

Elias Fernandes de Medeiros Junior
Fabrício Nilo da Silva
(Orgs.)

AQUICULTURA E SEGURANÇA ALIMENTAR

O DESAFIO NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS SUSTENTÁVEIS



científica digital



EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA

Guarujá - São Paulo - Brasil
www.cientificadigital.org - contato@cientificadigital.org

Diagramação e Arte	Edição © 2025 Editora Científica Digital
Equipe Editorial	Texto © 2025 Os Autores
Imagens da Capa	1ª Edição - 2025
Adobe Stock - 2025	Acesso Livre - Open Access

© COPYRIGHT - TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. A editora detém os direitos autorais sobre a edição e o projeto gráfico, enquanto os autores mantêm os direitos autorais de seus respectivos textos. Esta obra está licenciada sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, permitindo o download e compartilhamento integral ou parcial, desde que a fonte seja devidamente citada e os créditos atribuídos aos autores. É obrigatório que a obra permaneça em formato de Acesso Livre (Open Access), sem qualquer alteração. A catalogação em plataformas de acesso restrito ou com fins comerciais é estritamente proibida.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A656 Aquicultura e segurança alimentar: o desafio na produção de alimentos sustentáveis
/ Organização de Elias Fernandes de Medeiros Junior, Fabrício Nilo da Silva. – Guarujá-
SP: Científica Digital, 2025.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui Bibliografia
ISBN 978-65-5360-936-5
DOI 10.37885/978-65-5360-936-5

1. Aquicultura. I. Medeiros Junior, Elias Fernandes de (Organizador). II. Silva, Fabrício Nilo da (Organizador). III. Título.

CDD 639.3

Elaborado por Janaína Ramos – CRB-8/9166

Índice para catálogo sistemático:

I. Aquicultura

E-BOOK
ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2025

Elias Fernandes de Medeiros Junior
Fabrício Nilo da Silva
(Orgs.)

Aquicultura e Segurança Alimentar: o desafio na produção de alimentos sustentáveis

1ª EDIÇÃO



científica digital

2025 - GUARUJÁ - SP

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho
Prof. Dr. Antônio Marcos Mota Miranda
Prof^a. Ma. Auristela Correa Castro
Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro
Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke
Prof^a. Dra. Caroline Nóbrega de Almeida
Prof^a. Dra. Clara Mockdece Neves
Prof^a. Dra. Claudia Maria Rinhel-Silva
Prof^a. Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco
Prof. Dr. Cristiano Marins
Prof^a. Dra. Cristina Berger Fadel
Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr
Prof. Dr. Diogo da Silva Cardoso
Prof. Dr. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes
Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves
Prof^a. Dra. Fernanda Rezende
Prof. Dr. Flávio Aparecido de Almeida
Prof^a. Dra. Francine Náthalie Ferraresi Queluz
Prof^a. Dra. Geuciane Felipe Guerim Fernandes
Prof. Dr. Humberto Costa

Prof. Dr. Joachin Melo Azevedo Neto
Prof. Dr. Jónata Ferreira de Moura
Prof. Dr. José Aderval Aragão
Prof. Me. Julianno Pizzano Ayoub
Prof. Dr. Leonardo Augusto Couto Finelli
Prof. Dr. Luiz Gonzaga Lapa Junior
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva
Prof^a. Dra. Maria Cristina Zago
Prof^a. Dra. Maria Otília Zangão
Prof. Dr. Mário Henrique Gomes
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes
Prof. Dr. Nelson J. Almeida
Prof. Dr. Pedro Afonso Cortez
Prof. Dr. Reinaldo Pacheco dos Santos
Prof. Dr. Rogério de Melo Grillo
Prof^a. Dra. Rosenery Pimentel Nascimento
Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin
Prof. Me. Silvio Almeida Junior
Prof^a. Dra. Thays Zigante Furlan Ribeiro
Prof. Dr. Wescley Viana Evangelista
Prof. Dr. Willian Carboni Viana
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Acesse a lista completa dos Membros do Conselho Editorial em www.editoracientifica.com.br/conselho

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra passaram por avaliação do Conselho Editorial e revisão por pares externos (*Peer Review*), recebendo a devida recomendação para publicação.

Nota: Esta obra é fruto de um processo colaborativo, configurando-se como uma coletânea na qual os direitos autorais permanecem resguardados para os respectivos autores. Alguns capítulos podem ter origem em trabalhos anteriormente apresentados em eventos acadêmicos; no entanto, os autores foram orientados a adotar o devido rigor na prevenção do autoplágio. A responsabilidade pelo conteúdo de cada capítulo, assim como pela originalidade e integridade das informações publicadas, é inteiramente dos respectivos autores e autoras. O conteúdo da obra não reflete, necessariamente, a opinião da editora, dos organizadores ou dos membros do conselho editorial.

APRESENTAÇÃO

Esta obra é fruto de um esforço colaborativo que reuniu professores, estudantes e pesquisadores cujo envolvimento enriqueceu significativamente as discussões neste espaço formativo. Além disso, resulta de iniciativas interinstitucionais e ações voltadas ao incentivo à pesquisa, congregando especialistas de diversas áreas do conhecimento, vinculados a Instituições de Educação Superior, públicas e privadas, em âmbito nacional e internacional.

Seu principal objetivo é fortalecer a integração entre instituições, tanto no Brasil quanto no exterior, por meio de redes de pesquisa comprometidas com a formação continuada de profissionais da educação. Para isso, busca-se a produção e a ampla disseminação do conhecimento em distintas áreas do saber.

Expressamos nossa profunda gratidão aos autores pelo empenho, comprometimento e dedicação na concepção e finalização desta obra. Esperamos que ela se consolide como um recurso didático-pedagógico valioso, atendendo às necessidades de estudantes, docentes de todos os níveis de ensino e demais interessados na temática.

Elias Fernandes de Medeiros Junior
Fabício Nilo da Silva

SUMÁRIO

Capítulo 01

ABORDAGENS INOVADORAS PARA MINIMIZAR IMPACTOS AMBIENTAIS E PROMOVER PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NO CULTIVO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS

Edison Barbieri; Marcelo Barbosa Henriques

 10.37885/250218792 8

Capítulo 02

CULTIVO DO CAMARÃO MARINHO *PENAEUS VANNAMEI* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS COM ADIÇÃO DE NITRITO DE SÓDIO

Bruna Larissa Ferreira de Carvalho; Fabiana Penalva de Melo; João Paulo Viana de Lima; Maria Gabriela Padilha Ferreira; Eudes de Souza Correia

 10.37885/250319064 22

Capítulo 03

DOENÇAS NA PISCICULTURA COMO AMEAÇA À SEGURANÇA ALIMENTAR

Carlos Alberto Machado da Rocha; João Daniel Ferraz Santos; Lorena Araújo da Cunha; Maria Vera Lúcia Ferreira de Araújo; Rayette Souza da Silva

 10.37885/250319090 40

Capítulo 04

DOENÇAS TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS ASSOCIADOS AO PESCADO E DERIVADOS NO BRASIL: UMA REVISÃO

Maria Elena Gomes Santos; Juliette de Fátima Xavier da Silva; Ana Paula de Almeida Portela da Silva

 10.37885/250319057 66

Capítulo 05

INOVAÇÕES NA AQUICULTURA: O POTENCIAL DAS NANOPARTÍCULAS PARA A SUSTENTABILIDADE

Edison Barbieri

 10.37885/250118625 85

Capítulo 06

MANEJO DE REPRODUTORES, JUVENIS E LARVICULTURA DE TILÁPIA DO NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA

Maria Elieusa Costa Vieira; Luan Patrick Moura de Sousa; Charles Samuel Moraes Ferreira; Eduardo Sousa Varela; Ivana Barbosa Veneza

 10.37885/250319052 99

Capítulo 07

MANEJO DE TAMBAQUI (*COLOSSOMA MACROPOMUM*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA: REPRODUÇÃO, LARVICULTURA E MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Luan Patrick Moura de Sousa; Maria Elieusa Costa Vieira; Charles Samuel Moraes Ferreira; Eduardo Sousa Varela; Ivana Barbosa Veneza

 10.37885/250319067 119

Capítulo 08

SUSTENTABILIDADE MARINHA: O PAPEL DA *KAPPAPHYCUS ALVAREZII* NA ECONOMIA AZUL

Valéria Cress Gelli; Edison Barbieri

 10.37885/250318986 140

SOBRE OS ORGANIZADORES 158

ÍNDICE REMISSIVO 159

ABORDAGENS INOVADORAS PARA MINIMIZAR IMPACTOS AMBIENTAIS E PROMOVER PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NO CULTIVO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS

Edison Barbieri
Instituto de Pesca - SP

Marcelo Barbosa Henriques
Instituto de Pesca - SP

RESUMO

A aquicultura é uma solução chave para atender à crescente demanda por alimentos de origem aquática, mas enfrenta desafios ambientais e de eficiência. Nesse contexto, a aquaponia surge como uma abordagem sustentável, integrando a criação de peixes e o cultivo de plantas em sistemas fechados que reutilizam água e nutrientes. Essa tecnologia promove economia hídrica, reduz a poluição ambiental e oferece alimentos livres de insumos químicos, atendendo às metas globais de sustentabilidade. Além dos benefícios ambientais, a aquaponia tem potencial para diversificar rendas, especialmente para pequenos produtores, oferecendo produtos como vegetais orgânicos e iscas vivas para pesca esportiva. No entanto, sua adoção em larga escala no Brasil é limitada por barreiras econômicas, falta de conhecimento técnico e ausência de políticas públicas específicas. A produção de lambaris (*Astyanax* spp.), como iscas vivas e alimento, exemplifica um modelo sustentável. Essa prática reduz a pressão sobre populações naturais, minimiza impactos ambientais e promove inclusão social, sendo relevante para pequenos produtores. A integração com sistemas de aquaponia amplia sua viabilidade econômica e ambiental. Avanços na hidroponia, parte essencial da aquaponia, incluem tecnologias como sensores de monitoramento e iluminação LED, otimizando o uso de recursos e adaptando os sistemas para ambientes urbanos. Essas inovações aumentam a eficiência produtiva e tornam o modelo atrativo para mercados focados em sustentabilidade. Para expandir a aquaponia, são essenciais investimentos em pesquisa, capacitação técnica e incentivos públicos, consolidando-a como alternativa estratégica para a aquicultura e agricultura sustentáveis.

Palavras-chave: aquicultura; aquaponia; inovação; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A aquicultura tem se consolidado como uma das principais soluções para atender à crescente demanda global por alimentos de origem aquática, impulsionada pelo crescimento populacional e pela necessidade de diversificação das fontes proteicas. Entretanto, o setor enfrenta desafios significativos relacionados à sustentabilidade ambiental, à eficiência no uso dos recursos naturais e à mitigação de seus impactos ecológicos. Nesse contexto, a integração de tecnologias inovadoras e sustentáveis, como a aquaponia, emerge como uma abordagem promissora, unindo a criação de peixes e o cultivo de plantas em um sistema fechado e sinérgico.

A aquaponia se destaca pela capacidade de reutilizar a água, aproveitando os minerais dissolvidos nos sistemas de criação de peixes para nutrir plantas cultivadas hidroponicamente. Esse processo não apenas promove uma gestão eficiente dos recursos hídricos, mas também transforma resíduos potencialmente poluentes em insumos valiosos para a agricultura, fechando o ciclo de nutrientes e minimizando os impactos ambientais (Krastanova *et al.*, 2022). Essa característica torna a aquaponia uma solução estratégica frente à crescente escassez de água e à degradação dos ecossistemas aquáticos causada por práticas agrícolas e de piscicultura convencionais. A adoção da aquaponia tem sido amplamente reconhecida como uma ferramenta eficaz para aumentar a produtividade agrícola de forma sustentável. A integração de culturas agrícolas em sistemas de recirculação reduz significativamente o desperdício de recursos, além de minimizar a liberação de nutrientes e outros compostos químicos no ambiente (Greenfeld *et al.*, 2023). Estudos mostram que a aquaponia pode reduzir em até 90% o consumo de água em comparação com sistemas tradicionais, como a piscicultura em tanques escavados, apresentando-se como uma alternativa viável em regiões onde a disponibilidade de água é um fator limitante (Carneiro *et al.*, 2015). Além da economia hídrica, a aquaponia promove a produção de alimentos de alta qualidade, livres de pesticidas, antibióticos e fertilizantes químicos, contribuindo para a saúde do consumidor e reduzindo a dependência de insumos sintéticos (Barbieri *et al.*, 2018; Ibrahim *et al.*, 2023). Essas características atendem à crescente demanda por práticas agrícolas mais saudáveis e ambientalmente responsáveis, alinhadas às metas globais de sustentabilidade e segurança alimentar. Outro aspecto relevante da aquaponia

é seu potencial para diversificar fontes de renda e fomentar o desenvolvimento socioeconômico. A integração de diferentes tipos de cultivo permite atender a mercados distintos, desde alimentos frescos para consumo humano até produtos ornamentais e insumos para outras cadeias produtivas, como a aquicultura e a horticultura. Esse modelo de produção apresenta particular relevância para pequenos e médios produtores rurais, que podem se beneficiar da alta produtividade e da valorização de produtos sustentáveis no mercado.

