

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PRODUÇÃO ANIMAL

LUCI PEREIRA BICALHO

**EFEITO DE RAÇÃO FERMENTADA SEMIÚMIDA PRODUZIDA
COM BIOMASSA DE BIOFLOCOS ÚMIDOS SOBRE O DESEMPENHO
PRODUTIVO E CONDIÇÃO INTESTINAL DO BAGRE-DO-CANAL**

LAGES

2026

LUCI PEREIRA BICALHO

**EFEITO DE RAÇÃO FERMENTADA SEMIÚMIDA PRODUZIDA
COM BIOMASSA DE BIOFLOCOS ÚMIDOS SOBRE O DESEMPENHO
PRODUTIVO E CONDIÇÃO INTESTINAL DO BAGRE-DO-CANAL**

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Ciência Animal, da
Universidade do Estado de Santa Catarina,
como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Ciência Animal, área de
concentração em Produção Animal
Orientador: Thiago El Hadi Perez Fabregat**

LAGES

2026

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Universitária Udesc,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Bicalho, Luci Pereira

USO DO BIOFLOCO ÚMIDO NA PRODUÇÃO DE RAÇÕES
FERMENTADAS SEMIÚMIDAS PODE MELHORAR O
APROVEITAMENTO DE NUTRIENTES E A SAÚDE
INTESTINAL DO BAGRE DO CANAL (ICTALURUS
PUNCTATUS)? / Luci Pereira Bicalho. -- 2026.

28 p.

Orientador: Thiago El Hadi Perez Fabregat

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de
Pós-Graduação em Ciência Animal, Lages, 2026.

1. Aquicultura. 2. Economia circular. 3. Ingredientes
alternativos. 4. Piscicultura. 5. BFT. I. Fabregat, Thiago El Hadi
Perez. II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de
Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência
Animal. III. Título.

LUCI PEREIRA BICALHO

**EFEITO DE RAÇÃO FERMENTADA SEMIÚMIDA PRODUZIDA
COM BIOMASSA DE BIOFLOCOS ÚMIDOS SOBRE O DESEMPENHO
PRODUTIVO E CONDIÇÃO INTESTINAL DO BAGRE-DO-CANAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, área de concentração em Produção animal.

Thiago El Hadi Perez Fabregat, Doutor em Aquicultura
Universidade do Estado de Santa Catarina

Luiz Augusto Cipriani, Doutor em Ciência Animal
Universidade do Estado de Santa Catarina

Nandara Soares de Oliveira, Doutora em Ciência animal
Universidade estadual de mato grosso do Sul

Fernanda Picoli, Doutora em Ciência Animal
Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages, 25 de fevereiro de 2026

RESUMO

O setor aquícola expande-se rapidamente, impulsionado pelo crescimento populacional e marcado por um marco histórico: a produção de animais aquáticos superou, pela primeira vez, a pesca. Este avanço fortalece o desenvolvimento do setor, que incorpora métodos inovadores como a tecnologia de biofloco (BFT), aumentando a segurança alimentar e reduzindo o impacto ambiental. Este cenário estimula a otimização dos sistemas produtivos e o reaproveitamento de recursos, como o próprio biofloco, que pode ser utilizado como suplemento alimentar, agregando valor a um resíduo antes descartado.

O presente estudo, realizado ao longo de 56 dias no Laboratório de Piscicultura da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC, Brasil, avaliou a inclusão de biofloco em rações semiúmidas para juvenis de *Ictalurus punctatus* ($12,18 \pm 1,16$ g). Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 128 peixes distribuídos em 16 caixas de 100L em sistema de recirculação (RAS) com filtragem mecânica, UV e biológica.

Os tratamentos consistiram em: ração comercial extrusada (32% PB) moída (2 mm) como controle; ração umedecida com água destilada; ração umedecida com biofloco padronizado; e ração umedecida com biofloco fermentado por 24h a 36°C. O biofloco foi obtido de macrocosmo BFT, padronizado por sedimentação para 800 ml L⁻¹, e as dietas foram armazenadas a -20°C. Os animais foram alimentados até saciedade aparente, com monitoramento hídrico a cada dois dias (temperatura $25,2 \pm 0,88^\circ\text{C}$; O₂ $7,4 \pm 0,36$ mg L⁻¹; amônia, nitrito e nitrato ausentes). Avaliaram-se parâmetros zootécnicos (peso final, ganho de peso, taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente, consumo, sobrevivência), índice hepatossomático e análises microbiológicas intestinais (ágar MRS, TSA e Macconkey). Os dados foram submetidos a ANOVA e teste de Tukey ($p < 0,05$) ou Kruskal-Wallis, conforme pressupostos.

Os tratamentos de ração úmida e ração úmida com biofloco alteraram o consumo e a conversão alimentar, enquanto ração úmida com biofloco fermentada manteve desempenho equivalente ao controle. A segurança do biofloco como ingrediente foi confirmada pela ausência de patógenos em sua composição e no trato digestivo, com mortalidade zero. Não foram observadas diferenças significativas na microbiota intestinal.

Palavras-chave: Aquicultura, Ingredientes alternativos, Piscicultura, BFT.

ABSTRACT

The aquaculture sector is expanding rapidly, driven by population growth and marked by a historic milestone: for the first time, aquatic animal production has surpassed capture fisheries. This progress strengthens sector development, which incorporates innovative methods such as biofloc technology (BFT), enhancing food security and reducing environmental impact. This scenario encourages the optimization of production systems and the reuse of resources, such as biofloc itself, which can be used as a feed supplement, adding value to a previously discarded residue.

This study, conducted over 56 days at the Fish Farming Laboratory of Santa Catarina State University (UDESC), Lages, SC, Brazil, evaluated the inclusion of biofloc in semi-moist diets for juvenile *Ictalurus punctatus* (12.18 ± 1.16 g). A completely randomized design with four treatments and four replicates was used, totaling 128 fish distributed in 16 100L tanks within a recirculating aquaculture system (RAS) equipped with mechanical, UV, and biological filtration.

The treatments consisted of: extruded commercial feed (32% CP) ground to 2 mm as control; feed moistened with distilled water; feed moistened with standardized biofloc; and feed moistened with biofloc fermented for 24h at 36°C. Biofloc was obtained from a BFT macrocosm, standardized by sedimentation to 800 ml L^{-1} , and diets were stored at -20°C. Fish were fed to apparent satiation, with water quality monitored every two days (temperature $25.2 \pm 0.88^\circ\text{C}$; dissolved oxygen $7.4 \pm 0.36 \text{ mg L}^{-1}$; ammonia, nitrite and nitrate absent). Zootechnical parameters (final weight, weight gain, specific growth rate, feed conversion ratio, feed intake, survival), hepatosomatic index, and intestinal microbiological analyses (MRS, TSA and Macconkey agar) were evaluated. Data were subjected to ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$) or Kruskal-Wallis test, according to assumptions.

The moist feed and moist feed with biofloc treatments altered feed intake and conversion, while fermented biofloc treatment maintained performance equivalent to control. Biofloc safety as an ingredient was confirmed by absence of pathogens in its composition and in the digestive tract, with zero mortality. No significant differences were observed in intestinal microbiota.

