RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 13/01/2026 | aceito: 15/01/2026 | publicação: 18/01/2026

Engenharia de sistemas de bioflocos (BFT), aquicultura sustentável e biosegurança no cultivo de camarões marinhos

Biofloc technology (BFT) systems engineering, sustainable aquaculture, and biosecurity in marine shrimp farming

Ingeniería de sistemas bioflocos (BFT), acuicultura sostenible y bioseguridad en la cría de camarones marinos

Luciano Wilson Cabral
Tecnólogo em Aquicultura pelo Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), com aperfeiçoamento em navegação e convés pela Autoridade Marítima Brasileira (Delegacia da Capitania dos Portos de Itajaí/SC) e capacitação teórico-prática em cultivo em Sistemas de Bioflocos (BFT) pela Estação Marinha de Aquacultura da Universidade Federal do Rio Grande (EMA/FURG).

Resumo: Este artigo analisa os fundamentos tecnológicos, a dinâmica da qualidade da água e a engenharia de processos aplicados ao cultivo de camarões marinhos (*Litopenaeus vannamei*) em Sistemas de Bioflocos (*Biofloc Technology* - BFT). Com base na literatura de engenharia de aquicultura, microbiologia aplicada e oceanografia biológica, o estudo investiga a manipulação da razão carbono: nitrogênio (C:N) para o desenvolvimento de comunidades microbianas heterotróficas e autotróficas. Discute-se a otimização de sistemas de aeração intensiva, o controle de resíduos nitrogenados tóxicos e os protocolos de biossegurança necessários para o alcance de alta produtividade e sustentabilidade ambiental.
Palavras-chave: Tecnologia de Bioflocos. Aquicultura sustentável. Carcinicultura. Razão Carbono-Nitrogênio. Qualidade da água.

Abstract: This article analyzes the technological foundations, water quality dynamics, and process engineering applied to marine shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming in Biofloc Technology (BFT) systems. Grounded in aquaculture engineering, applied microbiology, and biological oceanography literature, the study investigates the manipulation of the carbon-to-nitrogen (C: N) ratio to develop heterotrophic and autotrophic microbial communities. It discusses the optimization of intensive aeration systems, the control of toxic nitrogenous wastes, and the biosecurity protocols required to achieve high yield and environmental sustainability.
Keywords: Biofloc Technology. Sustainable aquaculture. Shrimp farming. Carbon-nitrogen ratio. Water quality.

Introdução

A aquicultura mundial está passando por uma importante transição tecnológica impulsionada pela necessidade de aumentar a produção de proteínas aquáticas sem ampliar o uso de terra ou água doce além de evitar a poluição. Segundo Avnimelech (2015) e Hargreaves (2013), os sistemas tradicionais de cultivo aquícola baseados em cultivo extensivo ou semi-intensivo apresentam altas taxas de troca de água, tornando os ambientes suscetíveis a infecções por patógenos externos e geração de efluentes eutrofizados. Assim a emergência dos sistemas intensivos e recirculantes se torna o caminho técnico para maximizar a biossegurança e a eficiência de conversão de ração.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 13/01/2026 | aceito: 15/01/2026 | publicação: 18/01/2026

A Tecnologia de Bioflocos (BFT) se destaca como um paradigma produtivo pelo uso de comunidades microbianas capazes de sequestrar continuamente nutrientes nos tanques de peixes. Ao estimular o crescimento de bactérias heterótrofas através da adição de fontes de carbono orgânica, o sistema de BFT transforma o nitrogênio tóxico proveniente dos organismos em alta qualidade de proteína microbiana. A ausência ou redução drástica da troca de água torna o ambiente livre de doenças virais ou bacterianas devastadoras.

O presente artigo propõe-se a discutir os fundamentos de engenharia e bioprocessos aplicados ao cultivo de camarões marinhos em sistemas de bioflocos, amparando-se em referenciais teóricos e empíricos consolidados na ciência da aquicultura. Por meio da análise sistemática do balanço de massa, controle da relação Carbono: Nitrogênio (C:N), dinâmica de sólidos suspensos e biossegurança operacional, busca-se demonstrar que a precisão no manejo zootécnico e o controle biotecnológico da água são as variáveis determinantes para a viabilidade econômica e ambiental da carcinicultura moderna.