Entretanto, a implementação da aquaponia em larga escala ainda enfrenta desafios principalmente no Brasil. Barreiras econômicas, como o investimento inicial elevado dos sistemas e a falta de conhecimento técnico especializado, limitam sua disseminação em regiões de maior vulnerabilidade socioeconômica. Além disso, a ausência de políticas públicas específicas e de incentivos financeiros representa um entrave significativo para a expansão desse modelo de produção. Nesse cenário, é crucial o investimento em pesquisa, capacitação técnica e divulgação das vantagens da aquaponia, a fim de promover sua adoção como uma alternativa viável para o desenvolvimento sustentável.

Dada a relevância desses desafios e oportunidades, o presente capítulo busca contribuir para o avanço do conhecimento sobre sistemas aquapônicos alternativos para fornecer insights valiosos sobre estratégias de manejo eficiente, otimização de recursos e aumento da sustentabilidade na produção de alimentos aquáticos e agrícolas.

Potencial econômico e sustentabilidade

A viabilidade econômica da aquaponia é um fator determinante para sua adoção em larga escala, especialmente em um contexto global onde a sustentabilidade desempenha papel central nas decisões de mercado. Diversos estudos têm destacado o potencial dessa tecnologia para produzir alimentos de forma lucrativa, desde que sejam implementados sistemas bem planejados e estratégias de marketing eficientes (Tokunaga *et al.*, 2015; Bosma *et al.*, 2017; Castilho-Barros *et al.*, 2018). Esses sistemas permitem a obtenção de produtos diferenciados e de alta qualidade, como vegetais orgânicos e peixes livres de antibióticos, que atendem a nichos de mercado voltados à sustentabilidade e saúde alimentar, garantindo preços premium e fidelização de consumidores. No entanto, como apontam Greenfeld *et al.* (2019), ainda existem lacunas significativas na forma

como a aquaponia é promovida e inserida no mercado. A falta de estratégias consistentes de divulgação e engajamento com consumidores, aliada ao desconhecimento geral sobre os benefícios socioambientais dessa prática, limita a expansão e a lucratividade do setor. Assim, é essencial não apenas o avanço técnico no desenvolvimento de sistemas aquapônicos, mas também a formulação de iniciativas educativas voltadas ao público consumidor. Campanhas informativas podem destacar vantagens como a economia de recursos hídricos, a redução do uso de insumos químicos e a produção de alimentos livres de resíduos tóxicos, contribuindo para uma maior conscientização e demanda por produtos aquapônicos. Além disso, a aquaponia oferece uma oportunidade singular para pequenos e médios produtores diversificarem suas fontes de renda, aumentando sua resiliência econômica. A possibilidade de integrar diferentes tipos de cultivo no mesmo sistema permite atender a mercados variados, como o de produtos alimentícios frescos e o de insumos ornamentais, ampliando o leque de oportunidades comerciais. Esse modelo de produção sustentável também pode atrair investimentos em iniciativas de impacto social, como projetos voltados ao combate à insegurança alimentar em comunidades vulneráveis. Paralelamente, o setor de pesca esportiva apresenta um mercado crescente para produtos de aquaponia, particularmente no que diz respeito à produção de iscas vivas (Henriques *et al.*, 2018). A popularidade dessa prática recreativa tem impulsionado a demanda por espécies como camarões e lambaris, mas a captura excessiva desses organismos em ambientes naturais tem levantado sérias preocupações ambientais (Arlinghaus *et al.*, 2016; Alves *et al.*, 2021). Nesse cenário, a produção de iscas vivas em sistemas de recirculação e aquaponia surge como uma solução sustentável e economicamente viável. A criação de iscas vivas em sistemas controlados não só reduz a pressão sobre estoques naturais, mas também oferece uma oportunidade valiosa para diversificação produtiva, especialmente para pequenos produtores. Além de atender à demanda do mercado de pesca esportiva, essas atividades permitem otimizar o uso de recursos no sistema aquapônico, integrando diferentes componentes do ciclo produtivo e aumentando a eficiência geral. Henriques *et al.* (2022) destacam que essa abordagem pode ser particularmente relevante em regiões onde a pesca de iscas vivas ameaça a biodiversidade local, oferecendo uma alternativa sustentável para conciliar preservação ambiental e geração de renda. Ademais, a integração entre a aquaponia e a produção de iscas vivas exemplifica

o potencial dessa tecnologia para atender simultaneamente a objetivos econômicos, sociais e ambientais (Zhang *et al.*, 2023). A valorização desses produtos no mercado, associada ao fortalecimento de cadeias produtivas sustentáveis, pode contribuir significativamente para a adoção em larga escala da aquaponia como uma solução integrada para os desafios da aquicultura contemporânea. Para isso, é necessário investir em políticas públicas que incentivem sua implementação, bem como em pesquisas que explorem novas aplicações e mercados, garantindo que essa tecnologia alcance seu pleno potencial no âmbito da sustentabilidade e da viabilidade econômica.

Lambaricultura como modelo sustentável

O lambari (*Astyanax* spp.), uma espécie nativa da América do Sul, tem se destacado como uma alternativa promissora para a produção de iscas vivas, especialmente em sistemas de recirculação que priorizam a sustentabilidade e a eficiência no uso de recursos. Essa espécie apresenta características zootécnicas notáveis, como alta resiliência a condições ambientais adversas, ciclo reprodutivo curto e capacidade de adaptação a altas densidades populacionais, atributos que a tornam ideal para o cultivo em diversas regiões do Brasil (Jatobá e Silva, 2015). A crescente popularidade do lambari vai além de seu papel tradicional como isca viva para a pesca esportiva e consumo humano. O mercado reconhece também seu potencial como espécie ornamental, graças à sua coloração e comportamento, o que amplia as oportunidades de comercialização para aquaristas e lojistas especializados. Adicionalmente, o lambari é amplamente utilizado como alimento vivo para reprodutores de peixes carnívoros em pisciculturas comerciais, desempenhando um papel crucial na manutenção da saúde e produtividade desses reprodutores (Lopes *et al.*, 2013). Esse cenário reflete a versatilidade econômica da lambaricultura, permitindo que os produtores explorem múltiplos mercados e diversifiquem suas fontes de renda. O cultivo de lambari, conhecido como "lambaricultura," tem se consolidado como uma importante atividade econômica para pequenos produtores rurais, especialmente nas regiões sudeste e centro-oeste do Brasil. A viabilidade dessa atividade decorre de seu baixo custo de produção, aliado ao rápido retorno financeiro proporcionado por ciclos curtos de cultivo e alta demanda no mercado. Estudos indicam que a lambaricultura tem potencial para oferecer uma renda complementar significativa aos produtores, contribuindo

para a segurança econômica de famílias rurais e promovendo a inclusão social no setor aquícola (Fonseca *et al.*, 2017; Bueno *et al.*, 2020). Além de suas vantagens econômicas, a lambaricultura se alinha aos princípios de sustentabilidade, destacando-se como uma prática ambientalmente responsável. A produção de lambaris em sistemas de recirculação minimiza o consumo de água e reduz a liberação de nutrientes no ambiente, mitigando os impactos ambientais frequentemente associados à piscicultura convencional. Esses sistemas permitem a reutilização da água e a manutenção de condições estáveis para o crescimento e reprodução dos lambaris, otimizando a eficiência do uso de recursos naturais (Henriques *et al.*, 2018). Além disso, a capacidade do lambari de se reproduzir rapidamente em cativeiro reduz a necessidade de captura em ambientes naturais, contribuindo para a preservação de populações selvagens e para a conservação da biodiversidade aquática.

A lambaricultura também tem um papel relevante no contexto da segurança alimentar e no desenvolvimento regional (Henriques *et al.*, 2021). Em algumas comunidades, o lambari é valorizado como uma fonte de proteína acessível e nutritiva, podendo ser utilizado na alimentação humana em escala local. Sua produção em sistemas sustentáveis oferece uma alternativa para a diversificação das dietas e a promoção de hábitos alimentares mais saudáveis, especialmente em áreas rurais com acesso limitado a fontes de proteína de alta qualidade.

Para que a lambaricultura alcance seu pleno potencial, é necessário fomentar o desenvolvimento de políticas públicas e programas de extensão rural que capacitem os produtores a adotar práticas modernas e sustentáveis. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento também são cruciais para aprimorar os sistemas de cultivo e ampliar os mercados para produtos derivados do lambari. Além disso, a integração da lambaricultura a outros sistemas, como a aquaponia, pode criar sinergias produtivas e promover modelos mais resilientes e integrados de produção aquícola.

Inovações na produção hidropônica

No componente hidropônico dos sistemas de aquaponia, inovações têm desempenhado um papel crucial na maximização da eficiência do cultivo de plantas e na melhoria da sustentabilidade. Entre os sistemas mais utilizados estão a técnica do filme de nutrientes (NFT), o fluxo profundo (DFT) e o leito de

mídia (MBT), cada um com características específicas que atendem a diferentes demandas e contextos de cultivo. Esses sistemas não apenas fornecem nutrientes de maneira eficiente, mas também criam um ambiente ideal para o crescimento e desenvolvimento das raízes das plantas, garantindo a estabilidade e a produtividade dos cultivos (Mielcarek *et al.*, 2024; Sevda; Chauhan, 2024). A técnica do filme de nutrientes (NFT) é amplamente adotada devido à sua eficiência no uso de água e nutrientes, permitindo o fluxo contínuo de uma solução nutritiva em uma fina película ao redor das raízes das plantas. Esse sistema é especialmente adequado para culturas de ciclo curto e raízes pouco profundas, como a alface (*Lactuca sativa*). Por sua vez, o sistema de fluxo profundo (DFT) proporciona maior retenção de água e nutrientes, sendo ideal para o cultivo de plantas de maior porte ou que demandam períodos mais longos de cultivo. Já o sistema de leito de mídia (MBT) utiliza substratos como argila expandida ou cascalho para suportar as raízes, sendo particularmente eficaz na remoção de partículas sólidas e na colonização de bactérias benéficas para o equilíbrio do sistema aquapônico.

A produção de alface (*Lactuca sativa*) se destaca como uma das culturas mais populares e bem-sucedidas em sistemas aquapônicos, devido à sua facilidade de cultivo, ciclo curto e alta demanda no mercado. Além disso, a alface apresenta grande diversidade de variedades, permitindo que os produtores atendam a diferentes preferências de consumidores e nichos de mercado, como a produção de alface orgânica ou de alta qualidade nutricional. A integração dessa cultura em sistemas sustentáveis não apenas contribui para a segurança alimentar, mas também promove uma redução significativa no uso de recursos como água e fertilizantes químicos (Bosma *et al.*, 2017).

Outro aspecto relevante das inovações na produção hidropônica está na adoção de tecnologias avançadas, como sensores de monitoramento, sistemas automatizados de controle e iluminação LED ajustável. Sensores de última geração permitem monitorar, em tempo real, parâmetros essenciais como pH, temperatura, níveis de oxigênio dissolvido e concentração de nutrientes na solução. Esses dados possibilitam ajustes precisos que maximizam o crescimento das plantas e minimizam o desperdício de recursos. Por sua vez, os sistemas de iluminação LED, com espectros de luz ajustáveis, são capazes de otimizar a fotossíntese, promovendo maior produtividade, mesmo em ambientes com baixa luz natural.