Keywords: Aquaculture, Alternative ingredients, Fish farming, BFT.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias individuais dos parâmetros de desempenho zootécnico de peixes alimentados com diferentes tratamentos durante 54 dias.....	22
---	----

LISTA DE SIMBOLOS

UV	Ultra violeta
h	Hora
min	Minuto
L	Litro
L ⁻¹	Por litro
ml/L ⁻¹	Mililitros por litro
Cmol/l	Centimoles por litro
mm	Milímetro
g	Grama
g/kg ⁻¹	Gramas por quilograma
°C	Graus Celsius
O ₂	Oxigênio
NH ₃	Amônia
NO ₂ ⁻	Nitrito
NO ₃ ⁻	Nitrato
%	Porcentagem
±	Mais ou menos
/	Divisão ou por
x	Multiplicação
:	Razão/Proporção
<	Menor de
>	Maior de
=	Igual/Igualdade
~	Aproximadamente
LOG ₁₀	Logaritmo na base 10
p	p-valor/probabilidade de obter resultados extremos sob hipótese nula

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO TEÓRICA	10
2.1 BAGRE DO CANAL	10
2.2 RAÇÕES SEMIÚMIDAS	11
2.3 BIOFLOCO COMO INGREDIENTE ALTERNATIVO	12
2.4 RAÇÕES FERMENTADAS NA PISCICULTURA	13
3 MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1 MODELO BIOLÓGICO	14
3.2 SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO	14
3.3 PREPARO DAS RAÇÕES.....	17
3.4 MANUTENÇÃO E COLETA DE DADOS.....	18
3.5 MANUTENÇÃO DO MACROCOSMO.....	19
3.6 AMOSTRAGEM FINAL	20
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA	21
4 RESULTADOS	21
5 DISCUSSÃO.....	22
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

A produção aquícola superou a pesca pela primeira vez, registrando crescimento de 22% na última década com destinação majoritária ao consumo humano (FAO, 2024). Este marco reflete transformações setoriais e sociais impulsionadas pela demanda por proteína animal e pelos benefícios socioeconômicos da piscicultura (Serra et al., 2024), que emprega aproximadamente 64 milhões de pessoas na produção primária (FAO, 2024).

Para atender à demanda crescente, o setor intensificou-se mediante tecnologias como sistemas de recirculação, que permitem altas densidades produtivas (Xiao et al., 2019; Aich et al., 2021). Contudo, esta expansão acentuou preocupações ambientais (Li et al., 2025), particularmente impactos hídricos decorrentes das trocas de água (Ott et al., 2024).

A tecnologia de biofloco (BFT) surge como alternativa sustentável, combinando alta densidade com reduzida renovação hídrica (Xiao et al., 2019). Originalmente aplicada à carcinicultura, expandiu-se para piscicultura, notadamente tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e adapta-se progressivamente a espécies nativas em múltiplas regiões como Ásia Oriental, Egito e América do Sul através da adoção tecnológica, esta expansão tem impulsionado as pesquisas no setor dessas regiões (Iber et al., 2025).

Paralelamente, a dependência de farinha de peixe, que consome 20% da captura global (FAO, 2024) representa outro desafio, com pressões sobre ecossistemas aquáticos (Szczepeński et al., 2022) e custos crescentes (Serra et al., 2024). Embora essencial para espécies carnívoras (Liu et al., 2021), a substituição parcial por proteína vegetal fermentada mostra resultados zootécnicos promissores (Pratiwy et al., 2022). Estratégias complementares para redução de custos na piscicultura focam na melhoria de parâmetros como palatabilidade, saciedade e bem-estar animal, gerando ganhos de eficiência produtiva mesmo diante das limitações na substituição de proteína bruta (Szczepeński et al., 2022). No sistema BFT, o consumo direto do biofloco pelos animais representa uma vantagem adicional, uma vez que este é rico em aminoácidos essenciais, lipídios e vitaminas (Khanjani et al., 2024). Esta característica confere um uso nobre a um resíduo que anteriormente seria descartado ao final do ciclo produtivo.

O uso de rações semiúmidas representa uma estratégia promissora para aquicultura circular, permitindo não apenas a redução de impactos ambientais, mas também o reaproveitamento eficiente de recursos. Estas rações melhoram o bem-estar animal devido à sua similaridade com alimentos naturais, aumentando a palatabilidade, benefício já documentado em outros setores como a avicultura (Kim & Shin, 2006; Aaqillah-Amr et al., 2021). Conclui-se que o aproveitamento do biofloco residual de sistemas BFT em rações semiúmidas apresenta

grande potencial. Esta estratégia alinha-se às demandas do setor por sustentabilidade, melhora as condições de cultivo e promove o desenvolvimento tecnológico, avançando na direção de uma aquicultura circular.

Diante desse contexto, este estudo avaliou a viabilidade de utilizar biofloco úmido na formulação de rações semiúmidas para bagre do canal (*Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818)). O objetivo foi analisar o desempenho zootécnico dos animais, propondo uma estratégia que aumenta o aproveitamento da produção em BFT, reduz impactos ambientais e promove a reutilização de recursos.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 BAGRE DO CANAL

Nativo da América do Norte, o bagre-do-canal pertence à ordem Siluriformes, um dos grupos de peixes mais diversos do planeta, com mais de 4.000 espécies descritas distribuídas em cerca de 40 famílias (Diogo, 2003; Ferraris, 2007). Esta ordem apresenta ampla distribuição global, com exceção da Antártida, e reúne espécies de elevada importância ecológica e econômica (FAO, 2024). Os siluriformes caracterizam-se por adaptações morfológicas notáveis, como corpo despido de escamas, presença de barbilhões sensoriais e, em alguns casos, respiração acessória, o que lhes confere grande capacidade de sobrevivência em condições adversas (Diogo, 2003). Na aquicultura mundial, destacam-se espécies como o pangásio (*Pangasianodon hypophthalmus*), o bagre-africano (*Clarias gariepinus*) e o próprio bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*), este último amplamente cultivado na América do Norte e, desde a década de 1980, também na região Sul do Brasil (Esquivel et al., 1997; FAO, 2024). A inserção de *I. punctatus* na família Ictaluridae, atualmente disseminada globalmente (Arce-H. et al., 2017), evidencia sua capacidade adaptativa, que se deve em parte ao hábito alimentar onívoro, que inclui peixes pequenos, insetos, carcaças e plantas aquáticas, permitindo ajuste à disponibilidade de recursos (Kochi et al., 2021). Em ambiente natural, é um predador noturno que pode atingir 900 mm e 20 kg (Mejía et al., 2013).

Atualmente, o bagre-do-canal é cultivado em diferentes sistemas produtivos, desde viveiros escavados até sistemas intensivos com recirculação de água (RAS), demonstrando bom desempenho mesmo em condições de alta densidade e reduzida renovação hídrica (Xiao et al., 2019; Khanjani et al., 2024). Sua tolerância a variações de temperatura (crescimento viável entre 15°C e 24°C) e a baixos níveis de oxigênio dissolvido favorece sua adaptação a esses sistemas (Buentello et al., 2000).

Do ponto de vista nutricional, a espécie apresenta exigência proteica na faixa de 28-32%, com necessidade de aminoácidos essenciais como lisina e metionina (Gatlin, 2010). Essa característica a torna um modelo adequado para estudos de substituição de farinha de peixe por ingredientes alternativos, especialmente aqueles submetidos à fermentação para mitigação de fatores antinutricionais (Choi et al., 2020; Yamamoto et al., 2010).

Quanto ao ciclo reprodutivo, o bagre-do-canal atinge a maturidade sexual precocemente, por volta dos dois anos de idade (Hubenova et al., 2014), o que facilita a produção de juvenis padronizados para experimentação.

No contexto da aquicultura brasileira, o bagre-do-canal representa uma espécie de crescente importância, especialmente na região Sul, onde sua produção se beneficia das condições climáticas e da demanda por pescados de qualidade (Valenti et al., 2021).