Metodologia

O método utilizado neste estudo se baseia na revisão bibliográfica e na análise de modelos descritivos de aquicultura e microbiologia aquática estruturados por Timmons & Ebeling (2013) para os desenhos de sistemas de aquicultura intensivos e recirculantes. Os dados serão coletados a partir de manuais da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) e da literatura científica sobre a aquicultura de camarões marinhos.

A análise contempla parâmetros físico-químicos e biológicos da água de cultivo, tais como Oxigênio Dissolvido (OD), potencial Hidrogeniônico (pH), Alcalinidade total, Nitrogênio Amoniacal Total (NAT), Nitrito ($NO2^-$), Nitrato ($NO3^-$), Sólidos Suspensos Totais (SST) e o volume de bioflocos settling em cone Imhoff (SVI). Tais variáveis foram correlacionadas com arcabouços teóricos desenvolvidos por autores como Boyd (1998) e Wasielesky et al. (2006), que investigam a química do solo e da água em aquicultura e a aplicação do BFT para camarões marinhos.

Além disso, o estudo abordará a eficiência energética dos sistemas de aerificação e o impacto da introdução de fontes externas de carbono (como açúcar de cana, farelo de arroz e dextrose). Será estudado o papel da agregação microbiana na nutrição complementar de camarões marinhos (Litopenaeus vannamei) que, através da ingestão contínua de bioflocos, minimiza o índice de conversão de alimentação (FCR) e a dependência de dietas comerciais de alta proteína.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 13/01/2026 | aceito: 15/01/2026 | publicação: 18/01/2026

Capítulo 1: Dinâmica Microbiológica e Manipulação da Razão Carbono: Nitrogênio (C:N)

A estabilidade e a funcionalidade de um sistema BFT dependerão da adequada gestão da dinâmica microbiana no ambiente aquático. De acordo com Avnimelech (2015), o princípio fundamental do sistema BFT é a dominação de bactérias heterótrofas sobre as algas e bactérias nitrificadoras. A assimilação de amônia por heterotróficas é muito mais rápida do que o processo convencional de nitrificação, proporcionando a eliminação do nitrogênio tóxico em poucas horas.

A manipulação do teor de carbono ao nitrogênio é o gatilho operacional para induzir o processo heterotrófico. Como mencionado acima, a ração comercial para camarões possui baixo teor de C:N (9:1 a 10:1) e a consequente produção de amônia na água após a digestão e excreção do nitrogênio. Para estimular a eliminação de amônia pelas bactérias heterótrofas e a produção de nova massa microbiana, deve-se aumentar a razão C:N da água através do cálculo exato da introdução de fontes de carbono solúveis.

A formação dos agregados de bioflocos resulta da interação entre bactérias, microalgas, protozoários, rotíferos, nematoides e matéria orgânica em suspensão, mantidos agregados por polímeros extracelulares produzidos pelos próprios micro-organismos. Esses grumos de bioflocos, variando de 0,1 a 2,0 milímetros de diâmetro, funcionam como partículas nutricionais flutuantes ricas em proteína bruta, lipídios, minerais e vitaminas. O camarão marinho, por ser um organismo filtrador e detritívoro, consome ativamente esses flocos ao longo de todo o dia.

O controle da alcalinidade total e do pH é uma exigência crítica durante a estequiometria do BFT. O processo de assimilação heterotrófica e, posteriormente, o processo de nitrificação consomem grandes quantidades de íons carbonato e bicarbonato da água, provocando a queda da alcalinidade e o rebaixamento do pH. A correção contínua do meio com a adição de bicarbonato de sódio ou hidróxido de cálcio mantém a alcalinidade acima de 120 miligramas de $CaCO_3$ por litro, garantindo a estabilidade do sistema tampão e a integridade fisiológica dos animais.

