab
#04	12,8 \pm 0,5 c	2,6 \pm 0,5	91,5 \pm 0,5 b	1,65 \pm 0,07 a	4,98 \pm 0,58 b
Média \pm dp	-	2,5 \pm 0,6	-	-	-
p ANOVA	< 0,0001	0,342	< 0,0001	< 0,0001	0,005

Fonte: o autor.

4.2 Desempenho zootécnico

Após 69 dias de cultivo, a sobrevivência final ($92,3 \pm 5,4\%$), o ganho de produtividade ($318 \pm 62 \text{ g/m}^2$), crescimento semanal ($1,04 \pm 0,12 \text{ g}$), ganho de peso percentual ($182 \pm 10\%$) e fator de conversão alimentar ($2,66 \pm 0,84$) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos experimentais ($p > 0,05$, Tabela 2). Portanto, o grau de moagem das rações não teve influência significativa sobre esses parâmetros zootécnicos. Por outro lado, o consumo alimentar aparente mostrou-se superior para os camarões alimentados com a ração #01 ($27,2 \pm 1,8 \text{ g}$ de ração por camarão estocado). Muito embora o consumo dessa ração não tenha variado em comparação à ração #02, o consumo mostrou-se superior quando comparado aos consumos das rações #03 e #04.

O consumo alimentar aparente pode ter sido influenciado pela diferença no peso corporal dos camarões, *i.e.*, camarões maiores consomem mais ração. De fato, os camarões alimentados com as rações #01 ($23,69 \pm 1,30 \text{ g}$) e #02 ($23,30 \pm 1,08 \text{ g}$) foram os que apresentaram o maior peso corporal final e maior consumo alimentar aparente (Gráfico 2).

Os camarões apresentaram um ganho de peso corporal contínuo ao longo de todo período experimental. Os camarões alimentados com as rações #01 e #02 apresentaram uma tendência de um maior peso corporal já no 28º dia de cultivo. Porém, a diferença estatística entre os diferentes tratamentos experimentais somente foi detectada na despesca. Esses resultados evidenciam que o grau de moagem tem influência sobre o desempenho zootécnico de juvenis do *P. vannamei*. Uma maior concentração de partículas alimentares menores que $300 \mu\text{m}$ (ração #01) promoveram um maior peso corporal nos camarões provavelmente resultante de aspectos relacionados a uma maior digestão e absorção de nutrientes da ração. Esta observação está em concordância com os estudos de Hayashi et al. (1999b), que identificaram melhor desempenho na fase de crescimento da tilápia do Nilo quando alimentada com rações contendo ingredientes moídos em peneiras de $0,5 \text{ mm}$, em comparação com aquelas contendo ingredientes moídos em peneiras de $1,5 \text{ mm}$.

Tabela 2 – Desempenho zootécnico (média \pm desvio padrão, dp) de juvenis do camarão *P. vannamei* cultivado durante 69 dias em tanques de 1,5 m³ sob 31 animais/m². Os valores na mesma coluna com letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD. Cada média representa a média de 10 tanques de cultivo. Peso corporal inicial de 12,53 \pm 2,05 g.

Parâmetros de Desempenho	Rações Experimentais				Média \pm dp	ANOVA p
	#01	#02	#03	#04		
Sobrevivência (%)	92,6 \pm 5,2	87,8 \pm 8,4	92,8 \pm 6,4	93,6 \pm 4,3	92,3 \pm 5,4	0,475
Produtividade (g/m ²)	304 \pm 45	283 \pm 39	354 \pm 61	329 \pm 80	318 \pm 62	0,076
GPS ¹ (g/semana.)	1,07 \pm 0,11	1,09 \pm 0,08	1,02 \pm 0,16	0,99 \pm 0,10	1,04 \pm 0,12	0,206
GPP ² (%)	180 \pm 8	186 \pm 7	181 \pm 13	181 \pm 10	182 \pm 10	0,474
Consumo ³ (g)	27,2 \pm 1,8 a	25,2 \pm 1,1 ab	25,2 \pm 1,8 b	25,1 \pm 1,4 b	-	0,016
FCA ⁴	2,85 \pm 0,59	2,89 \pm 0,40	2,28 \pm 0,45	2,67 \pm 1,41	2,66 \pm 0,84	0,366