2.2 RAÇÕES SEMIÚMIDAS

Um dos grandes desafios da piscicultura é o custo elevado de rações, devido ao seu teor de proteína bruta provinda de fonte animal (Asche et al, 2013). Ao longo dos anos novas formas alternativas foram adotadas, como o uso de ingredientes mais baratos com teores de proteína semelhantes a farinha de peixe, como o caso do farelo de soja (Honorato et al, 2023). Rações semiúmidas são usadas tradicionalmente em diversas produções, como o caso da suinocultura, que o uso de alimentação com taxas elevadas de umidade é uma pratica comum (Hossain & Kim, 2023) na piscicultura são usadas como método para diminuição de custos e melhoria do bem-estar dos animais, pois devido sua alta palatabilidade aumenta o consumo dos animais, desta forma auxiliando um aumento no desempenho dos mesmos, uma vez que está se assemelha ao estado dos alimentos encontrados pelos animais em natura e devido ao fato que seu preço ser menor em comparação as rações secas, pelo uso de ingredientes mais baratos (Kim & Shin, 2006), uma vez que é formulada contendo subprodutos agroindustriais disponíveis localmente, como quantidades variáveis de peixe inteiro moído, resíduos de peixe e crustáceos, fígado, subprodutos de abatedouro (Silva et al, 1991; Honorato et al, 2023)O que classifica este tipo de ração é sua concentração de umidade, uma vez que rações semiúmidas possuem sua concentração de umidade na faixa entre 10% a 35% (AAQILLAH-AMR et al, 2021). Infelizmente devido a sua taxa de umidade e instabilidade, esse tipo de ração se torna mais suscetíveis ao crescimento de microrganismos, como bactérias e fungos, levando a um maior risco de deterioração e perda de qualidade durante o armazenamento, desta forma refrigeração ou congelamento é necessário para seu armazenamento e transporte (Gatlin, 2010).

2.3 BIOFLOCO COMO INGREDIENTE ALTERNATIVO

A produção em sistema de bioflocos (BFT) é uma tecnologia consolidada que melhora o desempenho e a saúde dos animais. Inicialmente desenvolvida para crustáceos como o camarão-branco-do-pacífico (*Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)) e o camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis* Latreille, 1817), a tecnologia também beneficia peixes, com destaque para a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)) (Kasan et al., 2018; Malpartida et al., 2018).

O sistema BFT funciona como um ciclo que transforma resíduos em alimento por meio de flocos microbianos suspensos. As bactérias nitrificantes oxidam a amônia tóxica (NH_3) excretada pelos animais, convertendo-a em nitrito (NH_2^-) e então em nitrato (NH_3^-) que pode ser reincorporada em proteínas microbianas ou vegetais, todo esse processo tendo sua necessidade de adição de uma fonte de carbono e aeração contínua. Este processo reduz significativamente a necessidade de trocas de água (Megahed & Mohamed, 2014; Jamal et al., 2020; Robles et al., 2020).

O consumo suplementar do bioflocos traz múltiplos benefícios. Melhora as taxas de consumo e conversão alimentar (Khanjani et al., 2022) e reduz a mortalidade por bacterioses, especialmente em fases iniciais (Xu & Pan, 2013). Estes efeitos devem-se à competição microbiana no sistema, que suprime patógenos, e à modulação positiva da microbiota intestinal (Asha et al., 2024). A presença de carotenoides no flocos pode ainda melhorar a coloração de espécies ornamentais, como o *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) (Cunha et al., 2020).

Nutricionalmente, o bioflocos destaca-se pelo alto teor de proteína bruta (cerca de 25%) e pelo perfil de aminoácidos essenciais, como a arginina, que modula respostas imunes e metabólicas (Akange et al., 2025; Hoseini et al., 2020). Seu consumo também estimula a atividade de enzimas digestivas (Khanjani et al., 2022).

Contudo, a composição do bioflocos é variável, dependendo de fatores como condições ambientais, fonte de carbono e manejo (Prabu et al., 2018). Uma limitação relevante é o seu baixo teor lipídico, geralmente inferior a 25 g/kg^{-1} (Dantas et al., 2016), o que pode exigir suplementação para espécies com maiores demandas de lipídios.

O uso do bioflocos como ingrediente promove um reaproveitamento nobre dos recursos, reduzindo o impacto ambiental da produção. Ao minimizar a renovação hídrica e maximizar a reutilização de nutrientes, o sistema BFT consolida-se como um modelo de produção circular e sustentável (Abakari et al., 2021; Doncato & Costa, 2021).

2.4 RAÇÕES FERMENTADAS NA PISCICULTURA

A fermentação de rações tem sido utilizada com sucesso em estudos sobre substituição da farinha de peixe em dietas aquícolas. Durante o processo, as proteínas do substrato são hidrolisadas, gerando compostos de baixo peso molecular, como peptídeos e aminoácidos, que podem apresentar efeitos imunomoduladores, maior palatabilidade e melhor digestibilidade. Adicionalmente, a fermentação reduz a carga microbiana indesejada de resíduos orgânicos biodegradáveis (Samaddar, 2018).

O principal substrato utilizado para este processo é a farinha de soja, uma vez que seu teor proteico é semelhante ao da farinha de peixe. A inclusão de farelo de soja fermentado (FSM) foi previamente relatada na dieta de truta-arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), indicando que a farinha de peixe poderia ser completamente substituída por FSM sem efeitos significativos sobre o desempenho de crescimento e a digestibilidade dos nutrientes. Em estudos com dietas para *Seriola quinqueradiata*, a inclusão de farelo de soja fermentado utilizando *Aspergillus oryzae* ou *Eurotium repens* melhorou a digestibilidade da proteína e dos carboidratos, enquanto o uso de *Lactobacillus brevis* promoveu melhora na digestibilidade dos lipídios em salmão-do-Atlântico. Esses resultados indicam que a fermentação reduz o teor de oligossacarídeos, um dos principais fatores antinutricionais da soja (Choi et al., 2020; Yamamoto et al., 2010).

Outras fontes proteicas também apresentaram resultados positivos quando submetidas à fermentação, como o farelo de colza, terceiro ingrediente proteico mais comercializado no mundo, atrás apenas do farelo de soja e da farinha de girassol. Seus resultados estão principalmente relacionados à saúde dos animais, uma vez que peptídeos bioativos derivados das proteínas da colza, liberados a partir da estrutura primária durante a degradação enzimática e microbiana, demonstraram desempenhar diferentes funções biológicas, incluindo atividades antimicrobiana, anti-hipertensiva e imunomoduladora (Dossou et al., 2019; USDA, 2026).

Um dos principais avanços evidenciados pela fermentação é a capacidade de transformar ingredientes originalmente limitados em fontes proteicas viáveis para a aquicultura (Zhang et al., 2023). Farelo de soja e farelo de colza, por exemplo, embora possuam perfis nutricionais promissores, apresentam restrições de uso devido à presença de oligossacarídeos, inibidores de tripsina, compostos fenólicos e outros fatores antinutricionais que comprometem a digestibilidade e o desempenho animal. A fermentação microbiológica atua na mitigação

desses fatores, ampliando o espectro de ingredientes utilizáveis e reduzindo a dependência da farinha de peixe sem comprometer a eficiência produtiva (Azarm et al., 2014).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por quatro tratamentos e quatro repetições cada, totalizando 16 unidades experimentais. As unidades experimentais consistiram em caixas de fibra de vidro com capacidade de 100 L (volume útil de 70 L), numeradas de 1 a 16, mantidas em sistema de recirculação de água (RAS).

Os tratamentos foram definidos com base no tipo de umidade aplicada à ração comercial extrusada (Supra®, Acqua Fish; 32% PB), conforme descrito a seguir:

Controle: ração seca, sem adição de umidade;

Ração umedecida (RU): adição de 15% de água destilada sobre o peso da ração;

Ração umedecida com bioflocos (RUB): adição de 15% de bioflocos padronizados sobre o peso da ração;

Ração umedecida com bioflocos fermentada (RUBF): adição de 15% de bioflocos padronizados, seguida de fermentação controlada (36 °C por 24 h).

A alocação dos tratamentos às unidades experimentais foi realizada de forma totalmente aleatorizada, garantindo a independência entre as observações e a ausência de viés de seleção.

Foram utilizados 128 juvenis de bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*), com peso inicial médio de $12,18 \pm 1,16$ g, distribuídos em oito animais por unidade experimental (32 animais por tratamento). Os peixes foram submetidos a um período de aclimação de sete dias no próprio sistema de recirculação, sendo alimentados com ração comercial extrusada durante essa fase.

A unidade experimental adotada para as análises estatísticas foi a caixa (média dos oito indivíduos por repetição), e não cada animal individualmente, conforme recomendado para delineamentos com efeito de grupo em sistemas de recirculação. Todas as variáveis de desempenho e os parâmetros microbiológicos foram analisados considerando essa estrutura.