Além de inovações tecnológicas, avanços no design dos sistemas hidropônicos têm permitido o cultivo em espaços urbanos limitados, como telhados, varandas e interiores de edifícios. A hidroponia vertical, por exemplo, utiliza estruturas modulares que maximizam o uso do espaço disponível, enquanto sistemas móveis e compactos permitem que pequenas propriedades adotem práticas agrícolas avançadas. Essa expansão para contextos urbanos é um passo significativo para a disseminação da aquaponia como um modelo de agricultura sustentável e acessível.

Por fim, os esforços de pesquisa e desenvolvimento têm explorado novos substratos, materiais sustentáveis e microrganismos benéficos que potencializam o crescimento das plantas e aumentam a resiliência dos sistemas hidropônicos. Estudos recentes sugerem que a inoculação de rizobactérias e fungos micorrízicos em sistemas de leito de mídia pode melhorar a absorção de nutrientes, aumentar a resistência das plantas a doenças e otimizar o desempenho geral do sistema (Sevda; Chauhan, 2024).

Equilíbrio e sustentabilidade no sistema aquapônico

O sucesso de um sistema aquapônico depende de um equilíbrio delicado e cuidadosamente monitorado entre seus componentes aquícolas e hidropônicos. Esse equilíbrio é fundamental para garantir a eficiência na troca de nutrientes, promover a saúde dos organismos envolvidos e assegurar a sustentabilidade ambiental e econômica do sistema. A integração eficiente desses elementos é alcançada por meio do ajuste adequado da densidade de peixes às necessidades nutricionais das plantas, com proporções que podem variar entre 1:1 e 1:4, dependendo do tipo de cultivo e das características específicas do sistema (Goda *et al.*, 2024).

Estudos indicam que uma das práticas mais amplamente utilizadas para alcançar esse equilíbrio é a proporção de 1 kg de peixe para 7 kg de plantas. Essa relação permite que os nutrientes excretados pelos peixes sejam suficientemente aproveitados pelas plantas, criando um ciclo fechado onde o desperdício é minimizado (Krastanova *et al.*, 2022). Além disso, essa proporção é ajustável conforme o tipo de peixe e as espécies vegetais cultivadas, oferecendo flexibilidade aos produtores para maximizar a produtividade sem comprometer a sustentabilidade.

Um aspecto crucial desse equilíbrio está na gestão da qualidade da água, que deve atender simultaneamente às necessidades dos peixes e das plantas. Parâmetros como pH, temperatura, oxigênio dissolvido e concentração de amônia devem ser monitorados regularmente para evitar desequilíbrios que possam comprometer a saúde do sistema (Barbieri *et al.*, 2019; Assis *et al.*, 2022). Por exemplo, o excesso de amônia pode ser prejudicial aos peixes, enquanto sua insuficiência pode limitar o crescimento das plantas. A nitrificação, conduzida por bactérias benéficas como *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, é um processo essencial para transformar amônia em nitrato, um nutriente de fácil absorção pelas plantas.

Outro fator relevante é a escolha das espécies de peixes e plantas mais adequadas para o sistema. Tilápias, trutas e bagres são frequentemente preferidos em sistemas aquapônicos devido à sua capacidade de adaptação a diferentes condições de cultivo e à alta produção de nutrientes. Por outro lado, plantas de rápido crescimento e alta demanda nutricional, como alface, rúcula, manjerição e tomates, são comuns na componente hidropônica, pois aproveitam eficientemente os nutrientes disponibilizados no sistema.

A sustentabilidade do sistema aquapônico também depende do uso eficiente dos recursos. Sistemas de recirculação minimizam o consumo de água em até 90% em comparação com métodos convencionais de cultivo aquícola, representando um avanço significativo em regiões onde a escassez hídrica é uma preocupação (Carneiro *et al.*, 2015). Além disso, o reaproveitamento de resíduos sólidos provenientes da criação de peixes como adubo orgânico para outras culturas agrícolas aumenta a eficiência geral do sistema, reduzindo ainda mais o impacto ambiental.

Inovações tecnológicas também desempenham um papel fundamental na manutenção do equilíbrio do sistema aquapônico. Sensores automatizados, integrados a plataformas digitais, permitem o monitoramento em tempo real de parâmetros críticos, alertando os produtores sobre possíveis desequilíbrios antes que prejudiquem a produtividade (Henriques *et al.*, 2019). Sistemas inteligentes de controle podem ajustar automaticamente as taxas de alimentação dos peixes, o fluxo de água e a suplementação de nutrientes, garantindo condições ideais de cultivo.

Por fim, o sucesso do sistema aquapônico também depende do conhecimento técnico e do manejo apropriado por parte dos produtores. A capacitação

em boas práticas de cultivo, aliada ao suporte técnico contínuo, é essencial para que os agricultores possam implementar estratégias de manejo adaptadas às condições específicas de seus sistemas. Além disso, a promoção de redes de cooperação entre produtores, pesquisadores e empresas pode facilitar o intercâmbio de conhecimentos, acelerando a adoção de tecnologias inovadoras e promovendo a sustentabilidade em larga escala.

CONCLUSÃO

Embora a aquaponia apresente avanços significativos no âmbito técnico e ambiental, desafios relacionados à viabilidade econômica e ao acesso ao mercado ainda dificultam sua implementação em larga escala, particularmente no Brasil (Castilho-Barros *et al.*, 2018). Pesquisas internacionais indicam que o fortalecimento das investigações científicas nessa área pode catalisar o desenvolvimento da aquaponia como uma alternativa sustentável para a produção de alimentos (Greenfeld *et al.*, 2019; Cifuentes-Torres *et al.*, 2021). A integração de inovação tecnológica, pesquisa científica e práticas ambientalmente responsáveis tem mostrado que a produção hidropônica no contexto da aquaponia é uma estratégia eficaz para enfrentar os desafios contemporâneos da agricultura. Esse progresso sinaliza um passo crucial em direção a sistemas alimentares mais resilientes, sustentáveis e adaptados às demandas globais.

De forma similar, o sistema aquapônico, ao unir ciência, tecnologia e sustentabilidade, destaca-se como uma abordagem inovadora para mitigar questões relacionadas à segurança alimentar e à preservação ambiental. Tornando-se, assim, uma referência para a agricultura do futuro e um componente essencial em estratégias de conservação e manejo sustentável.

No contexto brasileiro, a lambaricultura emerge como um exemplo emblemático de aquicultura sustentável. Combinando viabilidade econômica, benefícios ecológicos e impacto social, essa prática contribui não apenas para o fortalecimento da cadeia produtiva aquícola, mas também para a construção de uma economia azul (Barbieri *et al.*, 2014). Essa abordagem respeita os limites ecológicos do planeta enquanto promove o desenvolvimento socioeconômico em consonância com os princípios da sustentabilidade.

REFERÊNCIA

- ALVES, K. V. B.; MARTINEZ, D. S. T.; ALVES, O. L.; BARBIERI, E. Co-exposure of carbon nanotubes with carbofuran pesticide affects metabolic rate in *Palaemon pandaliformis* (shrimp). **Chemosphere**, v. 288, p. 132359, 2021.
- ARLINGHAUS, R.; COOKE, S. J.; SUTTON, S. G.; DANYLCHUK, A. J.; POTTS, W.; FREIRE, K. D. M. F. Recommendations for the future of recreational fisheries to prepare the social-ecological system to cope with change. **Fisheries Management and Ecology**, v. 23, n. 3-4, p. 177-186, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/fme.12191>.
- ASSIS DA SILVA, C.; RIBEIRO, B. M.; TROTTA, C. V.; PERINA, F. C.; MARTINS, R.; ABESSA, D. M.S.; BARBIERI, E.; SIMÕES, M. F.; OTTONI, C. A. Effects of mycogen silver nanoparticles on organisms of different trophic levels. **Chemosphere**, v. 308, p. 136540, 2022
- BARBIERI, E.; LENZ, R. M.; NACIMENTO, A. A.; ROSELLI, L. Y.; HENRIQUES, M. B. Lethal and sublethal effects of ammonia in *Deuterodon iguape* (Eigenmann 1907), potential species for Brazilian aquaculture. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 45, p. 440, 2019.
- BARBIERI, E.; MARQUEZ, H.L.A.; CAMPOLIM, M. B.; SALVARANI, P. I. Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 13, p. 1-13, 2014
- BARBIERI, E.; FERRARINI, A. M. T.; REZENDE, K. F. O.; MARTINEZ, D. S. T.; ALVES, O. L. Effects of multiwalled carbon nanotubes and carbofuran on metabolism in *Astyanax ribeirae*, a native species. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 44, p. 1-10, 2018.
- BOSMA, R. H.; LACAMBRA, L.; LANDSTRA, Y.; PERINI, C.; POULIE, J.; SCHWANER, M. J.; YIN, Y. The financial feasibility of producing fish and vegetables through aquaponics. **Aquaculture Engineering**, v. 78, p. 146-154, 2017.
- BUENO, G. W.; LEONARDO, A. F. G.; MACHADO, L. P.; BRANDE, M. R.; GODOY, E. M.; DAVID, F. S. Indicadores de sustentabilidade socioambiental de pisciculturas familiares em área de Mata Atlântica, no Vale do Ribeira-SP. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 3, p. 901-910, 2020.
- CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, série Documentos, n. 189, p. 27, 2015.
- CASTILHO-BARROS, L.; ALMEIDA, F. H.; HENRIQUES, M. B.; SEIFFERT, W. Q. Economic evaluation of the commercial production between Brazilian samphire and whiteleg shrimp in an aquaponics system. **Aquaculture International**, v. 26, p. 1187-1206, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-018-0277-8>.
- CIFUENTES-TORRES, L.; CORREA-REYES, G.; MENDOZA-ESPINOSA, L. G. Can reclaimed water be used for sustainable food production in aquaponics? **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. 12, p. 669984, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.669984>.
- FONSECA, T.; COSTA-PIERCE, B. A.; VALENTI, W. C. Lambari aquaculture as a means for the sustainable development of rural communities in Brazil. **Reviews in Fisheries Science and Aquaculture**, v. 25, n. 4, p. 316-330, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1320647>.

GODA, A. M. A. S.; ABOSEIF, A. M.; TAHA, M. K. S.; MOHAMMADY, E. Y.; ABOUSHABANA, N. M.; NAZMI, H. M.; ZAHER, M. M.; ALY, H. A.; EL OKABY, M. A. S.; OTAZUA, N. I.; ASHOUR, M. Optimizing nutrient utilization, hydraulic loading rate, and feed conversion ratios through freshwater IMTA-aquaponic and hydroponic systems as an environmentally sustainable aquaculture concept. **Scientific Reports**, v. 14, p. 14878, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63919-7>.

GREENFELD, A.; BECKER, N.; BORNMAN, J. F.; ANGEL, D. L. Identifying potential adopters of aquaponic farming. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 66, n. 2, p. 348-366, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.1989390>.

GREENFELD, A.; BECKER, N.; MCILWAIN, J.; FOTEDAR, R.; BORNMAN, J. F. Economically viable aquaponics? Identifying the gap between potential and current uncertainties. **Reviews in Aquaculture**, v. 11, p. 848-862, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/raq.12269>.

HENRIQUES, M. B.; FAGUNDES, L.; PETESSE, M. L.; REZENDE, K. F. O.; BARBIERI, E. Lambari fish as an alternative to live bait for estuarine recreational fishing. **Fisheries Management and Ecology**, v. 25, p. 400-407, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/fme.12308>.

HENRIQUES, M. B.; CARNEIRO, J. S.; FAGUNDES, L.; CASTILHO-BARROS, L.; BARBIERI, E. Economic feasibility for the production of live baits of lambari (*Deuterodon iguape*) in recirculation system. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v. 45, p. e516, 2019.