Conclui-se que o domínio do balanço carbono: Nitrogênio é a espinha dorsal do cultivo BFT. A transformação biotecnológica dos resíduos metabólicos em bioflocos comestíveis converte um efluente tóxico em alimento natural, otimizando a eficiência do cultivo e reduzindo o impacto ambiental da carcinicultura.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

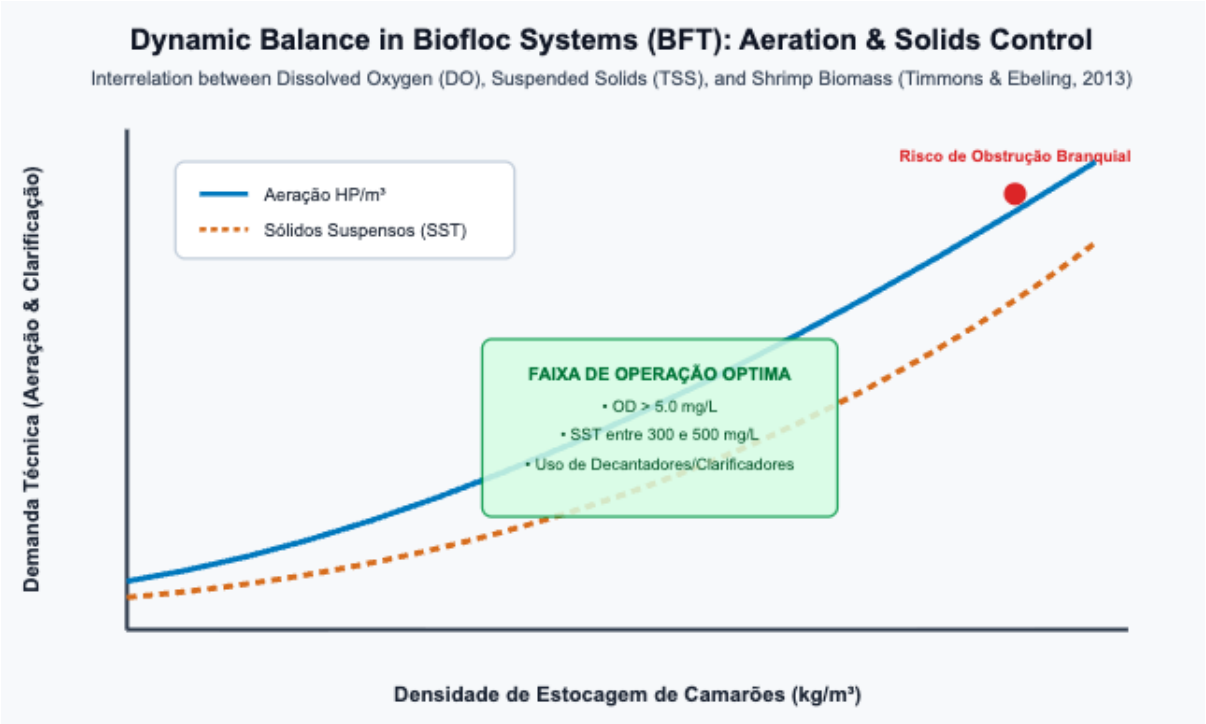
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 13/01/2026 | aceito: 15/01/2026 | publicação: 18/01/2026

Capítulo 2: Engenharia de Aeração Intensiva, Dimensionamento do Fluxo e Gestão de Sólidos

A manutenção de um sistema de bioflocos exige uma infraestrutura de aeração e circulação de água dimensionada com rigor de engenharia. Conforme salientam Timmons e Ebeling (2013), a biomassa totalmente presente em um tanque BFT não se limita aos camarões cultivados, mas abrange bilhões de micro-organismos respiradores por metro cúbico de água. A demanda bacteriana por oxigênio dissolvido frequentemente supera a própria taxa de respiração dos organismos aquícolas, tornando qualquer falha no sistema de aeração um risco letal e imediato. O dimensionamento do sistema de aeração deve atender a duas funções essenciais simultâneas: fornecer oxigênio suficiente para manter os níveis de OD acima de 5,0 miligramas por litro e gerar energia de mistura capaz de manter a totalidade dos sólidos orgânicos e inorgânicos em suspensão contínua. O surgimento de zonas mortas de deposição no fundo do tanque leva à anaerobiose, gerando focos de fermentação metanogênica e acúmulo de gás sulfídrico (H2S), composto extremamente tóxico para os camarões.