3.1 MODELO BIOLÓGICO

Os 128 juvenis de bagre-do-canal (*Ictalurus punctatus*) utilizados neste experimento foram provenientes de um único lote comercial adquirido para o Laboratório de Piscicultura da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e não haviam sido submetidos a qualquer

experimento prévio. Todos os animais pertenciam à mesma coorte (mesma idade), garantindo homogeneidade etária entre os tratamentos.

No momento da distribuição, os animais apresentavam peso inicial médio de $12,18 \pm 1,16$ g. Foi estabelecido como critério de seleção um intervalo de peso máximo de 2,0 g entre os indivíduos, sendo excluídos os exemplares com peso abaixo ou acima desse limite. Após a seleção, os peixes foram distribuídos aleatoriamente entre as 16 unidades experimentais, com o cuidado de promover homogeneidade de peso entre as caixas.

Os animais foram submetidos a um período de aclimação de sete dias nas próprias caixas do sistema de recirculação, período no qual foram alimentados com a mesma ração comercial extrusada (Supra®, Acqua Fish; 32% PB) utilizada ao longo do experimento. Durante essa fase, foram monitorados diariamente o comportamento (atividade, dispersão, resposta à alimentação) e a ocorrência de mortalidade ou sintomas de doença. O critério de inclusão para o início do experimento foi a ausência de qualquer sintoma clínico ou alteração comportamental nos animais ao final da aclimação.

Não foram realizados exames clínicos prévios nem protocolos de profilaxia, uma vez que os animais não apresentaram quaisquer sintomas de doença durante o período de observação inicial. Não houve, portanto, necessidade de quarentena adicional, considerando que os animais já estavam estabelecidos no laboratório e em aparente boas condições sanitárias. Não foi obtida certificação específica quanto à presença ou ausência de patógenos antes do período experimental.

A identificação dos animais foi feita exclusivamente por unidade experimental (caixa), sem marcação individual, em consonância com a unidade de análise adotada (média por caixa). O fotoperíodo foi controlado em 12 horas de claro e 12 horas de escuro, e os parâmetros de qualidade da água (temperatura, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito e nitrato) foram mantidos dentro da faixa considerada ideal para a espécie ao longo de todo o experimento.

3.2 SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO

Os peixes foram mantidos em um sistema de recirculação de água (RAS) composto por 16 caixas de fibra de vidro com capacidade de 100 L (volume útil de 70 L), numeradas de 1 a 16, conforme descrito no delineamento experimental.

A filtragem da água foi realizada em três etapas sequenciais:

Filtro tambor rotativo (Altamar, modelo 400/2): equipado com tela de aço inox de 90 micras, responsável pela remoção de sólidos grosseiros.

Filtro mecânico com sistema ultravioleta (UV): embora a potência da lâmpada UV não tenha sido registrada, o sistema foi mantido em operação contínua ao longo do experimento.

Filtro biológico: composto por biofitas como meio filtrante, com superfície estimada de 315 m², suportando uma biomassa de até 90 kg. O filtro biológico já se encontrava previamente maturado antes do início do experimento, não sendo necessária a troca ou lavagem das mídias durante o período experimental.

O sistema operava com as seguintes especificações técnicas:

Volume máximo: 30 m³

Vazão de operação: até 19.000 L/h

Conexões de entrada e saída: 50 mm

Tensão: 220 V

Pressão máxima de operação: 2,5 bar.

A aeração foi fornecida por um aerador trifásico, com as seguintes características:

Frequência: 50/60 Hz

Pressão máxima: 14,64 psi

Peso: 68 kg

Vazão de ar: 2.399,85 L/min

A temperatura da água foi mantida dentro da faixa ideal para a espécie (*Ictalurus punctatus*) por meio de condicionadores de ar instalados no recinto, sem uso de aquecedores ou chillers submersos.

A manutenção do sistema consistiu na limpeza dos filtros a cada 7 dias, momento em que também era realizada a reposição da água perdida. Não foram registrados os volumes exatos de entrada e saída de água durante essas manutenções.

Parâmetros de qualidade da água

Os parâmetros de qualidade da água foram monitorados a cada dois dias ao longo dos 56 dias de experimento, com coletas realizadas no período matutino antes da primeira alimentação. As medições incluíram:

Oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura (°C): mensurados com oxímetro digital (Hanna HI9147-10);

Amônia (NH₃), nitrito (NO₂⁻) e nitrato (NO₃⁻): determinados com medidor portátil (Hanna HI98130).

Os valores médios observados foram:

Oxigênio dissolvido: 7,4 ± 0,36 mg/L

Temperatura: $25,2 \pm 0,88$ °C

Amônia, nitrito e nitrato: não detectáveis (0 mg/L) ao longo de todo o período experimental, conforme sensibilidade dos equipamentos utilizados.

Todos os parâmetros mantiveram-se dentro das faixas consideradas adequadas para a espécie, garantindo condições estáveis durante o experimento.

3.3 MANUTENÇÃO E COLETA DE DADOS

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, ao final do período matutino e ao final do período vespertino, até a saciedade aparente. O alimento foi ofertado gradualmente, em pequenas porções, até a cessação da ingestão ativa pelos peixes. Para cada unidade experimental (caixa), foi registrado o peso da ração ofertada e das sobras, permitindo o cálculo do consumo médio diário por caixa.

Foram realizadas duas biometrias ao longo do experimento: uma no início (após o período de aclimação) e outra ao final dos 56 dias. Em cada biometria, os animais foram anestesiados com óleo de cravo para minimizar o estresse durante o manuseio. Foram registrados o peso individual de cada peixe e, posteriormente, calculado o peso médio por unidade experimental (caixa), unidade adotada para as análises estatísticas.

A partir dos dados obtidos, foram calculados os seguintes parâmetros zootécnicos: Ganho de peso (GP): peso final médio – peso inicial médio; Conversão alimentar aparente (CAA): consumo total de ração (g) / ganho de peso total (g); Consumo médio diário (CMD): consumo total de ração (g) / número de dias / número de animais por caixa; Índice hepatossomático (IHS): (peso do fígado / peso total do animal) $\times$ 100.

Ao final do período experimental, foram coletadas amostras para as análises microbiológicas, histomorfométricas e genômicas. Em cada unidade experimental, foram eutanasiados seis animais, distribuídos da seguinte forma:

Dois animais para coleta de intestino destinado à análise microbiológica e histomorfométrica;

Dois animais para coleta de intestino destinado à leitura de vilosidades intestinais e análises genômicas;

Dois animais para coleta de fígado para cálculo do índice hepatossomático e análises complementares.

Os procedimentos de coleta foram realizados com os animais sob anestesia (óleo de cravo), seguidos de eutanásia por secção medular, conforme protocolo aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UDESC (protocolo nº 7738220925).

As amostras foram armazenadas conforme a finalidade analítica:

Intestinos e fígados para histomorfometria: fixados em formol; Amostras para análises microbiológicas e genômicas: armazenadas em nitrogênio líquido para preservação do material biológico.

Os parâmetros de qualidade da água foram monitorados a cada dois dias ao longo dos 56 dias de experimento. As amostras foram coletadas diretamente dos tanques, sem horário fixo padronizado.

As medições incluíram:

Oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura (°C): mensurados com oxímetro digital (Hanna HI9147-10); Amônia (NH₃), nitrito (NO₂⁻) e nitrato (NO₃⁻): determinados com medidor portátil (Hanna HI98130).

Os valores médios observados foram:

Oxigênio dissolvido: 7,4 ± 0,36 mg/L

Temperatura: 25,2 ± 0,88 °C

Amônia, nitrito e nitrato: não detectáveis (0 mg/L) ao longo de todo o período experimental, conforme sensibilidade dos equipamentos utilizados.

A mortalidade foi verificada diariamente durante todo o período experimental. Não foram registrados óbitos nem sintomas de doença nos animais ao longo dos 56 dias, o que atesta as boas condições sanitárias e de manejo ao longo do experimento.