HENRIQUES, M. B.; CASTILHO-BARROS, L.; DE SOUZA, M. R.; BARBIERI, E.; DA SILVA, N. J. R.; DE ARAÚJO NUNES, F. A.; SANCHES, E. G. Is the small-scale aquaculture of lambari *Deuterodon iguape* (Eigenmann 1907) for live bait in recirculating systems economically profitable? **Aquaculture**, v. 457, p. 737335, 2021.

HENRIQUES, M. B.; NUNES, F. A. A.; SOUZA, M. R.; CASTILHO-BARROS, L.; BARBIERI, E. Live bait or artificial bait? Efficiency in recreational fishing for sea bass (*Centropomus parallelus*). **Ocean and Coastal Management**, v. 216, p. 105976, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105976>.

IBRAHIM, L. A.; SHAGHALEH, H.; EL-KASSAR, G. M.; ABU-HASHIM, M.; ELSADEK, E. A.; ALHAJ HAMOUD, Y. Aquaponics: a sustainable path to food sovereignty and enhanced water use efficiency. **Water**, v. 15, n. 24, p. 4310, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/w15244310>.

JATOBÁ, A.; SILVA, B. C. Stocking density in the juvenile production of two characins species in a recirculating system. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 5, p. 1469-1474, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8080>.

KRASTANOVA, M., I. SIRAKOV, S. IVANOVA-KIRILOVA, D. YARKOV, AND P. OROZOVA. Aquaponic systems: biological and technological parameters. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v.36, n.1, p.305-316, 2022. doi:10.1080/13102818.2022.2074892.

LOPES, M. C.; SILVA, N. J. R.; CASARINI, L. M.; GONÇALVES, F. H. A. S. B.; HENRIQUES, M. B. Desova induzida do lambari *Deuterodon iguape* com extrato hipofisário de carpa. **Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 13, n. 1, p. 9-13, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.17080/1676-5664/btcc.v13n1p9-13>.

MIELCAREK, A.; KŁOBUKOWSKA, K.; RODZIEWICZ, J.; BRYSZEWski, K. Ł. Water nutrient management in soilless plant cultivation versus sustainability. **Sustainability**, v. 16, p. 152, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16010152>.

SEVDA, S.; CHAUHAN, G. (Eds.). Solid waste management. **CRC Press**, 2024.

TOKUNAGA, K.; TAMARU, C.; AKO, H.; LEUNG, P. Economics of small-scale commercial aquaponics in Hawai'i. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 46, p. 20-32, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jwas.12173>

ZHANG, R.; CHEN, T.; WANG, Y.; SHORT, M. *Systems approaches for sustainable fisheries: A comprehensive review and future perspectives*. **Sustainable Production and Consumption**, v. 41, p. 242-252, Oct. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.08.013>

CULTIVO DO CAMARÃO MARINHO *Penaues vannamei* EM SISTEMA DE BIOFLOCOS COM ADIÇÃO DE NITRITO DE SÓDIO

Bruna Larissa Ferreira de Carvalho

Instituto Federal do Maranhão, Campus Viana (IFMA)

Fabiana Penalva de Melo

Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

João Paulo Viana de Lima

Instituto Agrônomico de Pernambuco (IPA)

Maria Gabriela Padilha Ferreira

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Eudes de Souza Correia

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição do nitrito de sódio na formação de bioflocos e controle dos compostos nitrogenados no cultivo do camarão *Penaeus vannamei* cultivado em bioflocos sem troca de água. Foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e oito repetições: 1) com adição de nitrito de sódio - 10 dias antes da estocagem - (NaNO_2); e 2) sem adição de nitrito de sódio (CTL). As pós-larvas ($0,143 \pm 0,001$ g) foram distribuídas em 16 tanques de polietileno (40 L), numa densidade de 1.000 PL m^{-3} . As variáveis de qualidade da água foram mensuradas periodicamente e não foram registradas diferenças significativas, exceto para o teor de nitrito e nitrato ($P < 0,05$) no tratamento com adição de nitrito de sódio (NaNO_2). Não foram encontradas diferenças significativas ($P \geq 0,05$) entre os tratamentos para os resultados de ganho de peso, taxa de crescimento específico, sobrevivência, ganho de biomassa e fator de conversão alimentar. Dessa forma, A adição prévia do nitrito de sódio não influenciou na produtividade do sistema, interferindo apenas no aumento da concentração de nitrato.

Palavras-chave: tecnologia de bioflocos; nitrogênio; crescimento; sobrevivência.

INTRODUÇÃO

Os compostos nitrogenados, oriundos da excreção dos camarões e dos restos alimentares em decomposição, combinados com os fertilizantes orgânicos (melaço) na presença constante de aeração, estimulam diretamente a formação de um ambiente heterotrófico propício para o desenvolvimento de bactérias heterotróficas (Avnimelech, 2007; Crab *et al.*, 2009). Estes microrganismos utilizam a energia do carbono orgânico adicionado em forma de melaço e/ou açúcar, disponível e associam-se aos detritos orgânicos, partículas inorgânicas, protozoários, metazoários e microalgas formando agregados microbianos (bioflocos) (De Schryver *et al.*, 2008; Ray *et al.*, 2010).

A relação Carbono:Nitrogênio (C:N) é de extrema importância no desenvolvimento das bactérias heterotróficas em cultivos intensivos, desempenhando um papel importante na produção de camarão, uma vez que possibilita a reciclagem de nutrientes através da nitrificação (Wasielesky *et al.*, 2006). Segundo Samocha *et al.* (2007), a relação C:N de 6:1 é ideal para a retenção dos nutrientes na biomassa bacteriana. No entanto, para Wasielesky *et al.* (2006) a relação C:N ideal para formação do floco microbiano, com predomínio de bactérias heterotróficas, está entre 14 e 30:1.

A tecnologia de bioflocos (BFT) oferece vantagens como maior biossegurança, melhoria da qualidade da água, redução na emissão de efluentes, uso de rações comerciais com níveis de proteína reduzidos e a possibilidade de utilizar elevadas densidades de estocagem (Avnimelech, 2009; Krummenauer *et al.*, 2011). Estes benefícios ocorrem pela formação de uma biota microbiana que é responsável pela assimilação dos compostos nitrogenados e que serve de suplemento alimentar, mas que depende da habilidade do organismo cultivado em capturar e digerir o biofoco (Ebeling *et al.*, 2006).

Entretanto, o acúmulo de substâncias tóxicas inorgânicas, como amônia e nitrito, é um dos principais problemas de qualidade da água em sistemas de aquicultura intensiva. Entre os compostos nitrogenados tóxicos no sistema BFT, o nitrito merece uma atenção maior, pois pode ocorrer o acúmulo devido ao desequilíbrio nas taxas de nitrificação ou pelo baixo aproveitamento deste composto pelas bactérias heterotróficas (Ebeling *et al.*, 2006). Elevadas concentrações de nitrito acarretam efeitos tóxicos aos camarões cultivados a curto e longo prazo,

podendo afetar o crescimento e a sobrevivência dos animais, causando prejuízo na produção (Vinatea *et al.*, 2010; Lin; Chen, 2003).

O desenvolvimento prévio da comunidade bacteriana nitrificante através da adição de biofiltros aclimatados pode servir como estimuladores do crescimento microbiano antes do início do cultivo, estabilizando a população de microorganismos antes da estocagem dos animais e evitando que as concentrações dos compostos nitrogenados, principalmente amônia e nitrito, atinjam níveis tóxicos no sistema de bioflocos (Sesuk *et al.*, 2009).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência da adição prévia do nitrito de sódio para a indução da formação de bioflocos e consequente controle dos compostos nitrogenados na produção de juvenis do camarão *Penaeus vannamei* sem troca d'água.

MÉTODOS

Local e Condições experimentais

O experimento foi desenvolvido na Estação de Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife (PE), Brasil, durante 38 dias (28 dias de cultivo e 10 dias maturação). Foram utilizados 16 tanques de polietileno com área de 0,20 m² e volume de 40 L, abastecidas com água salgada (29 g L⁻¹) proveniente de uma larvicultura comercial localizada no litoral Sul do estado de Pernambuco, previamente tratada com hipoclorito de sódio a 10 ppm. Durante o período experimental, não foi realizada renovação de água, apenas reposição com água doce para compensar as perdas por evaporação e ajuste da salinidade. Foi mantido o fotoperíodo natural (12 h claro e 12 h escuro).

As unidades experimentais foram cobertas com telas para evitar o escape dos camarões e, cada unidade foi equipada com um aquecedor (JEBO®, 75 W) para manter a temperatura média em 30°C. Foi utilizado substrato artificial (lã acrílica para filtro biológico) para aumentar a superfície específica disponível para colonização das bactérias nitrificantes (com área de 0,065 m²). As unidades experimentais foram mantidas por um sistema de aeração individual e contínuo (pedra porosa e dois *airlifts*) supridos por meio de um compressor radial de 2 CV.

Para o controle das concentrações de amônia na água foi adicionado melaço de cana-de-açúcar, como fonte de carbono orgânico na relação Carbono:Nitrogênio

de 6:1 (Samocha *et al.*, 2007) e, posteriormente, com base nos níveis de amônia no sistema analisados semanalmente utilizando o método HACH TNT #830 (método salicilato) lidos através de espectrofotômetro digital HACH DR/2800 (HACH Company, Colorado, USA).

As pós-larvas de *P. vannamei*, com peso médio de $0,143 \pm 0,001$ g, foram adquiridas de uma larvicultura comercial e estocadas em uma densidade de 1000 PL m^{-3} (250 PL m^{-2}).

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos e oito repetições: 1) Nitrito de sódio (NaNO_2) – adição de nitrito de sódio 10 dias antes da estocagem; 2) Controle (CTL) - sem adição de nitrito de sódio, os dois tratamentos iniciaram no mesmo período. A adição de nitrito de sódio foi realizada para alcançar a concentração 2 mg L^{-1} de nitrogênio do nitrito. Essa concentração foi baseada no trabalho de (Otoshi *et al.*, 2011), entretanto, no presente estudo a adição de nitrito de sódio foi realizada apenas em uma aplicação.

Alimentação

A alimentação consistiu inicialmente de náuplios de *Artemia* (40 náuplios/PL/dia), acrescida de uma ração com 42% de proteína bruta (FRIPPAK™, INVE Aquaculture Inc.) durante cinco dias. A partir do sexto dia foi utilizada uma combinação da ração com 45% PB (EPAC™, INVE Aquaculture Inc.) com a ração de 42% PB; estes dois alimentos foram substituídos gradativamente a partir da segunda semana por uma ração comercial com 38% PB (CR2, PURINA) até o final do cultivo. As pós-larvas foram alimentadas quatro vezes ao dia (08:00, 11:00, 14:00 e 17:00 h), segundo uma taxa de alimentação inicial de 50% da biomassa das pós-larvas (Jory *et al.*, 2001). Posteriormente, a quantidade de alimento foi avaliada por meio dos dados obtidos nas biometrias e no consumo diário de ração fornecida.

Semanalmente, foram realizadas biometrias, com uma amostra de 30% da população de cada unidade experimental. Os camarões foram pesados em balança semi-analítica com precisão $0,001 \text{ g}$ (BL320H, Shimadzu®) e devolvidos para suas respectivas unidades experimentais.

Para avaliar o desempenho zootécnico foram analisados: Ganho de Peso (GP = ganho de peso inicial – peso final); Taxa de Crescimento Específico (TCE = $100 (\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{tempo de cultivo}$); Sobrevivência (S = 100 (população final/população inicial); Ganho de Biomassa (GB = biomassa final – biomassa inicial) e Fator de Conversão Alimentar (FCA = Quantidade de alimento fornecido em matéria seca/ganho de biomassa).