A utilização combinada de sopradores de ar (*blowers*) acoplados a mangueiras microperfuradas no fundo e aeradores de pá ou injetores *Venturi* na superfície cria um padrão de fluxo tridimensional contínuo. A velocidade de circulação da água no fundo do tanque deve ser mantida entre 15 e 20 centímetros por segundo para impedir a decantação dos flocos.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 13/01/2026 | aceito: 15/01/2026 | publicação: 18/01/2026

Figura 1: Relação entre a Densidade de Cultivo, Demanda de Aeração e a Acomodação de Sólidos em Sistemas BFT.Fonte: Adaptado de Timmons e Ebeling (2013) e Avnimelech (2015).

A gestão do acúmulo de Sólidos Suspensos Totais (SST) representa um dos pontos mais sensíveis da operação. Embora os bioflocos sejam benéficos, concentrações excessivas de SST (superiores a 500 miligramas por litro) obstruem o aparelho branquial dos camarões, induzindo estresse asfíxico, redução no ganho de peso e mortalidade. Para manter os SST na faixa ideal de 300 a 400 miligramas por litro, utiliza-se a instalação de decantadores externos (*clarifiers*) ou tanques de sedimentação acoplados, que removem o excesso de lodo por gravidade.

A manutenção contínua da qualidade da água e o controle estrito do volume de flocos garantem um ambiente saudável para o rápido desenvolvimento do camarão marinho. O correto dimensionamento dos motores e o uso de variadores de frequência ajustam o consumo de energia da propriedade, assegurando a sustentabilidade econômica do cultivo.

Por fim, a automação do monitoramento de oxigênio por meio de sondas ópticas conectadas a geradores de emergência previne mortandades catastróficas por falta de energia. A redundância nos sistemas de aeração e o manejo rigoroso de sólidos constituem a garantia de segurança operacional para empreendimentos aquícolas intensivos.

Capítulo 3: Protocolos de Biossegurança, Sanidade e Mitigação de Enfermidades Virais e Bacterianas

A biossegurança é o conjunto de medidas operacionais e estruturais voltadas para impedir a introdução e a disseminação de agentes patogênicos no cultivo aquícola. Segundo Lightner (2011), as enfermidades virais (como o vírus da síndrome da mancha branca - WSSV) e as bacteriose infecciosas (como a necrose hepatopancreática aguda - AHPND/EMS causada por cepas de *Vibrio parahaemolyticus*) destruíram cadeias produtivas globais, exigindo a transição para sistemas de cultivo fechados e biosseguros.

A arquitetura do sistema BFT é intrinsecamente biossegura devido à ausência de trocas de água com o ambiente externo durante todo o ciclo de cultivo. A captação de água de abastecimento é realizada com antecedência, passando por processos rigorosos de desinfecção por cloração, desativação por bissulfito de sódio ou tratamento por radiação ultravioleta (UV) e ozônio antes do povoamento. Essa desinfecção prévia elimina vetores silvestres de doenças, como crustáceos e peixes invasores.

A exclusão física de vetores externos exige a cobertura total das estufas e tanques com telas

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 13/01/2026 | aceito: 15/01/2026 | publicação: 18/01/2026

antipássaros e barreiras anticaranguejos nas margens da propriedade. A desinfecção obrigatória de calçados, veículos e equipamentos de manejo na entrada da área de cultivo previne a contaminação cruzada entre diferentes módulos de produção. A utilização de pós-larvas certificadas como Livres de Patógenos Específicos (SPF - *Specific Pathogen Free*) garante que o lote inicial esteja isento de vírus e bactérias sistêmicas.