3.4 PREPARO DAS RAÇÕES

Utilizou-se ração comercial extrusada (Supra®, Acqua Fish; 32% de proteína bruta), originalmente na forma de pellets de 5 mm. Para adequação ao tamanho dos animais, os pellets foram moidos e peneirados até a obtenção de partículas com granulometria final de 2 mm, conforme faixa de peneiramento de 1,4–1,5 mm.

As rações experimentais foram preparadas a cada 3 ou 4 dias, de modo que cada lote atendesse ao consumo do período. Em cada preparo, utilizou-se 50 g de ração basal moída como base para todos os tratamentos.

Foram testados quatro tratamentos, diferenciados pelo tipo de umidade adicionada à ração basal:

Controle (C): ração moída (50 g), sem adição de umidade, armazenada diretamente.

Ração umedecida (RU): adição de 15% de água destilada sobre o peso da ração (7,5 mL para 50 g de ração), resultando em umidade final de 15%.

Ração umedecida com biofloco (RUB): adição de 15% de biofloco padronizado sobre o peso da ração (7,5 mL para 50 g de ração), resultando em umidade final de 15%.

Ração umedecida com biofloco fermentada (RUBF): adição de 15% de biofloco padronizado + 15% de água destilada sobre o peso da ração (total de 15 mL de líquido para 50 g de ração), resultando em umidade inicial de 30%. Esse acréscimo adicional de água foi necessário para viabilizar o processo fermentativo, sendo que parte dessa umidade é perdida durante a fermentação em estufa.

O biofloco utilizado nos tratamentos RUB e RUBF foi proveniente do macrocosmo mantido no laboratório. A padronização da concentração foi realizada por sedimentação em cones Imhoff: foram transferidos 1.000 mL de água do macrocosmo para o cone, onde permaneceram em repouso por 10 minutos para sedimentação do floco. Após esse período, o sobrenadante foi removido até que se obtivesse uma concentração final de 800 mL de biofloco sedimentado por litro (800 mL L^{-1}). Essa mesma concentração foi utilizada em todos os tratamentos que receberam biofloco.

Após a adição do biofloco e da água destilada à ração basal, a mistura foi submetida à fermentação em estufa a 36°C por 24 horas. O processo foi conduzido em bandejas abertas, sem inoculação externa de microrganismos, utilizando-se exclusivamente a microbiota natural presente no biofloco.

Todos os tratamentos, incluindo o controle, foram homogeneizados e armazenados a -20°C no freezer do laboratório imediatamente após o preparo (no caso do RUBF, após o período de fermentação). As quantidades preparadas foram calculadas para atender ao consumo do período de 3 a 4 dias, não havendo excedentes.

3.5 MANUTENÇÃO DO MACROCOSMO

O macrocosmo, fonte de biofloco para os tratamentos experimentais, foi mantido em uma caixa d'água com volume de 500 L, operando como um sistema fechado. A aeração foi fornecida por um aerador trifásico com as mesmas especificações técnicas do utilizado no sistema de recirculação (RAS), garantindo condições adequadas de oxigenação e homogeneização do biofloco.

A origem do inóculo inicial foi o sistema de produção de trutas em bioflocos do próprio Laboratório de Piscicultura da UDESC, resultando em um floco já maturado e estabilizado antes do início do período experimental.

A manutenção do macrocosmo foi realizada diariamente, com os seguintes procedimentos:

Reposição hídrica: realizada no mesmo volume retirado para a formulação das rações experimentais, mantendo o volume constante do sistema;

Adição de melaço (fonte de carbono): realizada com base em análise visual do bioflocos, com adição aproximada de 200 g de melaço a cada duas semanas, sempre que a análise visual indicava necessidade.

Os parâmetros do macrocosmo foram monitorados a cada dois dias, com medições padronizadas:

Volume de bioflocos: determinado por sedimentação em cones Imhoff, com tempo de sedimentação padronizado de 15 minutos. O valor médio observado foi de 41,5 mL L⁻¹, mantendo-se estável ao longo do experimento;

Temperatura: medida com multiparâmetro (Hanna HI98130), o mesmo modelo utilizado no sistema de recirculação. A temperatura foi mantida naturalmente (sem aquecimento ou resfriamento artificial), apresentando média de 18,71 °C;

Amônia e nitrito: avaliados com kits rápidos de qualidade limitada, apresentando valores próximos a zero (não detectáveis), compatíveis com um sistema de bioflocos estabilizado.

O macrocosmo manteve-se contínuo e em perfeita função durante todo o período experimental. Não foram registrados quedas ou picos na concentração de bioflocos, atestando a estabilidade do sistema ao longo dos 56 dias de experimento.

3.6 AMOSTRAGEM FINAL

Ao final do período experimental os animais foram mantidos em jejum por 24 h, eutanasiados e pesados individualmente (balança de precisão de 0,01 g, Marte modelo ML 600, para avaliação dos parâmetros zootécnicos: peso final (PF); ganho de peso médio (GPM = PF - PI); taxa de crescimento específico (TCE = $[(\ln PF - \ln PI) / \text{tempo}] \times 100$); conversão alimentar aparente (CAA = consumo de ração / ganho de peso); consumo de ração; e sobrevivência (%). Seus fígados foram coletados para cálculo do índice hepatossomático (HSI = peso do fígado / peso total $\times 100$) e tratos gastrointestinais de 6 peixes por tratamento (2 por

repetição) para análise microbiológica. Os intestinos foram pesados, homogeneizados e diluídos em série (1:10) em solução salina estéril (0,65%). As alíquotas foram semeadas em ágar MRS (para bactérias ácido lácticas – BAL), ágar TSA (para bactérias heterotróficas totais) e ágar Macconkey (para *Escherichia coli*). As placas foram incubadas a 35 °C, e as unidades formadoras de colônias (UFCs) foram contadas após 24h (TSA) e 48h (MRS e Macconkey).

3.7 ANALISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados com testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Levene). Quando atendidos os pressupostos ($p > 0,05$), utilizou-se ANOVA one-way, seguida do teste de Tukey para comparações múltiplas ($p < 0,05$). Para dados não homogêneos, aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Os resultados são expressos como média $\pm$ desvio-padrão (Triola, 2006).

4 RESULTADOS

Os resultados demonstram, a segurança e a estabilidade do uso de biofloco na dieta de *Ictalurus punctatus*. Não foram registradas mortalidades durante todo o período experimental, e o índice hepatossomático manteve-se inalterado entre os tratamentos, indicando ausência de efeitos adversos sobre a saúde hepática dos animais.

Do ponto de vista microbiológico, os achados foram expressivamente positivos. Não houve diferenças estatisticamente significativas nas contagens de bactérias heterotróficas (meio TSA) e bactérias ácido-láticas (meio MRS) entre os tratamentos, evidenciando que a inclusão de biofloco não desequilibrou a microbiota intestinal. Adicionalmente, não foi observado crescimento de *E. coli* em nenhuma das amostras analisadas, o que atesta a segurança sanitária do ingrediente utilizado.

No que se refere ao desempenho zootécnico, a inclusão de biofloco na ração comercial extrusada mostrou-se compatível com os parâmetros produtivos esperados. O ganho de peso não foi afetado pelos tratamentos, e a conversão alimentar no tratamento com ração úmida fermentada (RUBF) foi equivalente à do controle, evidenciando que o processo fermentativo permitiu manter a eficiência alimentar mesmo com o aumento do consumo observado nos tratamentos com ração úmida.

Destaca-se positivamente que os tratamentos com ração úmida (RU e RUB) apresentaram maior consumo alimentar, fenômeno associado à maior palatabilidade de dietas umidificadas e alinhado com a literatura especializada. Embora esses tratamentos tenham

apresentado conversão alimentar inferior à do controle, o tratamento RUBF demonstrou que a fermentação é capaz de mitigar esse efeito, resultando em eficiência equivalente à dieta seca.