Variáveis físicas e químicas da água

Durante o período experimental foram verificados a temperatura da água, oxigênio dissolvido, o pH e a salinidade em cada tanque, mensurados duas vezes ao dia (08:00 e 17:00 h), com a utilização de sonda multiparâmetro YSI 556 MPS (YSI Incorporation, Ohio, USA). Semanalmente, foram coletadas amostras de água de cada unidade experimental para determinação dos níveis do nitrogênio da amônia total (NAT), nitrogênio do nitrito (N-NO_2), nitrogênio do nitrato (N-NO_3) e alcalinidade total ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$). Previamente às análises, as amostras foram filtradas utilizando filtro analítico de 0,45 μm . Os compostos nitrogenados foram mensurados utilizando os métodos HACH TNT #830 (método salicilato), #8507 (método de diazotização) e #8539 (redução de cádmio) para NAT, N-NO_2 e N-NO_3 , respectivamente. As amostras foram lidas através de espectrofotômetro digital HACH DR/2800 (HACH Company, Colorado, USA). A alcalinidade total foi determinada por titulação volumétrica (APHA, 1995). Quando as concentrações de alcalinidade total se apresentavam abaixo de 100 mg L^{-1} , foi adicionado bicarbonato de sódio a fim de evitar níveis inferiores a $150 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ (Ebeling *et al.*, 2006).

O volume dos sólidos suspensos (mL L^{-1}) foi analisado duas vezes por semana através de cones de Imhoff seguindo a metodologia proposta por Eaton *et al.* (1995), e adaptada por Avnimelech (2007). Quando o volume dos sólidos ultrapassava 30 mL L^{-1} foi instalado o tanque de sedimentação para manter o volume entre 10 e 20 mL L^{-1} .

Composição centesimal do biofloco

Após a conclusão do cultivo experimental, a água das caixas plásticas foi transferida para dois tanques de 1000 L, correspondentes a cada tratamento. Em seguida, foi instalado um tanque de sedimentação, e amostras do biofloco (100 g) de cada tratamento foram coletadas a partir do material decantado. Para remover o excesso

de água, o biofloco foi filtrado em peneiras de nylon com malhas de 250 a 50 μm e, posteriormente, em filtros de celulose de 10 μm . O processo de secagem foi realizado com o biofloco distribuído em camadas em uma área ventilada e protegida da luz solar. A secagem total do material ocorreu em estufa com circulação forçada de ar, a 50 °C, por 48 horas. Após a secagem, o material foi embalado adequadamente em recipiente fechado, identificado, congelado a -20 °C e enviado ao Laboratório de Experimentação e Análises de Alimentos, do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, para análise da composição centesimal dos seguintes parâmetros: umidade, proteína bruta, lipídios, cinzas e carboidratos. As análises de composição dos bioflocos seguiram a metodologia de Cunnif (2005).

Análise estatística

As variáveis de crescimento dos camarões (peso final, biomassa final, sobrevivência, taxa de crescimento específico e fator de conversão alimentar) e os parâmetros de qualidade da água foram analisados utilizando-se a análise de variância (ANOVA), os testes de normalidade e homocedasticidade foram efetuados antes das análises para verificar a normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias. Nos casos em que houve diferença significativa o teste de *t* de "Student" foi aplicado para comparação das médias, ao nível de significância de 5. Os dados de sobrevivência foram previamente transformados pela função $\arcsen \sqrt{x}$ (Zar, 1996). Para as análises foi utilizado o software *SysEAPRO* versão 1.0.

RESULTADOS

Os valores médios de temperatura da água, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, nitrogênio da amônia total (NAT), alcalinidade total ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) e sólidos sedimentáveis (SS) não apresentaram diferenças significativas ($P \geq 0,05$) (Tabela 1). Apenas as concentrações de nitrogênio do nitrito (N-NO_2) e do nitrato (N-NO_3) diferiram significativamente ($P < 0,05$) entre os tratamentos.

Durante o período de cultivo, a temperatura média da água foi de 29,61°C, variando de 25,3 a 33,33°C. A salinidade mínima (26,0 g L^{-1}) e máxima (31,23 g L^{-1}) indicou uma pequena variação, com média de 29,15 g L^{-1} . O oxigênio dissolvido e o pH apresentaram concentrações médias de 4,75 mg L^{-1} (2,96 a 6,89 mg L^{-1}) e 8,26 (7,25 a 8,86), respectivamente.

Tabela 1 - Variáveis de qualidade da água no cultivo sem a adição (CTL) e com adição prévia de nitrato de sódio (NaNO_2) em sistema de bioflocos com pós-larvas e *P. vannamei*.

Variáveis	Tratamentos	
	CTL	NaNO_2
Oxigênio dissolvido (mg L^{-1})	4,98 $\pm$ 0,02 a	4,95 $\pm$ 0,05 a
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	29,39 $\pm$ 0,12 a	29,50 $\pm$ 0,10 a
pH	8,30 $\pm$ 0,01 a	8,27 $\pm$ 0,01 a
Salinidade (g L^{-1})	29,15 $\pm$ 0,19 a	29,26 $\pm$ 0,11 a
NAT (mg L^{-1})	4,35 $\pm$ 0,40 a	4,49 $\pm$ 0,44 a
N- NO_2 (mg L^{-1})	0,05 $\pm$ 0,01 a	0,49 $\pm$ 0,13 b
N- NO_3 (mg L^{-1})	5,64 $\pm$ 1,03 a	10,08 $\pm$ 1,99 b
Alcalinidade total ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$)	147,65 $\pm$ 4,25 a	155,65 $\pm$ 4,5 a
Sólidos sedimentáveis (mL L^{-1})	24,00 $\pm$ 3,28 a	18,27 $\pm$ 2,31 a

* Letras diferentes sobscritas na mesma linha indicam diferenças significativas ($P < 0,05$). Valores foram expressos em média $\pm$ erro padrão.

Ao longo do experimento, foram observadas variações entre os tratamentos para as concentrações de $\text{NO}_2\text{-N}$ e $\text{NO}_3\text{-N}$ (Figura 1). As concentrações médias de N-nitrato e do N-nitrato foram significativamente ($P < 0,05$) maiores no tratamento com adição de nitrato de sódio (NaNO_2), enquanto as concentrações médias do nitrogênio da amônia total não apresentaram diferença significativa ($P \geq 0,05$) durante o cultivo.

Ao longo do período experimental, a concentração média de amônia total (NAT) apresentou o mesmo comportamento para ambos os tratamentos, controle (CTL) e nitrato de sódio (NaNO_2), apresentando picos no 1º, 21º e 28º dias de cultivo (Figura 1-A). Ao 7º e 14º dias de cultivo, os tratamentos CTL e NaNO_2 registraram concentrações médias de 1,53 e 0,68 mg NAT L^{-1} , respectivamente. Nos dois tratamentos, foram registradas concentrações médias de amônia total de 4,35 $\pm$ 0,40 e 4,49 $\pm$ 0,44 mg L^{-1} , para os tratamentos CTL e NaNO_2 , respectivamente.

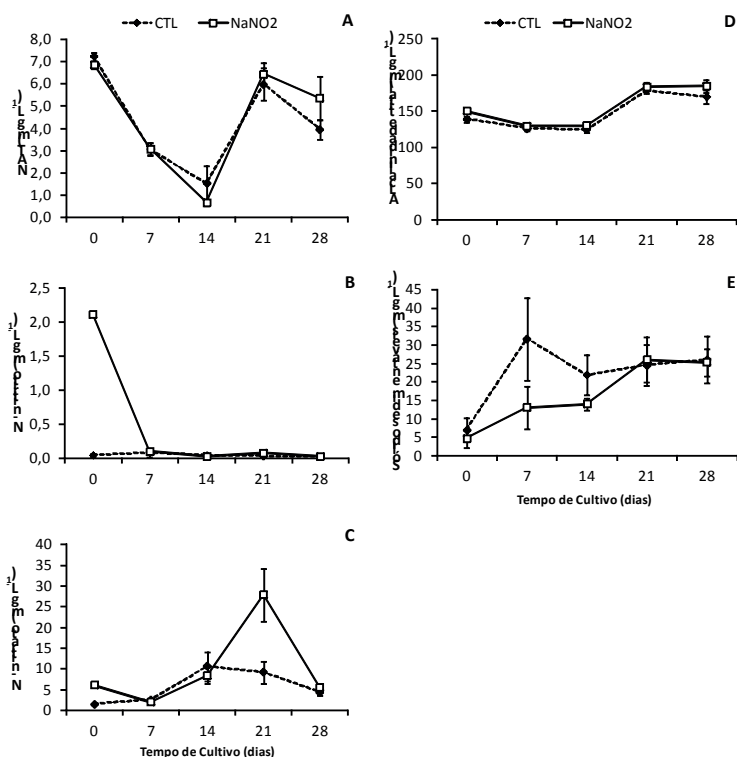
As concentrações médias de nitrogênio do nitrato (N- NO_2) variaram de 0,01 a 0,26 mg L^{-1} no tratamento controle (CTL). Já para o tratamento com adição de nitrato de sódio (NaNO_2), as concentrações médias variaram de 2,11 a 0,03 $\text{mg N-NO}_2 \text{ L}^{-1}$, isso ocorreu apenas na primeira semana devido a adição prévia desse composto no sistema.

No presente estudo, as concentrações mais elevadas de nitrato foram observadas no 21º dia de cultivo no tratamento com aplicação de NaNO_2 , apresentando média de 27,89 mg L^{-1} , enquanto para o tratamento controle estes valores foram de 9,20 mg L^{-1} . Estes valores podem ser explicados devido à remoção de sólidos

que vinha ocorrendo no tratamento CTL desde o 18º dia de cultivo, enquanto no tratamento NaNO_2 somente ocorreu a partir 24º dia de cultivo (Figura 1-C).

A variação semanal das concentrações de alcalinidade total ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) e sólidos sedimentáveis estão apresentadas nas Figuras 1. A alcalinidade total foi significativamente ($P < 0,05$) menor no tratamento CTL no dia 0 de cultivo, porém, nas outras semanas, não houve diferença significativa ($P \geq 0,05$) (Figuras 1-D). O volume dos sólidos sedimentáveis não apresentou diferença significativa ($P \geq 0,05$) durante o cultivo, entretanto o volume médio máximo foi de $31,8 \text{ ml L}^{-1}$ para o tratamento CTL – Controle (Figuras 1-E).

Figura 1 - Variação semanal (média $\pm$ erro padrão) das concentrações médias de NAT (A), N-nitrito2 (B), N-nitrato (C), alcalinidade total (D) e sólidos sedimentáveis (E) no cultivo do camarão *P. vannamei* sem (CTL) e com adição de nitrito de sódio (NaNO_2).



Os resultados do desempenho zootécnico dos camarões, após 28 dias de cultivo, em relação à adição prévia de nitrito de sódio (NaNO_2) e o tratamento controle (CTL) estão apresentados na Tabela 2. O peso final, ganho de peso, biomassa

final, sobrevivência, taxa de crescimento específico e de conversão alimentar não apresentaram diferença significativa ($P \geq 0,05$) entre os tratamentos. Ao final do cultivo foi registrado um peso médio final de $1,94 \pm 0,20$ g, resultando no ganho de peso médio de 1,79 g, com a menor média correspondente ao tratamento controle (CTL), sem diferença significativa entre os tratamentos ($P \geq 0,05$). A biomassa média final registrada foi de $94,2 \pm 11,35$ g, resultado da taxa de sobrevivência registrada para os tratamentos (95,7 e 98,7%) com e sem adição de nitrito de sódio ($P \geq 0,05$). A taxa de crescimento específico (TCE) e fator de conversão alimentar (FCA) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ($P \geq 0,05$), registrando médias finais de $9,28\% \text{ dia}^{-1}$ e 1,31, respectivamente.

Tabela 2 - Desempenho zootécnico (média $\pm$ erro padrão) do camarão *P. vannamei* (0,15 g) cultivado em sistema de bioflocos sem (CTL) e com a adição de nitrito de sódio (NaNO_2), após 28 dias.

Índices zootécnicos	Tratamentos	
	CTL	NaNO_2
Peso final (g)	$1,90 \pm 0,09$	$1,98 \pm 0,04$
Ganho de peso (g)	$1,76 \pm 0,10$	$1,83 \pm 0,04$
Biomassa final (g/tanque ⁻¹)	$93,74 \pm 4,53$	$94,74 \pm 3,94$
Ganho de biomassa (g)	$86,55 \pm 4,56$	$87,59 \pm 3,96$
Sobrevivência (%)	$98,75 \pm 0,75$	$95,71 \pm 2,97$
TCE (% dia ⁻¹)	$9,19 \pm 0,20$	$9,38 \pm 0,10$
FCA	$1,35 \pm 0,08$	$1,27 \pm 0,03$

A composição centesimal do biofloco formado no final do cultivo sem e com adição de nitrito de sódio (NaNO_2) está apresentada na Tabela 3. A proteína bruta do biofloco formado no controle e no tratamento com adição de nitrito de sódio atingiu valores de 19,36 e 19,89 g, respectivamente.