A imunomodulação natural proporcionada pelo consumo de bioflocos atua como uma barreira de proteção biológica no intestino do camarão. A diversidade de microrganismos presentes nos bioflocos e a presença de compostos bioativos (como beta-glucanas, polissacarídeos e ácidos graxos poli-insaturados) estimulam o sistema imunológico inato do crustáceo. Além disso, a competição por espaço e nutrientes promovida pela alta densidade de bactérias heterotróficas inibe o crescimento de bactérias patogênicas do gênero *Vibrio* pelo fenômeno da exclusão competitiva.

Portanto, a biossegurança em sistemas BFT combina o isolamento físico contra patógenos com o fortalecimento sanitário imunológico dos animais. A rígida aplicação dos protocolos sanitários assegura a previsibilidade das safras, reduz o risco de perdas epidêmicas e consolida a sustentabilidade do investimento aquícola.

Capítulo 4: Modelagem de Custos Operacionais, Viabilidade Financeira e Análise de Risco no BFT

A viabilidade financeira e a rentabilidade de um empreendimento aquícola de alta tecnologia dependem do controle rigoroso da estrutura de custos operacionais e do planejamento de capital. De acordo com Shang (1990), a economia da aquicultura intensiva caracteriza-se por custos fixos e de capital (*CAPEX*) significativamente superiores aos dos sistemas tradicionais, exigindo alta produtividade por metro cúbico para diluir a depreciação de infraestrutura, motores e sistemas de automação.

A matriz de custos operacionais (*OPEX*) em sistemas BFT é dominada pelos gastos com energia elétrica para aeração contínua, ração comercial e insumos de correção de água (fontes de carbono, calcário e bicarbonato). Embora a energia elétrica represente um custo fixo relevante, o uso do BFT proporciona economia substancial com alimentação, uma vez que a conversão alimentar pode ser reduzida de 1,6:1 (nos sistemas tradicionais) para patamares de 1,0:1 a 1,2:1, graças ao consumo de biomassa microbiana pelos camarões.

A modelagem do Custo Total de Produção por quilo de camarão despescado resulta da soma dos custos de pós-larvas, ração comercial, insumos de carbono, energia elétrica, mão de obra

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 13/01/2026 | aceito: 15/01/2026 | publicação: 18/01/2026

especializada, manutenção de equipamentos e custos administrativos e de licenciamento ambiental. O ponto de equilíbrio financeiro (*break-even point*) do cultivo exige atingir produtividades mínimas de 3 a 5 quilos de camarão por metro cúbico por ciclo para superar os custos de aeração e depreciação.

A análise de risco e sensibilidade financeira deve projetar cenários de oscilação do preço de venda do camarão no mercado consumidor, variações nas tarifas de energia elétrica e aumentos no preço dos ingredientes da ração (como farelo de soja e farinha de peixe). A capacidade do BFT de realizar múltiplos ciclos anuais em estufas agrícolas cobertas protege o produtor contra intempéries climáticas e sazonalidade de preços, garantindo receitas recorrentes ao longo de todo o ano.

Conclui-se que a viabilidade econômica do BFT se fundamenta na alta eficiência biológica do sistema. A diluição dos custos fixos pela alta produtividade por área e a otimização do fator de conversão alimentar asseguram margens financeiras atrativas para o investidor, transformando a aquicultura intensiva em um negócio altamente rentável.

Capítulo 5: Riscos de Operação, Limitações Tecnológicas e Pontos Críticos de Falha

Apesar das elevadas taxas de produtividade oferecidas pela Tecnologia de Bioflocos, a operação de sistemas BFT apresenta riscos técnicos e vulnerabilidades que exigem monitoramento ininterrupto e alta capacidade de resposta das equipes de manejo. Conforme adverte Hargreaves (2013), o cultivo em bioflocos é um sistema de "fio da navalha", onde pequenos desvios nos parâmetros de qualidade da água podem evoluir rapidamente para o colapso do ecossistema do tanque e a perda total do lote.