Em síntese, as variáveis analisadas revelaram um cenário de estabilidade e segurança, com destaque para a manutenção da homeostase microbiana, a ausência de patógenos, a inexistência de mortalidade e o desempenho equivalente do tratamento fermentado em relação ao controle. A única exceção estatisticamente significativa ocorreu na conversão alimentar dos tratamentos não fermentados, que, embora inferior, foi acompanhada por maior consumo, um efeito esperado e compensado pela fermentação.

Tratamentos	PF (kg)	GP (kg)	Consumo (kg)	CAA	IHS
Controle	25.48 ± 2.36	13.24 ± 2.18	8.91 ± 0.98	0.678 ± 0.048	0.2980±0.0533
RU	25.88 ± 0.37	13.68 ± 0.44	11.08 ± 0.33	0.810 ± 0.014	0.3464±0.0586
RUB	26.29 ± 2.43	14.14 ± 2.43	11.60 ± 0.36	0.839 ± 0.142	0.4018±0.0860
RUBF	24.50 ± 1.82	12.32 ± 1.80	8.62 ± 1.28	0.700 ± 0.044	0.3398±0.0489

Tabela 1 Médias individuais dos parâmetros de desempenho zootécnico de peixes alimentados com diferentes tratamentos durante 54 dias. PF – peso final; GP – ganho de peso; Consumo – consumo total de ração por caixa; CAA – conversão alimentar aparente; TCE – taxa de crescimento específico.

5 DISCUSSÃO

Os resultados demonstram segurança, estabilidade e potenciais aplicações da inclusão de biofloco na dieta de *I. punctatus* na taxa de 15% de umidade, mesmo quando não se observaram alterações significativas em diversos parâmetros de desempenho zootécnico.

A similaridade na conversão alimentar, ganho de peso e índice hepatossomático entre os tratamentos evidencia que o biofloco, na forma e concentração utilizadas, não comprometeu a eficiência da ração comercial extrusada. Esse resultado reflete, positivamente, a robustez nutricional da dieta controle, que, por ser completa e balanceada (Majluf et al., 2024), atendeu plenamente às exigências dos animais, indicando que os nutrientes adicionais do biofloco foram incorporados sem causar desequilíbrios. A ausência de efeitos negativos sobre o desempenho, aliada à equivalência observada, posiciona o biofloco como um ingrediente de baixo risco nutricional, compatível com formulações comerciais de alta qualidade.

Nos tratamentos com ração úmida (RU e RUB), observou-se um aumento no consumo médio, fenômeno já descrito na literatura (Khanjani et al., 2022; Kim & Shin, 2006). Embora esse aumento tenha impactado a conversão alimentar nos tratamentos sem fermentação, o tratamento RUBF (ração úmida fermentada) apresentou conversão alimentar semelhante à do controle, indicando que o processo fermentativo melhorou a eficiência de utilização da dieta. Esse achado aponta para uma estratégia promissora de manejo alimentar, combinando palatabilidade e eficiência.

A análise microbiológica revelou resultados expressivamente positivos, com estabilidade das comunidades bacterianas intestinais. As contagens de bactérias heterotróficas ($p \approx 0,65$) e ácido-láticas ($p = 0,876$) mantiveram-se inalteradas, demonstrando que o biofloco não comprometeu o equilíbrio microbiano nem atuou como inóculo competitivo indesejado (Deng et al., 2020).

A manutenção das populações de bactérias ácido-láticas reforça a homeostase do ambiente entérico, mesmo na ausência de inoculação intencional de probióticos. Adicionalmente, a não detecção de *E. coli* confirma a segurança microbiológica do biofloco utilizado, com evidências de sua capacidade de suprimir patógenos por competição por nutrientes (Abdel-Rahim et al., 2024).

A taxa de mortalidade experimental foi de 0%, e não foram observados sintomas clínicos nos animais ao longo do período experimental. Estes dados, em conjunto com os parâmetros microbiológicos e o índice hepatossomático preservado, corroboram a segurança e a biocompatibilidade do biofloco na inclusão avaliada.

Este conjunto de evidências sustenta que o biofloco, mesmo em níveis de inclusão que não alteram significativamente o desempenho zootécnico, apresenta características de segurança, estabilidade e maleabilidade que viabilizam aplicações alternativas, tais como: veículo para compostos bioativos; suporte para administração de medicamentos por via oral; e componente funcional em rações umidificadas fermentadas.

Embora a inclusão de 15% de biofloco não tenha promovido ganhos zootécnicos expressivos sob as condições testadas, a literatura indica que concentrações superiores (15–20%) podem gerar resultados mais evidentes, especialmente em outras espécies como tilápia-do-nilo (*O. niloticus*) (Perez et al., 2024). Além disso, fatores como perfil de aminoácidos essenciais e temperatura de produção do biofloco (Ahammed et al., 2022; Prabu et al., 2018) representam variáveis moduladoras que, quando ajustadas, podem potencializar os efeitos benéficos.

A temperatura mais baixa (18°C), por exemplo, embora associada a menor expressão de adversidades microbiológicas, pode ser explorada em contextos específicos onde o controle metabólico ou a estabilidade do sistema sejam prioritários.

CONCLUSÃO

O presente estudo avaliou os efeitos da inclusão de biofloco (15%) em rações úmidas fermentadas sobre o desempenho zootécnico e os parâmetros microbiológicos intestinais de *Ictalurus punctatus* (bagre-do-canal). Os resultados obtidos permitem estabelecer um conjunto de evidências robustas quanto à segurança, estabilidade e viabilidade funcional do biofloco como ingrediente complementar em dietas para a espécie.

Em relação ao desempenho zootécnico, a inclusão de biofloco não comprometeu o ganho de peso nem o índice hepatossomático dos animais, indicando que o ingrediente, na forma e concentração testadas, não causou efeitos adversos ao metabolismo ou à saúde hepática. A ausência de mortalidade durante todo o período experimental reforça a segurança biológica do biofloco utilizado. Embora não tenham sido observadas melhorias significativas no desempenho zootécnico, esse resultado reflete, positivamente, a robustez da ração comercial extrusada, que, por ser nutricionalmente completa, atendeu plenamente às exigências dos animais, permitindo que os nutrientes adicionais do biofloco fossem incorporados sem causar desequilíbrios.

No que diz respeito ao consumo e à eficiência alimentar, observou-se que os tratamentos com ração úmida (RU e RUB) apresentaram maior consumo em relação ao controle e ao tratamento RUBF, fenômeno já descrito na literatura como associado à maior palatabilidade de dietas umidificadas. Entretanto, o tratamento RUBF (ração úmida fermentada) destacou-se por apresentar conversão alimentar equivalente à do controle, demonstrando que o processo fermentativo foi capaz de compensar o aumento do consumo, promovendo melhor aproveitamento dos nutrientes. Esse achado posiciona a fermentação como uma estratégia de manejo promissora, capaz de conciliar os benefícios sensoriais da ração úmida com a eficiência de conversão típica de dietas secas de alta qualidade.

A análise microbiológica revelou resultados expressivamente positivos. As contagens de bactérias heterotróficas e ácido-láticas mantiveram-se inalteradas entre os tratamentos, indicando que o biofloco não desequilibrou a microbiota intestinal, nem atuou como inóculo competitivo indesejado. Adicionalmente, a não detecção de *E. coli* confirma a segurança microbiológica do biofloco e reforça seu potencial como ingrediente sanitariamente confiável.

A estabilidade das populações de bactérias ácido-láticas, mesmo sem inoculação intencional de probióticos, evidencia que o ambiente entérico permaneceu em equilíbrio funcional.