¹Ganho de peso corporal semanal

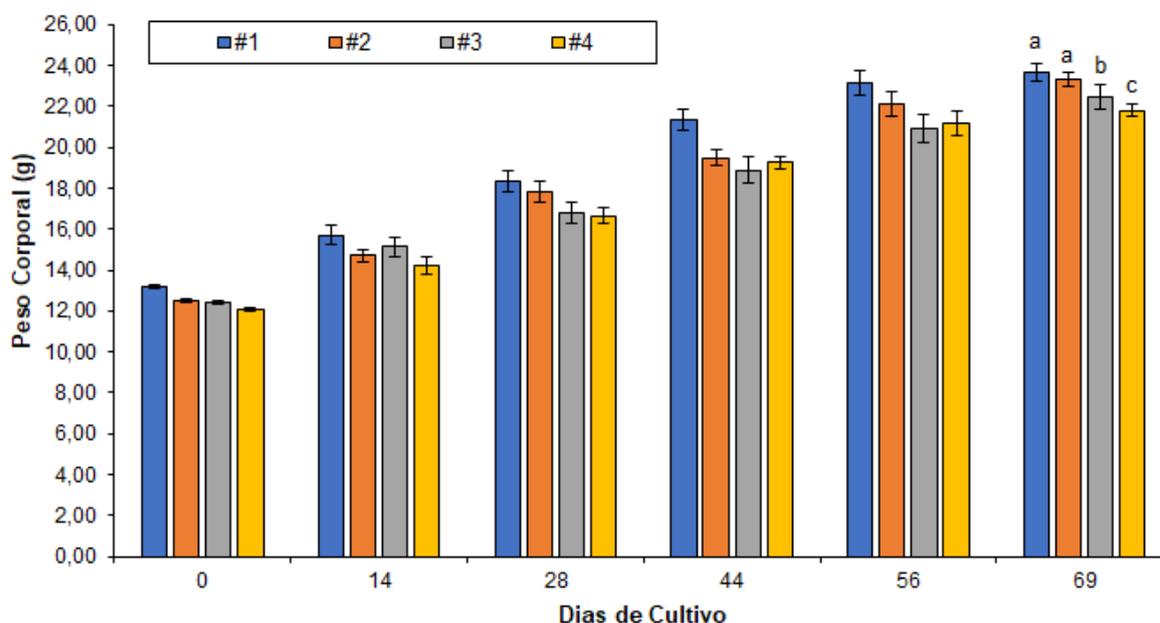
²Ganho de peso percentual

³Consumo aparente de ração

⁴Fator de conversão alimentar

Fonte: o autor.

Gráfico 2 – Média (\pm erro padrão) do peso corporal (g) do camarão *P. vannamei* ao longo de 69 dias de cultivo. Cada coluna refere-se ao peso corporal médio de todos os camarões capturados, pesados individualmente na despesca. Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) de acordo com o teste de Tukey HSD.



Fonte: o autor.

Porém, a ração #02, apresentou uma maior concentração de partículas menores que 300 μm em relação a ração #03. Mesmo assim, os camarões alcançaram um maior peso corporal final quando alimentados com a ração #02. Gao et al. (2019) trabalharam com a carpa, *Carassius gibelio*, que foram alimentadas com dietas contendo ingredientes com diferentes graus de moagem (104, 115, 163, 199 e 260 μm). Os autores reportaram que o menor tamanho de partícula dos ingredientes (104 μm) comparado a outros grupos de tamanhos de partículas, resultou em uma menor eficiência alimentar dos peixes comparado a outros grupos de tamanhos de partículas. Adicionalmente, as partículas de 260 μm causaram um maior número de microvilosidades danificadas ou deformadas comparada com as rações com ingredientes moídos a 104 e 163 μm . Os autores concluíram que partículas de 163 μm são mais adequadas para os peixes. Portanto, é possível que partículas menores que 250 μm não leve a um melhor desempenho zootécnico do *P. vannamei*. É possível que o tamanho ideal de partículas se situe entre 425 e 300 μm já que a ração #02, nesse estudo, a que apresentou uma maior concentração dessa última, quando comparada à ração #03.