O risco de colapso do biofloco (*floc crash*) é a principal ameaça à estabilidade do sistema. A queda súbita da comunidade microbiana pode ser desencadeada por falhas na adição de carbono orgânico, variações extremas de radiação solar em tanques abertos ou pelo uso inadequado de quimioterápicos e bactericidas. O colapso dos flocos provoca a liberação maciça de amônia e nitrito na água, acompanhada pelo consumo descontrolado de oxigênio pela decomposição da matéria orgânica morta.

A dependência crítica da energia elétrica torna o sistema extremamente vulnerável a interrupções no fornecimento da rede pública. A paralisação da aeração por períodos superiores a quinze ou trinta minutos em tanques com alta densidade de estocagem resulta em anóxia severa e morte em massa por asfixia. A implementação de geradores automatizados de acionamento imediato (*nobreaks* e grupos geradores a diesel) é um requisito obrigatório de

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 13/01/2026 | aceito: 15/01/2026 | publicação: 18/01/2026

infraestrutura para mitigar esse risco fatal.

A acumulação de nitrito (NO_2^-) durante a fase de transição entre o domínio heterotrófico e o estabelecimento das bactérias nitrificantes dos gêneros *Nitrospira* e *Nitrobacter* representa outro gargalo crítico de manejo. O nitrito oxida a hemocianina no sangue do camarão, impedindo o transporte eficiente de oxigênio para os tecidos. O controle desse risco exige o acompanhamento diário dos níveis de nitrito e a adição de cloreto de sódio (sal comum) para manter a razão cloreto: Nitrito acima de 10:1, protegendo os animais contra a toxicidade do íon. Portanto, a identificação dos pontos críticos de falha e a capacitação contínua da equipe operacional são indispensáveis para o sucesso no BFT. O rigor nos testes físico-químicos diários e a manutenção de planos de contingência técnica garantem a estabilidade do cultivo e protegem o patrimônio do empreendimento.

Capítulo 6: Sustentabilidade Ambiental, Licenciamento e o Futuro da Carcinicultura Intensiva

A incorporação dos princípios de responsabilidade ambiental e economia circular na aquicultura tornou-se um requisito indispensável para a obtenção de licenças ambientais e acesso a mercados consumidores qualificados. De acordo com Boyd (1998), a carcinicultura tradicional enfrentou severas restrições legais devido à conversão de áreas de manguezal em viveiros e ao descarte de efluentes ricos em nutrientes em estuários e águas costeiras. O BFT surge como a tecnologia de resposta para zerar esses impactos ecológicos.

A pegada hídrica de um sistema BFT é drasticamente inferior à da aquicultura tradicional. Enquanto cultivos convencionais consomem dezenas de milhares de litros de água por quilo de camarão produzido devido às trocas diárias de água, a tecnologia de bioflocos consome apenas a quantidade necessária para repor as perdas por evaporação. A conservação dos recursos hídricos permite a instalação de fazendas aquícolas em áreas distantes da costa, utilizando águas subterrâneas salobras e protegendo os ecossistemas costeiros e manguezais.

O tratamento e a reutilização do lodo descartado dos decantadores alinham o BFT aos preceitos da economia circular. O excesso de bioflocos retirado do sistema pode ser processado e utilizado como ingrediente proteico em rações para outras espécies aquáticas ou convertido em fertilizantes orgânicos de altíssima qualidade para a agricultura terrestre. Essa integração entre aquicultura e agricultura elimina o descarte de resíduos e gera novas fontes de receita para a propriedade.

As exigências de rastreabilidade e certificação internacional de sustentabilidade (como as

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 13/01/2026 | aceito: 15/01/2026 | publicação: 18/01/2026

normas do *Aquaculture Stewardship Council* - ASC e *Best Aquaculture Practices* - BAP) valorizam o camarão produzido em sistemas BFT. A garantia de um produto livre de resíduos de antibióticos, cultivado de forma biossegura e sem impacto em áreas de preservação atrai consumidores exigentes dispostos a pagar um preço superior (*premium price*) pela proteína sustentável.