Tabela 3 - Composição centesimal (matéria seca) do biofloco coletado após 28 dias de cultivo do *P. vannamei* sem (CTL) e com adição do nitrito de sódio (NaNO_2).

Composição (%)	Biofloco	
	CTL	NaNO_2
Proteína bruta	19,36	19,89
Lípidios	5,88	4,24
Cinzas	58,63	57,64
Carboidratos	16,13	18,23

*Composição do biofloco referente à matéria seca.

DISCUSSÃO

A temperatura e salinidade observada neste experimento permaneceram dentro da faixa ao melhor desenvolvimento do *P. vannamei*, conforme recomendada por Ponce-Palafox *et al.* (1997). O oxigênio dissolvido é indispensável tanto para respiração dos organismos cultivados quanto para otimizar o processo de nitrificação, sendo indicado manter concentrações acima de $2,5 \text{ mg L}^{-1}$ para manter a velocidade do processo de nitrificação elevada (Chen *et al.*, 2006). Em sistemas de cultivo intensivo de camarões, a concentração média de oxigênio dissolvido deve ser mantida acima de 4 mg L^{-1} (Boyd; Clay, 2002). No sistema de bioflocos, observa-se uma tendência de redução do pH ao longo do cultivo, e valores inferiores a 7 podem prejudicar o crescimento dos animais (Wasielesky *et al.*, 2006).

Em sistemas com limitada troca de água, a alcalinidade total ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) deve manter entre $100\text{-}150 \text{ mg L}^{-1}$, pois valores inferiores podem resultar em queda do pH, comprometendo a produtividade do cultivo (Ebeling *et al.*, 2006). No entanto, Chen *et al.* (2006) recomendam uma alcalinidade superior a $200 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, considerando a possível estratificação de pH e alcalinidade nesses sistemas, principalmente em condições de baixa troca d'água. No presente estudo, os níveis de alcalinidade total mantiveram-se acima de $152 \text{ mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$, devido às correções semanais com a adição de bicarbonato de sódio, utilizada para aumentar a capacidade de tamponamento da água. Além de ser essencial para a manutenção do pH, a alcalinidade também influencia o processo de ecdise dos camarões, fornecendo cálcio para formação da carapaça (Wasielesky *et al.*, 2006).

Os sólidos sedimentáveis podem contribuir para a produtividade do cultivo, pois auxiliam na formação do agregado microbiano, conhecido como biofoco. Contudo, é essencial controlar seu volume para garantir o desempenho ideal do cultivo. Concentrações excessivas desses sólidos ($> 30 \text{ mg L}^{-1}$) podem reduzir os níveis de oxigênio dissolvido, aumentar a turbidez da água, comprometer o crescimento de algas benéficas, favorecer o surgimento de microrganismos indesejáveis e causar obstrução das brânquias dos camarões e, resultando em sua mortalidade (Hargreaves, 2006).

No sistema de biofoco para cultivo de camarões, o volume dos sólidos sedimentáveis deve ser mantido entre $20 \text{ e } 40 \text{ ml L}^{-1}$ (Avnimelech, 2009). Neste estudo, o volume médio dos sólidos sedimentáveis foi de $25,6 \text{ ml L}^{-1}$, dentro da faixa

recomendada. Embora o volume máximo registrado tenha atingido 100 ml L⁻¹, não foi observado impacto na sobrevivência dos camarões. Em sistemas intensivos de cultivo do camarão *P. vannamei*, baseados em bioflocos e sem troca de água, o aumento dos sólidos sedimentáveis pode ser controlado pelo uso de tanques de sedimentação (Ray *et al.*, 2010; Schweitzer *et al.*, 2013) ou fracionadores de espuma (Correia *et al.*, 2014). No presente estudo, o tanque de sedimentação foi utilizado sempre que o volume dos sólidos sedimentáveis ultrapassaram 20 ml L⁻¹, conforme medido nos cones Imhoff.

O acúmulo de compostos nitrogenados nos sistemas de cultivo ocorre devido à excreção dos animais e ao uso de alimentos ricos em proteína (Avnimelech, 1999). Esse problema é comum em sistemas de produção com pouca ou nenhuma renovação de água, o que afeta negativamente o crescimento e sobrevivência dos camarões (Avnimelech, 2009). Nos sistemas baseados em bioflocos, as bactérias heterotróficas desempenham um papel fundamental ao consumir a amônia presente no ambiente, proveniente de alimentos não consumidos, fezes e outros resíduos excretados, convertendo-a em proteína microbiana, com a adição de uma fonte de carbono orgânico ao sistema (Avnimelech, 1999).

Entretanto, no início dos cultivos, esses microrganismos ainda não estão presentes em quantidades suficientes na água, desenvolvendo-se gradualmente conforme o acúmulo de matéria orgânica e a adição de fontes de carbono (Ebeling *et al.*, 2006; Otoshi *et al.*, 2011). Alguns estudos sugerem o reuso de água proveniente de outro sistema de biofloco como estratégia eficaz, pois, com a presença previa de bactérias heterotróficas e nitrificantes, espera-se que as concentrações de amônia e nitrito não alcancem níveis críticos, já que esses microrganismos são capazes de absorver ou transformar esses compostos tóxicos em nitrato (Durant *et al.*, 2011; Otoshi *et al.*, 2011).

Handy *et al.* (2004) sugerem que, ao comparar sistemas de filtragem no cultivo berçário de *P. vannamei* em raceways, o acúmulo de material particulado em água bem misturada e oxigenada pode estimular o desenvolvimento de microrganismos benéficos que auxiliam no processo de nitrificação. Em nosso estudo, o uso de tanques de sedimentação, com o objetivo de controlar os níveis de sólidos sedimentáveis, pode ter reduzido a população de bactérias heterotróficas provavelmente já estabelecida, levando ao aumento nas concentrações de NAT (6,43 mg L⁻¹) observado na quarta semana de cultivo.

A concentração média de NAT foi de $4,4 \text{ mg L}^{-1}$, valor superior ao nível de segurança estabelecidos por Lin e Chen (2001). Estudos realizados por Ray *et al.* (2010) e Gaona *et al.* (2017) sugerem que a manutenção de baixas concentrações de sólidos pode favorecer o desenvolvimento de bactérias nitrificantes, provavelmente devido à competição por substrato com bactérias heterotróficas. Nos sistemas de cultivo com tecnologia de bioflocos (BFT), as bactérias heterotróficas e nitrificantes coexistem no tanque e/ou viveiro. Embora as bactérias nitrificantes sejam mais eficientes na remoção do nitrogênio, apresentam uma taxa de crescimento menor, o que retarda a metabolização da amônia (Ebeling *et al.*, 2006; Hargreaves, 2006). Na ausência de bactérias heterotróficas nas fases iniciais do cultivo, pode ocorrer um aumento nas concentrações de amônia, uma vez que as bactérias autotróficas crescem mais lentamente, o que resulta no acúmulo inicial desse composto.

No processo de nitrificação da amônia, o nitrito é um produto intermediário e tóxico para organismos aquáticos, enquanto o nitrato, o produto final do processo, é considerado menos prejudicial (Pierce *et al.*, 1993; Tomasso; Carmichael, 1986). No tratamento controle, as concentrações de nitrito (N-NO_2) variaram de $0,01$ a $0,26 \text{ mg L}^{-1}$. Já no tratamento com adição de nitrito de sódio (NaNO_2), as concentrações médias oscilaram entre $2,11$ a $0,03 \text{ mg N-NO}_2 \text{ L}^{-1}$, sendo observadas apenas na primeira semana devido à adição prévia desse composto no sistema. Lin; Chen (2003), ao exporem juvenis de *P. vannamei* a diferentes salinidades e concentrações de nitrito-N registraram níveis de segurança de $15,2$ e $25,7 \text{ mg L}^{-1}$ de N-NO_2 para o LC50 de 144 h em salinidades de 25 e 35‰, respectivamente. Segundo Otoshi *et al.* (2011), o processo de oxidação da amônia a nitrito e do nitrito a nitrato pode levar de quatro a seis semanas caracterizado-se por picos nas concentrações de amônia e nitrito enquanto as bactérias oxidantes da amônia e do nitrito se estabelecem. Esses autores relataram melhorias resultados na qualidade da água com a adição do nitrito de sódio, porém não apresentaram dados relacionados ao crescimento.

Em sistemas de cultivo dominados por bioflocos, o nitrato tende a se acumular devido a esse processo segundo Kuhn *et al.* (2010). Esses autores demonstraram que níveis superiores a $220 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$ afetam negativamente a sobrevivência dos camarões, enquanto concentrações de $435 \text{ mg NO}_3\text{-N L}^{-1}$ são consideradas inseguras para o cultivo do *P. vannamei*. Em nosso estudo, as maiores

concentrações de nitrato foram registradas no 21º dia de cultivo no tratamento com aplicação de NaNO_2 , apresentando uma média de $27,89 \text{ mg L}^{-1}$, enquanto no tratamento controle os valores foram de $9,20 \text{ mg L}^{-1}$. Essa diferença pode ser atribuída pela remoção de sólidos que ocorreu no tratamento CTL desde o 18º dia de cultivo, enquanto no tratamento NaNO_2 isso só ocorreu a partir 24º dia de cultivo (Figura 1-C). Furtado *et al.* (2015), ao cultivarem o camarão *P. vannamei* em sistemas superintensivos com bioflocos (333 camarões/m^3), relataram concentrações de nitrato inferiores a 100 mg L^{-1} , sem redução do consumo alimentar ou aumento da mortalidade. Por outro lado, Gaona *et al.* (2011), ao avaliarem o efeito da remoção de sólidos no cultivo do *P. Vannamei* com tecnologia de bioflocos, registraram concentrações médias de nitrato acima de 35 mg L^{-1} , sem efeitos negativos nos índices zootécnicos do camarão.

Em sistemas de biofloco, é comum observar um aumento nas concentrações de nitrato ao longo do cultivo devido ao processo de nitrificação. Entretanto, neste estudo, foi constatada uma redução nos níveis de nitrato em ambos os tratamentos ao final do cultivo. Esse resultado pode ser atribuído ao uso dos tanques de sedimentação para remoção de sólidos, com o objetivo de manter os níveis adequados. Ray *et al.* (2010), ao utilizarem tanques de sedimentação para remoção de sólidos suspensos em sistema superintensivos com mínima troca de água, observaram que a eliminação da matéria orgânica disponível no sistema reduziu as concentrações de nitrato em 60%, em comparação com tanques onde não houve remoção de sólidos.

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que a adição prévia de nitrito de sódio não teve impacto significativo na variação das concentrações de nitrito em comparação com tratamento Controle, mas pode ter contribuído para estabilização da comunidade nitrificante no sistema BFT. De acordo com Otoshi *et al.* (2011), a adição prévia de nitrito de sódio pode influenciar as variações nas concentrações de nitrito ao longo do cultivo do camarão *P. vannamei* em sistema de bioflocos.

A tecnologia de bioflocos baseia-se no estabelecimento uma cadeia microbiana composta por diversos microrganismos, como microalgas, protozoários, fungos e bactérias, que se aderem a detritos e partículas orgânicas (Avnimelech, 2014). A composição centesimal do biofloco em sistemas BFT pode variar em função da espécie cultivada, dos hábitos alimentares, das condições ambientais,

do tempo de cultivo, da presença de microrganismos específicos e da fonte de carbono orgânico utilizada (Avnimelech, 2007). Em nosso estudo, os percentuais de proteína bruta encontrados foram semelhantes aos relatados por Coman *et al.* (2004), que registraram variações de 17 a 42% de PB. Resultados semelhantes foram obtidos por Rocha *et al.* (2012), que encontraram variações de 19,9 a 28,9% de PB em bioflocos utilizados no cultivo da tainha *Mugil cf. hospes*, sem renovação de água. Esses dados também coincidem com os de Xavier *et al.* (2022), que reportaram variações de 14,7 a 23,5% de PB ao avaliar a formação de bioflocos com aditivo floculante no cultivo de *Penaeus vannamei* em sistema BFT.