5 CONCLUSÃO

Através do presente estudo conclui-se que camarões juvenis do *P. vannamei*, pesando entre 12,5 e 23,7 g, apresentam um maior peso corporal quando alimentados com rações contendo ingredientes com uma maior proporção de partículas entre 300 e < 250 μm . Rações com partículas de 1.000 a 625 μm , mesmo em baixa proporção, resulta em um menor peso corporal. Não houve um efeito perceptível do grau de moagem, dentro do intervalo investigado, sobre a estabilidade e dureza da ração.

É importante ressaltar a pouca disponibilidade de estudos sobre a adequação dos graus de moagem das matérias-primas utilizadas na confecção de ração para camarões peneídeos cultivados. Diante disso, é sugerido que mais pesquisas sejam conduzidas para aprofundar o entendimento sobre a influência do grau de moagem de ingredientes para camarões, considerando diferentes seus estágios de desenvolvimento. Esses estudos adicionais podem contribuir para a elaboração de diretrizes mais precisas e personalizadas para a fabricação de rações, contribuindo para um melhor aproveitamento e digestibilidade dos alimentos.

REFERÊNCIAS

- CAMPAGNOLI, Anna *et al.* Feed particle size evaluation: conventional approach versus digital holography based image analysis. **Italian Journal of Animal Science**, v. 8, n. sup.2, p. 283-285, 2009.
- CARNEIRO, D. J. *et al.* Efeito do processamento das dietas comerciais sobre o desenvolvimento produtivo do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Anais... SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA**, 7, 1995, Peruíbe. Peruíbe: Simbraq, 1992. p. 44-51.
- GAO, Shiyang *et al.* Effects of pelleted and extruded feed of different ingredients particle sizes on feed quality and growth performance of gibel carp (*Carassius gibelio* var. CAS V). **Aquaculture**, v. 511, n. 1, p. 734236, 2019.
- HAYASHI, C. *et al.* Uso de diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) na fase de crescimento. **Acta Scientiarum, Maringá**, v.21, n.3, p 733-737, 1999b
- KERSTEN, Jens; ROHDE, Hans-Rainer; NEF, Ernst. **Principles of mixed feed production: components, processes, technology.** Agrimedia, 2005.
- NUNES, Alberto J. P; PARSONS, G. Jay. Food handling efficiency and particle size selectivity by the southern brown shrimp *Penaeus subtilis* fed a dry pelleted feed. **Marine & Freshwater Behaviour & Phy**, v. 31, n. 4, p. 193-213, 1998.
- NUNES, Alberto J. P. *et al.* Developing sustainable, cost-effective and high-performance shrimp feed formulations containing low fish meal levels. **Aquaculture Reports**, v. 27, n. 1, p. 101-422, 2022.
- NUNES, Alberto JP. Mecanização da alimentação de peixes e camarões. **Panorama da aquicultura**, v.24, n.144, p. 22-25, 2014.
- PALANISWAMI, Rani; AHAMED ALI, S. Impact of particle size of ingredients in compounded diets on pellet stability and performance in *Penaeus indicus* H. Milne Edwards. **Journal of Aquaculture in Tropics**, v. 6, n. 1, p. 119-127, 1991.
- PASTORE, S. C. G; GAIOTTO, J. R; RIBEIRO, F. A. S; NUNES, A. J. P. Boas práticas de fabricação e formulação de rações para peixes. In: FRACALLOSSI, Débora Machado; CYRINO, José Eurico Possebon. (Org.). **NUTRIAQUA: Nutrição e Alimentação de Espécies de Interesse para a Aquicultura Brasileira.** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012, v. 1, p. 295-346.
- Pezzato, L.E.; Milanesi, C.; Barros, M.M.; Carratore, C.R.; Pezzato, A.C. Estabilidade química de dietas para organismos aquáticos confeccionadas com aglutinantes nutritivos. **Bol. Inst. Pesca.**, 22(1):125-131, 1995.

THOMAS, M; VAN ZUILICHEM, D. J; VAN DER POEL, A. F. B. Physical quality of pelleted animal feed. 2. Contribution of processes and its conditions. **Animal Feed Science and Technology**, v. 64, n. 2-4, p. 173-192, 1997.

VUKMIROVIĆ, Đuro *et al.* Importance of feed structure (particle size) and feed form (mash vs. pellets) in pig nutrition—A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 233, n. 1, p. 133-144, 2017.