Conclui-se que a Tecnologia de Bioflocos representa o futuro da carcinicultura sustentável mundial. A combinação entre eficiência no uso da água, proteção ambiental, biossegurança e viabilidade econômica posiciona o BFT como a tecnologia-chave para alimentar a população global com proteína de excelente qualidade e pegada ecológica mínima.

Considerações Finais

A investigação desenvolvida ao longo deste artigo evidencia que a aplicação da Tecnologia de Bioflocos (BFT) na carcinicultura marinha é uma das inovações mais promissoras para o alcance de uma aquicultura sustentável, biossegura e de alta produtividade. A pesquisa demonstra que a manipulação rigorosa da razão carbono: nitrogênio (C:N) permite transformar o nitrogênio excretado pelos animais em biomassa microbiana rica em proteínas, promovendo a reciclagem de nutrientes e a purificação da água no próprio ambiente de cultivo.

O estudo comprova que a engenharia de aeração e o manejo de sólidos suspensos são os pilares operacionais que sustentam a alta densidade de cultivo no BFT. O dimensionamento correto de sopradores, o uso de decantadores externos e o monitoramento contínuo do oxigênio dissolvido garantem a manutenção de um ambiente saudável para os camarões e para as comunidades microbianas benéficas, prevenindo mortandades por anoxia ou estresse branquial.

A biossegurança intrínseca do BFT revela-se como uma vantagem estratégica decisiva frente aos desafios sanitários globais da carcinicultura. A redução a zero das trocas de água, combinada à competição biológica exercida pelas bactérias heterotróficas contra microrganismos patogênicos do gênero *Vibrio*, blinda os cultivos contra epidemias virais e bacterianas, garantindo a previsibilidade e a sanidade das safras.

A análise quantitativa de custos operacionais e viabilidade financeira confirma que a redução no Fator de Conversão Alimentar (FCA) e a alta produtividade por metro cúbico compensam os investimentos iniciais em infraestrutura e energia elétrica. A diluição dos custos fixos pela alta produtividade e a possibilidade de realizar múltiplos ciclos anuais em estufas cobertas asseguram margens financeiras sólidas e retorno atrativo para o produtor.

Além disso, a aderência dos sistemas BFT às exigências de sustentabilidade ambiental e

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 13/01/2026 | aceito: 15/01/2026 | publicação: 18/01/2026

certificações internacionais de mercado consolida a tecnologia como um modelo definitivo para o futuro da aquicultura. O consumo mínimo de água, a proteção de ecossistemas costeiros e a possibilidade de reaproveitar o lodo orgânico como biofertilizante integram a produção de alimentos à economia circular.

Diante do crescimento da demanda mundial por alimentos saudáveis e das crescentes restrições ao uso de recursos naturais, a profissionalização e a industrialização da aquicultura intensiva deixam de ser uma opção para se tornarem um imperativo global.

Conclui-se que o rigor técnico, o domínio da biotecnologia aquática e o compromisso com a sustentabilidade são as forças que impulsionam a modernização da carcinicultura. O investimento contínuo na formação de profissionais, na otimização de processos e na inovação biotecnológica assegura o sucesso dos negócios aquícolas, protege o meio ambiente e garante o suprimento de proteína de alta qualidade para as futuras gerações.

Referências

- AVNIMELECH, Y. *Biofloc Technology: A Practical Guide Book*. 3. ed. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 2015.
- BOYD, C. E. *Water Quality for Pond Aquaculture*. 1. ed. Auburn: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, 1998.
- HARGREAVES, J. A. *Biofloc Production Systems for Aquaculture*. SRAC Publication No. 4503. Stoneville: Southern Regional Aquaculture Center, 2013.
- LIGHTNER, D. V. Virus Diseases of Farmed Shrimp in the Americas: A Review. *Journal of Invertebrate Pathology*, v. 106, n. 1, p. 110-130, 2011.
- SHANG, Y. C. *Aquaculture Economic Analysis: An Introduction*. 1. ed. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 1990.
- TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M. *Recirculating Aquaculture*. 3. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013.
- WASIELESKY, W. et al. Effect of Natural Production in a Biofloc System on the Growth of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, v. 258, n. 1-4, p. 396-403, 2006.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.