A adição prévia de NaNO_2 , nas condições testadas, não apresentou impacto positivo no crescimento, na taxa de crescimento específico, na sobrevivência ou na conversão alimentar dos camarões cultivados. Embora ainda haja poucos estudos sobre o efeito da adição de compostos no crescimento dos microrganismos antes do início do cultivo, Sesuk *et al.* (2009) relataram resultados promissores no desempenho zootécnico de tilápias em sistema de bioflocos. Esses resultados foram alcançados com a aclimação prévia de 78 dias de um biofiltro de polipropileno, utilizado como superfície para fixação de bactérias, além da adição de cloreto de amônia (NH_4Cl).

O biofloco formado em sistemas sem renovação de água possui alto teor proteico e pode ser utilizado como alimento para os camarões cultivados, isso possibilita a redução da quantidade de ração utilizada e, consequentemente, a obtenção de menores valores de conversão alimentar (CA) em comparação aos sistemas convencionais (Avnimelech, 2007; Ballester *et al.*, 2010). No presente estudo, embora o biofloco tenha apresentado um teor de proteína bruta de 19,6%, a conversão alimentar registrado foi de 1,3, valor inferior aos normalmente observados nesse tipo de sistema, em que a média de outros estudos varia entre 1,5 e 2,0 (Samocha *et al.*, 2007).

CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a inoculação de $2 \text{ mg N-NO}_2 \text{ L}^{-1}$, dez dias antes da estocagem dos camarões no sistema de cultivo BFT, se mostrou efetivo no controle do nitrogênio do nitrito, apesar do curto período de 28 dias, sem comprometer o crescimento, a conversão alimentar e a sobrevivência dos camarões.

Bem como, as variáveis de qualidade da água (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, salinidade, alcalinidade total, amônia e nitrato).

Agradecimentos

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) no âmbito do Programa Nacional de Carcinicultura (RECARCINA) pelo suporte financeiro. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- AVNIMELECH, Y. Carbon/ nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. **Aquaculture**, Amsterdam, v.176, n.3-4, p.227-235, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X)
- AVNIMELECH, Y. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. **Aquaculture**, Amsterdam, v.264, n.1-4, p.140-147, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.025>
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc Technology, a practical guidebook**. 2ª Edição. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana USA, 272 p., 2009.
- AVNIMELECH, Y. **Biofloc technology - a practical guidebook**. 3ª Edição. The World Aquaculture Society, Louisiana USA, 258 p., 2014.
- BALLESTER, E.L.C. *et al.* Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v.16, n.2, p.163-172, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00648.x>
- BOYD, C.E.; CLAY, J.W. **Evaluation of Belize Aquaculture, Ltd: A Superintensive Shrimp Aquaculture System**. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 17p., 2002.
- CORREIA, E.S. *et al.* Intensive nursery production of the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in biofloc-dominated system. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v.59, n.2, p.48-54, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2014.02.002>
- COMAN, F.E. *et al.* Nutricional composition of flocculated material in experimental zero-exchange system for *Penaeus monodon*, Sydney, Austrália, 98 pp, in **Australasian Aquaculture - Profiting from Sustainability**. World Aquaculture Society - WAS, 1035 p., Sydney, 2004.
- CHEN, S.; LING, J.; BLANCHETON, J.P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v.34, n.3, p.179-197, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.004>
- CRAB, R. *et al.* Bioflocs technology application in over-wintering of tilapia. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v.40, n.3, p.105-112, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2008.12.004>

CUNNIF, P. **Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists - AOAC**, 18 ed. Arlington, VA. 771p., 2005.

DE SCHRYVER, P. *et al.* The basics of bioflocs technology: the added value for aquaculture. **Aquaculture**, Amsterdam, v.277, n.3-4, p.125-137, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.019>

DURANT, E. *et al.* Waddell Mariculture Center continues research on biofloc-based shrimp culture. **Global Aquaculture Advocate**, v.3, p.28- 30, 2011.

EATON, A.D.; CLESERCI, L.S.; GREENBERG, A.E. **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water**. 10th edition. American Public Health Association (APHA), 1034 p., Washington D.C., 1995.

EBELING, J.M.; TIMMONS, M.B.; BISOGNI, J.J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, Amsterdam, v.257, n.1-4, p.346-358, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>

FURTADO, P.S. *et al.* Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). **Aquaculture International**, v.23, n.1, p.315-327, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9817-z>

GAONA, C.A.P. *et al.* The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. **International Journal of Recirculating Aquaculture**, v. 12, p.54-73, 2011

GAONA, C.A.P.; de Almeida, M.S.; Viau, V.; Poersch, L.H. & Wasielesky, W. Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. **Aquaculture Research**. v.48, p.1070-1079, 2017. <https://doi.org/10.1111/are.12949>

HANDY, M. *et al.* Nursery trial compares filtration system performance in intensive raceways. **Global Aquaculture Advocate**, v.8, p.77-79, 2004.

HARGREAVES, J.A. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v.34, n.3, p.344-363, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.08.009>

JORY, D.E. *et al.* A global review of shrimp feed management: Status and perspectives. In: BROWDY, C.L. & JORY, D.E. (eds.) **The new wave, proceedings of the special session on sustainable shrimp culture**. The World Aquaculture Society, 565 p., Baton Rouge, 2001.

KUHN, D.D. *et al.* Chronic toxicity of nitrate to Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*: Impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. **Aquaculture**, Amsterdam, v.309, n.1-4, p.109-114, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.014>

KRUMMENAUER, D. *et al.* Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in southern Brazil at different stocking densities. **The Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v.42, n.5, p.726-733, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00507.x>

LIN, Y.C.; CHEN, J.C. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, Amsterdam, v.259, n.1, p.109-119, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0022-0981\(01\)00227-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0981(01)00227-1)

LIN, Y.C.; CHEN, J.C. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v.224, n.1-4, p.193-201, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00220-5)

OTOSHI, C.; RODRIGUEZ, N.; MOSS, S. Establishing nitrifying bacteria in super intensive biofloc shrimp production. **Global Aquaculture Advocate**, v.14, p.24-26, 2011.

PIERCE, R.H.; WEEKS, J.M.; PRAPPAS, J.M. Nitrate toxicity to five species of marine fish. **The Journal of the World Aquaculture Society**, Baton Rouge, v.24, n.1, p.105-107, 1993. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.1993.tb00156.x>

PONCE-PALAFIX, J.P.; MARTINEZ-PALACIOS, C.A.; ROSS, L.G. The Effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. **Aquaculture**, Amsterdam, v.157, n.X, p.107-115, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00148-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00148-8)

RAY, A.J. *et al.* Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. **Aquaculture**, Amsterdam, v.310, n.1-2, p.130-138, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.10.019>

ROCHA, A.F. *et al.* Avaliação da formação de bioflocos na criação de juvenis de tainha *Mugil CF. hospes* sem renovação de água. **Atlântica**, Rio Grande, v.34, n.1, p.63-74, 2012. <https://doi.org/10.5088/atlantica.v34i1.2711>

SAMOCHA, T.M. *et al.* Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v.36, n.2, p.:184-191, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.10.004>

SEKUK, T.; POWTONGSOOK, S.; NOOTONG, K. Inorganic nitrogen control in a novel zero-water exchanged aquaculture system integrated with airlift-submerged fibrous nitrifying biofilters. **Bioresource Technology**, v.100, n.6, p.2088-2094, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.027>

SCHVEITZER, R. *et al.* Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in a tank system operated with no water exchange. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v.56, n.1, p.59-70, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2013.04.006>

TOMASSO, J.R.; CARMICHAEL, G.J. Acute toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to the Guadalupe bass, *Micropterus treculi*. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v.36, n.1, p.866-870, 1986. DOI: 10.1007/BF01623596

VINATEA, L. *et al.* Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. **Aquacultural Engineering**, Oxford, v.42, n.1, p.17-24, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2009.09.001>

XAVIER, M. *et al.* The use of a flocculant additive and its effect on biofloc formation, nitrification, and zootechnical performance during the culture of Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* (Boone, 1931) in a BFT system. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v.50, n.2, p.181-196, 2022. <http://dx.doi.org/10.3856/vol50-issue2-fulltext-2777>

WASIELESKY Jr., *et al.* Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.258, n.1-4, p.396-403, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.030>

ZAR, J.H., **Biostatistical analysis**, Prentice Hall, 622 p., New Jersey, 1996.

DOENÇAS NA PISCICULTURA COMO AMEAÇA À SEGURANÇA ALIMENTAR

Carlos Alberto Machado da Rocha
Instituto Federal do Pará (IFPA)

João Daniel Ferraz Santos
Instituto Federal do Pará (IFPA)

Lorena Araújo da Cunha
Secretaria de Estado de Educação do Pará - SEDUC/PA

Maria Vera Lúcia Ferreira de Araújo
Instituto Federal do Pará (IFPA)

Rayette Souza da Silva
Instituto Federal do Pará (IFPA)

RESUMO

As atividades de aquicultura têm sido atualmente mais reconhecidas por sua essencial contribuição para a segurança alimentar e nutrição global. Em nível nacional, a piscicultura se desenvolve de maneira robusta nos anos recentes, com significativos avanços no aumento da produção e profissionalização do setor. As doenças infecciosas e parasitárias figuram entre os principais problemas que interferem na produção aquícola, destacando-se como um dos grandes entraves, impactando em especial nos sistemas intensivos de cultivo que envolvem elevados recursos econômicos, grande quantidade de recursos humanos e extensas áreas de produção. Neste capítulo, são apresentados os diversos fatores que favorecem o surgimento de doenças em peixes cultivados, bem como os diferentes grupos de agentes infecciosos e parasitários, que podem atuar como patógenos na piscicultura: vírus, bactérias, protozoários, mixosporídeos, helmintos e crustáceos. Os exemplos usados como ilustração baseiam-se principalmente em estudos com tambaqui e tilápia do Nilo, duas das espécies mais cultivadas no Brasil. As informações levantadas no presente estudo alertam para o fato de que a sanidade figura entre os elementos mais importantes e relevantes a ser considerados no cultivo de peixes. Qualquer prejuízo neste quesito comprometerá a qualidade da produção, de modo que nem mesmo um ótimo manejo nutricional, nem excelentes características ambientais poderão garantir o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais em sua capacidade máxima, ocasionando perdas que podem ser significativas para todo o sistema de cultivo, o comprometimento da produção do alimento e até mesmo a falência do negócio.

Palavras-chave: ictioparasitologia; infestações; microbiologia; segurança alimentar.

INTRODUÇÃO

A **aquicultura** tem sido uma ferramenta decisiva para enfrentar os desafios da **segurança alimentar** em todo o mundo. Com o esgotamento de algumas populações de peixes selvagens e a sobrepesca em certas áreas, a aquicultura tornou-se uma alternativa ambientalmente responsável para a produção de **alimentos sustentáveis**. Em países com problemas de desnutrição e insegurança alimentar, a produção de peixes, camarões, moluscos e algas passa a ser uma fonte vital de nutrientes essenciais para muitas comunidades (Bittencourt, 2023).

De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), a aquicultura deve ser considerada uma atividade de importância global, por conta de sua contribuição para a **segurança alimentar** e o **fornecimento de peixes no futuro** (Cavalli *et al.*, 2021). A piscicultura brasileira vem se desenvolvendo de maneira robusta nos últimos anos, com significativos avanços em termos de aumento da produção e profissionalização do setor (Pedroza Filho *et al.*, 2020).