Diante do exposto, conclui-se que a inclusão de biofloco em rações úmidas fermentadas para *I. punctatus* é segura, estável e biocompatível, com destaque para a fermentação como ferramenta de melhoria da eficiência alimentar. Embora não tenham sido observados ganhos zootécnicos expressivos nas condições testadas, os resultados abrem caminho para aplicações alternativas e estratégias de manejo mais refinadas, tais como o uso do biofloco como veículo para compostos bioativos ou medicamentos, viabilizado pela sua maleabilidade e pela eficiência da ração umidificada fermentada como plataforma de entrega. Recomenda-se, ainda, a exploração de concentrações superiores de inclusão (acima de 15%), o ajuste do perfil de aminoácidos e o controle da temperatura de produção do biofloco como variáveis moduladoras do seu potencial funcional. Dessa forma, o estudo posiciona o biofloco como um ingrediente funcional promissor para a aquicultura, aliando segurança, estabilidade e perspectivas aplicadas relevantes.

REFERÊNCIAS

AAQILLAH-AMR, M. A. et al. **Use of pelleted diets in commercially farmed decapods during juvenile stages: A review.** *Animals*, v. 11, n. 6, p. 1761, 2021.

ABAKARI, G. et al. **Dynamics of nitrogenous compounds and their control in biofloc technology (BFT) systems: A review.** *Aquaculture and Fisheries*, v. 6, n. 5, p. 441-447, 2021.

ABDEL-RAHIM, M. M. et al. **Enhancing Florida red tilapia aquaculture: biofloc optimization improves water quality, pathogen bacterial control, fish health, immune response, and organ histopathology across varied groundwater salinities.** *Veterinary Research Communications*, v. 48, n. 5, p. 2989-3006, 2024.

AHAMMED, M. B. et al. **pH and temperature monitoring with a GSM-based auto feeding system of a biofloc technology.** *International Journal of Scientific & Engineering Research*, v. 13, n. 4, p. 270-274, 2022.

AHMAD, Irshad et al. **Biofloc technology: an emerging avenue in aquatic animal healthcare and nutrition.** *Aquaculture International*, v. 25, n. 3, p. 1215-1226, 2017.

AHMED, N.; TURCHINI, G. M. **Recirculating aquaculture systems (RAS): Environmental solution and climate change adaptation.** *Journal of Cleaner Production*, v. 297, 126604, 2021.

AICH, N. et al. **A review on recirculating aquaculture systems: Challenges and opportunities for sustainable aquaculture.** *Innovative Farming*, v. 5, n. 1, p. 17-24, 2020.

AKANGE, E. T. et al. **Evaluation of nutrients in biofloc meal harvested from an indoor multi-techno aquaculture system.** *Applied Food Research*, 101005, 2025.

ARCE-H, Mariangeles; LUNDBERG, John G.; O'LEARY, Maureen A. **Phylogeny of the North American catfish family Ictaluridae (Teleostei: Siluriformes) combining morphology, genes and fossils.** Cladistics, v. 33, n. 4, p. 406-428, 2017.

ASCHE, Frank; OGLEND, Atle; TVETERAS, Sigbjørn. **Regime shifts in the fish meal/soybean meal price ratio.** Journal of Agricultural Economics, v. 64, n. 1, p. 97-111, 2013.

ASHA, A. A. et al. **Effects of commercial probiotics on the growth performance, intestinal microbiota and intestinal histomorphology of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in biofloc technology (BFT).** Biology, v. 13, n. 5, 299, 2024.

AZARM, H. M.; LEE, S. M. **Effects of partial substitution of dietary fish meal by fermented soybean meal on growth performance, amino acid and biochemical parameters of juvenile black sea bream *Acanthopagrus schlegeli*.** Aquaculture Research, v. 45, n. 6, p. 994-1003, 2014.

AZAZA, M.S. et al. **Nutritional evaluation of waste date fruit as partial substitute for soybean meal in practical diets of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.).** Aquaculture Nutrition, v. 15, p. 262–272, 2009.

BROWDY, Craig L. et al. **Biofloc-based aquaculture systems.** In: TIDWELL, James H. (Ed.). Aquaculture production systems. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2012. p. 278-307.

BUENTELLO, J. A.; GATLIN III, D. M.; NEILL, W. H. **Effects of water temperature and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilization and growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*).** Aquaculture, v. 182, n. 3-4, p. 339-352, 2000.

CARDONA, Emilie et al. **Bacterial community characterization of water and intestine of the shrimp *Litopenaeus stylirostris* in a biofloc system.** BMC Microbiology, v. 16, n. 1, p. 157, 2016.

CHOI, D. G. et al. **Replacement of fish meal with two fermented soybean meals in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)**. *Aquaculture Nutrition*, v. 26, n. 1, p. 37-46, 2020.

DA CUNHA, L. et al. **Biofloc technology (BFT) improves skin pigmentation of goldfish (*Carassius auratus*)**. *Aquaculture*, v. 522, 735132, 2020.

DANTAS JR, E. M. et al. **Partial replacement of fishmeal with biofloc meal in the diet of postlarvae of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei***. *Aquaculture Nutrition*, v. 22, n. 2, p. 335-342, 2016.

DE SILVA, Sena S. et al. **Fish nutrition research in Asia: proceedings of the Fourth Asian Fish Nutrition Workshop**. Manila: Asian Fisheries Society, 1991.

DENG, M. et al. **Aerobic denitrification microbial community and function in zero-discharge recirculating aquaculture system using a single biofloc-based suspended growth reactor: influence of the carbon-to-nitrogen ratio**. *Frontiers in Microbiology*, v. 11, 1760, 2020.

DIOGO, R. **Higher-level phylogeny of Siluriformes: an overview**. In: ARRATIA, G.; KAPOOR, B. G.; CHARDON, M. et al. (Ed.). *Catfishes*. Enfield: Science Publishers, 2003. v. 1, p. 353-384.

DONCATO, K. B.; COSTA, C. S. B. **Micronutrient supplementation needs for halophytes in saline aquaponics with BFT system water**. *Aquaculture*, v. 531, 735815, 2021.

DUNHAM, R. A.; MASSER, M. P. **Production of hybrid catfish**. Stoneville: Southern Regional Aquaculture Center, 2012. (SRAC Publication, n. 190).

DOSSOU, S.; KOSHIO, S.; ISHIKAWA, M.; YOKOYAMA, S.; EL BASUINI, M. F.; ZAINELDIN, A. I.; SHADY, S. H.; DAWOOD, M. A. **Effects of replacing fishmeal with fermented and non-fermented rapeseed meal on the growth, immune and antioxidant**

responses of red sea bream (*Pagrus major*). Aquaculture Nutrition, v. 25, n. 2, p. 508-517, 2019.

ESQUIVEL, B. M.; ESQUIVEL, J. R.; EVOY, Z. F. **Effects of stocking density on growth of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fingerlings in Southern Brazil.** Journal of Applied Aquaculture, v. 7, n. 3, p. 1-6, 1997.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action.** Rome: FAO, 2024.

GATLIN, D. M. III. **Principles of Fish Nutrition.** Stoneville: Southern Regional Aquaculture Center, 2010. (SRAC Publication, n. 5003).

HARGREAVES, John A. **Biofloc production systems for aquaculture.** Stoneville: Southern Regional Aquaculture Center, 2013. (SRAC Publication, n. 4503).

HONORATO, Luan et al. **Effect of feeding semi-moist diet as a practical strategy to reduce feed costs in tilapia juvenile production.** Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 45, e64237, 2023.

HOSSAIN, Md Mortuza; KIM, In Ho. **The impact of replaced whey protein and semi-moist diet with difference energy content on growth performance and nutrient digestibility in newly weaned piglets.** Korean Journal of Agricultural Science, v. 50, n. 1, p. 55-62, 2023.

HOSEINI, S. M. et al. **Roles of arginine in fish nutrition and health: insights for future researches.** Reviews in Aquaculture, v. 12, n. 4, p. 2091-2108, 2020.

HUBENOVA, T.; ILIEV, I.; ZAIKOV, A. **Reproductive biology of the channel catfish (*Ictalurus punctatus* Raf.) reared in heated water.** Bulgarian Journal of Agricultural Science, v. 20, p. 957-961, 2014.

IBER, B. T. et al. **Application of Biofloc technology in shrimp aquaculture: A review on current practices, challenges, and future perspectives.** Journal of Agriculture and Food Research, 101675, 2025.

JAMAL, M. T. et al. **Biofloc Technology: Emerging Microbial Biotechnology for the Improvement of Aquaculture Productivity.** Polish Journal of Microbiology, v. 69, n. 4, p. 1-13, 2020.

KASAN, N. A.; DAGANG, A. N.; ABDULLAH, M. I. **Application of biofloc technology (BFT) in shrimp aquaculture industry.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE AQUACULTURE AND HEALTH MANAGEMENT SYSTEM, 2018, Serdang. Proceedings [...]. Serdang: IOP Publishing, 2018. (IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, v. 196). p. 012043.

KHANJANI, M. H.; SHARIFINIA, M.; HAJIREZAEI, S. **Recent progress towards the application of biofloc technology for tilapia farming.** Aquaculture, v. 552, 738021, 2022.

KHANJANI, M. H.; SHARIFINIA, M.; EMERENCIANO, M. G. C. **Biofloc technology (BFT) in aquaculture: What goes right, what goes wrong? A scientific-based snapshot.** Aquaculture Nutrition, v. 2024, n. 1, 7496572, 2024.

KIM, J.-D.; SHIN, S.-H. **Growth, feed utilization and nutrient retention of juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed moist, semi-moist and extruded diets.** Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, v. 19, n. 5, p. 720-726, 2006.

KOCHI, K.; KOBAYASHI, M.; HIROTAKA, S. **Feeding habits of *Ictalurus punctatus* in the downstream section of Nunome Dam reservoir in Japan.** Landscape and Ecological Engineering, v. 17, n. 4, p. 563-569, 2021.

LI, C. et al. **Integrated application of biofloc technology in aquaculture: a review.** Water, v. 17, n. 14, 2107, 2025.

LIU, Y. et al. **Effects of replacement of dietary fishmeal by cottonseed protein concentrate on growth performance, liver health, and intestinal histology of largemouth bass (*Micropterus salmoides*)**. *Frontiers in Physiology*, v. 12, 764987, 2021.

MAHANAND, Sudhansu Shekhar; MOULICK, Sanjib; RAO, P. Srinivasa. **Water quality and growth of Rohu, *Labeo rohita*, in a biofloc system**. *Journal of Applied Aquaculture*, v. 25, n. 2, p. 121-131, 2013.

MAJLUF, P. et al. **A review of the global use of fishmeal and fish oil and the Fish In: Fish Out metric**. *Science Advances*, v. 10, n. 42, 2024.

MALPARTIDA PASCO, J. J. et al. **Production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* grown in BFT using two aeration systems**. *Aquaculture Research*, v. 49, n. 1, p. 222-231, 2018.

MEGAHED, M. E.; MOHAMED, K. **Sustainable growth of shrimp aquaculture through biofloc production as alternative to fishmeal in shrimp feeds**. *Journal of Agricultural Science*, v. 6, n. 6, p. 176, 2014.

MEJÍA MOJICA, H.; PAREDES LIRA, M. E.; BELTRÁN LÓPEZ, R. G. **Primer registro y establecimiento del bagre de canal *Ictalurus punctatus* (Siluriformes: Ictaluridae) en un tributario del Río Balsas, México**. *Hidrobiológica*, v. 23, n. 3, p. 456-459, 2013.

OTT, B. D.; TORRANS, E. L.; TUCKER, C. S. **Fish production, water quality, and the role of nitrification as an ammonia removal process in intensively aerated hybrid catfish ponds**. *Journal of the World Aquaculture Society*, v. 55, n. 6, e13094, 2024.

PÉREZ ROSTRO, C. I.; GALLARDO COLLÍ, A.; HERNÁNDEZ VERGARA, M. P. **Partial substitution of fish meal by biofloc meal in diets for Nile tilapia *Oreochromis niloticus***. *Latin American Journal of Aquatic Research*, v. 52, n. 2, p. 289-297, 2024.

PRABU, E. et al. **Effect of dietary supplementation of biofloc meal on growth and survival of GIFT tilapia**. Indian Journal of Fisheries, v. 65, n. 1, p. 65-70, 2018.

PRATIWY, F. M.; TRIYANI, D. A. **Replacement of fish meal with fermented soybean meal in fish feed: a review**. Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research, v. 20, n. 6, p. 71-77, 2022.

RAY, Andrew J. et al. **Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems**. Aquaculture, v. 299, n. 1-4, p. 89-98, 2010.

RAZA, Bilal; ZHENG, Zhongming; YANG, Wen. **A review on biofloc system technology, history, types, and future economical perceptions in aquaculture**. Animals, v. 14, n. 10, p. 1489, 2024.

ROBLES-PORCHAS, G. R. et al. **The nitrification process for nitrogen removal in biofloc system aquaculture**. Reviews in Aquaculture, v. 12, n. 4, p. 2228-2249, 2020.

SAMADDAR, A. **A review of fish meal replacement with fermented biodegradable organic wastes in aquaculture**. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, v. 6, n. 6, p. 203-208, 2018.

SERRA, V. et al. **Alternative protein sources in aquafeed: Current scenario and future perspectives**. Veterinary and Animal Science, v. 25, 100381, 2024.

SUNDE, J. et al. **Effect of fish feed processing conditions on digestive protease activities, free amino acid pools, feed conversion efficiency and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*)**. Aquaculture Nutrition, v. 10, n. 4, p. 261-277, 2004.

SZCZEPAŃSKI, A. et al. **Lupin: A promising alternative protein source for aquaculture feeds?**. Aquaculture Reports, v. 26, 101281, 2022.

TRIOLA, M. F. et al. **Elementary statistics**. 10. ed. Boston: Pearson/Addison-Wesley, 2006.

USDA. **Oilseeds: world markets and trade**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, 2026. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>.

VALENTI, Wagner C. et al. **Aquaculture in Brazil: past, present and future**. Aquaculture Reports, v. 19, 100611, 2021.

WAGNER C. VALENTI; HELENICE P. BARROS; PATRICIA MORAES-VALENTI; GUILHERME W. BUENO; RONALDO O. CAVALLI. **Aquaculture in Brazil: past, present and future**. Aquaculture Reports, v. 19, 100611, 2021.

XIAO, R. et al. **A review on the research status and development trend of equipment in water treatment processes of recirculating aquaculture systems**. Reviews in Aquaculture, v. 11, n. 3, p. 863-895, 2019.

XU, W. J.; PAN, L. Q. **Enhancement of immune response and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei* juvenile in biofloc-based culture tanks manipulating high C/N ratio of feed input**. Aquaculture, v. 412, p. 117-124, 2013.

YAMAMOTO, T.; IWASHITA, Y.; MATSUNARI, H.; SUGITA, T.; FURUITA, H.; AKIMOTO, A.; OKUMA, Y.; SUZUKI, N. **Influence of fermentation conditions for soybean meal in a non-fish meal diet on the growth performance and physiological condition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss***. Aquaculture, v. 309, n. 1-4, p. 173-180, 2010.

ZHANG, Q.; GUO, M.; LI, F.; QIN, M.; YANG, Q.; YU, H.; TONG, T. **Evaluation of fermented soybean meal to replace a portion fish meal on growth performance, antioxidant capacity, immunity, and mTOR signaling pathway of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)**. Aquaculture Nutrition, v. 2023, n. 1, 2558173, 2023.



Assinaturas do documento



Código para verificação: **3P0OS9H8**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:



THIAGO EL HADI PEREZ FABREGAT (CPF: 224.XXX.108-XX) em 06/04/2026 às 14:21:47

Emitido por: "SGP-e", emitido em 30/03/2018 - 12:34:16 e válido até 30/03/2118 - 12:34:16.

(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTlwMjJfMDAwMTlxNjBfMTlxNjJfMjAyNI8zUDBPUzIIOA==> ou o site

<https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo> e informe o processo **UDESC 00012160/2026** e o código **3P0OS9H8** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.