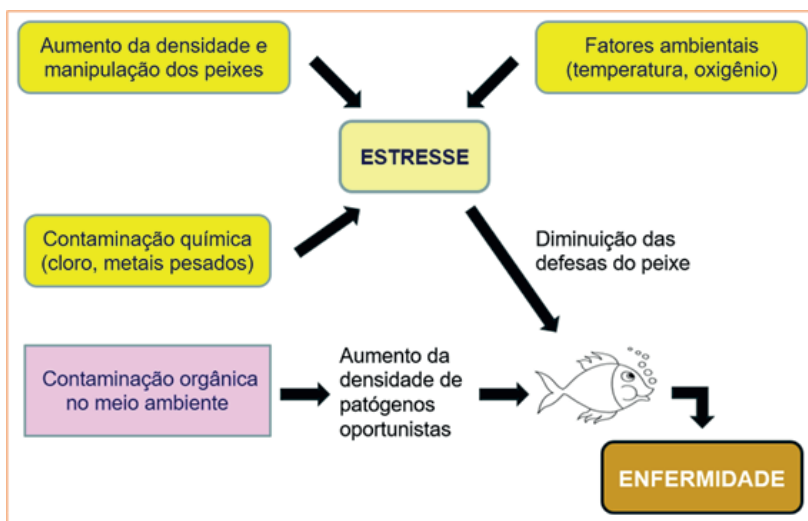
A aquicultura tem um papel crucial na segurança alimentar, entretanto alguns desafios ainda requerem superação. Problemas relacionados à **sustentabilidade ambiental, saúde animal**, regulamentações e direitos das comunidades pesqueiras precisam ser tratados para garantir que essa atividade progrida de maneira ética e equitativa (Bittencourt, 2023).

Com o aumento da ingestão de peixes no mundo, é necessário avaliar as **condições sanitárias e higiênicas** dos peixes desde a fase de reprodução até a fase de consumo. Na verdade, práticas de higiene inadequadas são um risco enorme ao **perfeito desenvolvimento dos peixes** e à **saúde do consumidor** (Macedo *et al.*, 2015).

Na realidade, as necessidades são várias: melhorar as condições de **sanidade animal**, inclusão social, sustentabilidade e saúde ocupacional na aquicultura. A aquicultura é um setor em rápida expansão e, por isso, ainda necessita de programas específicos e bem estabelecidos no que se refere às práticas relacionadas à saúde animal. Nesse contexto, a preocupação com práticas seguras deve estar presente para garantir a sanidade do pescado, que ainda tem sofrido **perdas econômicas significativas** por **ocorrência de doenças** (Cavalli *et al.*, 2021).

É de grande importância o **enfoque multidisciplinar** da pesquisa para o avanço da aquicultura, o que significa um desenvolvimento integrado do conhecimento de diferentes aspectos da biologia dos organismos a serem cultivados, como fisiologia, reprodução, genética, nutrição e patologia, associado a uma melhor compreensão dos fatores ambientais que afetam o cultivo (Toranzo *et al.*, 2004). Com efeito, o aparecimento e desenvolvimento de uma enfermidade (doença) nos peixes resulta da interação entre **patógeno**, **hospedeiro** (peixe) e **ambiente**.

Figura 1 - Esquema dos diferentes fatores implicados no aparecimento de uma enfermidade em peixes.



Fonte: Adaptado de Toranzo *et al.*, 2004.

Neste capítulo são abordados os diversos **fatores que favorecem** o surgimento de **doenças em peixes** cultivados. Também são apresentadas informações sobre Microbiologia e Ictiopatologia, apresentando diferentes grupos de **agentes infecciosos e parasitas**, que podem atuar como **patógenos** no desenvolvimento de **doenças na piscicultura**: vírus, bactérias, protozoários, mixosporídeos, helmintos e crustáceos. Como ilustração, são mostrados exemplos baseados principalmente em estudos com duas das espécies mais cultivadas no Brasil: *Oreochromis niloticus* (**tilápia do Nilo**) e *Colossoma macropomum* (**tambaqui**).

FATORES PREDISPOONENTES ÀS DOENÇAS NA PISCICULTURA

A predisposição para doenças em peixes pode ser considerada o resultado final de uma interação entre os **fatores próprios do hospedeiro** (suscetibilidade e imunidade do peixe), os **fatores próprios do agente patogênico** (virulência do patógeno) e os **fatores ambientais ou de manejo** (estressores ambientais). Importante ressaltar que o estado de imunidade do peixe é também afetado por estressores ambientais.

Dentre os fatores estressores, merecem destaque:

- **Fator nutricional/manejo alimentar.** Quanto aos **aspectos qualitativos**, o responsável deve atentar para a fase de vida e hábito alimentar da espécie, níveis de garantia apresentados nos rótulos das rações, data de validade e forma de armazenamento. O tipo de alimento é outra questão de qualidade a ser analisada cuidadosamente, visto que seu baixo custo não é garantia de maior lucratividade no cultivo. O alimento também deve ser **fornecido na quantidade e frequências certas** para evitar sub ou superalimentação (Corrêa; Silva, 2022) e o uso de subprodutos deve seguir orientação técnica.
- **Qualidade da água/contaminação da água.** Fontes de água fora da propriedade estão mais sujeitas à poluição; **fontes de matéria orgânica** como: alimento não consumido; adubações desnecessárias e/ou mal dosadas, excesso de excretas em consequência de densidades superestimadas, restos vegetais que não são removidos, etc., podem se tornar substratos aos patógenos e/ou alterar a qualidade da água; **mudanças sazonais** no fotoperíodo e temperatura também podem ser insalubres e facilitar um estado doentio; **proliferação excessiva de fitoplâncton e macrófitas** pode levar ao esgotamento do oxigênio dissolvido e à presença de substâncias tóxicas produzidas por algumas espécies de microalgas. Portanto, o monitoramento da água em todo o cultivo permite adoção de medidas corretivas e a manutenção de cada variável na faixa ótima para a espécie selecionada.

Figura 2 - Professora Maria Vera Lúcia Ferreira de Araújo, do IFPA, orienta piscicultores familiares sobre a qualidade da água de cultivo, no Curso de Formação Inicial e Continuada (FIC) de Aquicultor, na ilha de Outeiro, em Belém do Pará (2025).



- **Densidade populacional.** Avaliar conjuntamente fatores como qualidade da água, quantidade de resíduos depositados, se há renovação de água, assim como sistema artificial de oxigenação, fase de crescimento dos peixes (alevinagem, recria ou engorda) e o peso desejado ao final da etapa, permitem conhecer a capacidade suporte de cada unidade de cultivo (SENAR, 2017). Além disso, para impedir a reprodução precoce no sistema, que poderia acarretar uma superpopulação, deve-se dar preferência aos lotes monosexo.
- **Policultivo.** Entre os exemplos mais conhecidos estão: a) policultivo de carpas (carpa-capim, carpa-comum e carpa-cabeçuda); b) cultivo de tilápia com camarões. É indispensável o bom conhecimento acerca das espécies e densidades adotadas para que não haja competição por recursos ou para promover benefício. Wang *et al.* (1998), por exemplo, relatam que em condições adequadas tilápias ao se alimentarem de camarões moribundos ou mortos, reduzem infecções e transmissões virais entre eles.
- **Presença de predadores.** Entre os principais predadores na piscicultura, destacam-se aves, libélulas e morcegos. O ataque de aves pode ocorrer tanto pelo ar quanto pela água, tendo as garças e mergulhões entre os famosos nessa modalidade predatória. O uso de rede anti-pássaros pode ser bastante útil para proteger contra esses ataques e as consequentes perdas. Por outro lado, a traíra que é uma espécie de peixe predador, bastante popular pela sua carne muito saborosa,

em alguns casos chega a ser usada intencionalmente como controle da população de outros peixes, já que possui uma notável capacidade predatória.

- **Classificação por tamanho.** Usualmente, se preconizam lotes homogêneos, mas, estudos com linhagens de tilápia do Nilo apontam que indivíduos com tamanhos iguais no mesmo lote desestabilizam a hierarquia e aumentam o estresse social, com mais interações agressivas, mais gasto energético e maior probabilidade de lesões (Gonçalves-de-Freitas *et al.*, 2019).
- **Ausência de viveiro de quarentena e/ou aclimação inadequada.** Se os peixes recém adquiridos ou a água de transporte vierem com agentes patogênicos, a piscicultura que vai receber esse lote pode ser contaminada, caso não sejam realizadas quarentena e aclimação cuidadosa. Além disso, deve-se priorizar a aquisição de alevinos de propriedades com histórico de ausência de doenças.
- **Manejo indevido.** A realização de transporte e biometrias em horas com temperaturas elevadas e sem adição de sal como medida profilática; desinfecção ausente ou mal realizada em equipamentos e nas unidades de cultivo (viveiros, tanques, caixas d'água etc.) são importantes causas de estresse aos peixes.

Basicamente, **cada episódio de doença na piscicultura** enfraquece a cadeia produtiva, ao gerar prejuízo econômico, rejeição a médio e longo prazo do consumidor em relação ao peixe de cultivo e **insegurança alimentar**. Tal problemática pode ser evitada por meio do investimento em capacitação dos técnicos (tratadores) para o cumprimento das recomendações de boas práticas de cultivo, uso de técnicas de enriquecimento ambiental (Barcellos; Buss, 2022), cumprimento das diretrizes sanitárias dispostas na Instrução Normativa 04/2019 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, e implantação de soluções tecnológicas, como por exemplo a adoção da biometria por Inteligência Artificial (Cassanego, 2024). Ademais, a **adoção de medidas profiláticas** ao longo do cultivo também é boa alternativa no alcance da biossegurança, como: probióticos, imunoestimulantes, hidrolisados proteicos e peptídeos bioativos, óleos essenciais de plantas e sal comum (Barcellos; Buss, 2022).

Neste sentido, programas de assistência técnica e extensão rural (ATER) e a democratização do acesso ao conhecimento teórico-prático sobre a atividade piscícola se destacam como aliados, contribuindo para o **crescimento econômico sustentável, segurança alimentar** e redução da pobreza, o que se alinha aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Nações Unidas, 2025).

Em relação às **doenças causadas por vírus e bactérias** na piscicultura, como não conseguimos enxergar esses organismos e, algumas vezes, nem mesmo as lesões que eles causam, é muito importante trabalhar na **prevenção**, além de ficar muito atentos aos principais **sinais de doenças microbianas** nos peixes como: letargia, perda de apetite, necroses e as hemorragias, que podem se manifestar nas nadadeiras, olhos, ânus e órgãos internos.

VÍRUS

Os vírus são microrganismos acelulares que precisam de células hospedeiras vivas para se multiplicar; são, portanto, parasitas intracelulares obrigatórios. Possuem uma estrutura simples, composta pelo genoma viral (ácido nucléico: DNA ou RNA), que pode ser constituído por fita simples (ss) ou dupla (ds), linear ou circular, de polaridade positiva ou negativa (Cavalli *et al.*, 2021). São responsáveis por doenças de alta preocupação atualmente, como o Vírus da Tilápia do Lago (TiLV, do inglês, *Tilapia Lake Virus*) e o vírus da Necrose Infecciosa do Baço e Rim (ISKNV, do inglês, *Infectious Spleen and Kidney Necrosis Virus*).

A infecção pelo ISKNV provoca a morte de tecidos no baço e o aumento anormal de células chamadas megalócitos, que aparecem principalmente no rim e baço dos peixes. Os principais sintomas são a falta de apetite, pouca movimentação, respiração acelerada, mudanças na coloração corporal, olhos saltados (exoftalmia) e inchaço no abdome. Embora não seja uma zoonose, causa sérios prejuízos econômicos às pisciculturas (APQC, 2025).

BACTÉRIAS

As bactérias são microrganismos que fazem parte da comunidade microbiológica da água e são encontradas vivendo em equilíbrio com os peixes. Quando um desequilíbrio é instalado no ambiente aquático, provoca estresse nos peixes, afetando o sistema imunológico e tornando-os muito susceptíveis

às enfermidades causadas pelas bactérias (Faria; Moraes, 2013). A seguir, estão as principais bactérias associadas a doenças nos cultivos de tilápia e tambaqui:

Doença da coluna ou columnariose. A bactéria *Flavobacterium columnare* se desenvolve melhor em águas com temperaturas elevadas e alta concentração de partículas minerais em suspensão, como silte e argila, especialmente durante períodos chuvosos, quando há aumento do material em suspensão devido às enxurradas (Faria; Moraes, 2013). Nos estágios iniciais, os sintomas são inespecíficos e incluem letargia, redução do apetite, natação descoordenada, respiração acelerada e o aparecimento de manchas acinzentadas ou áreas amareladas de erosão, geralmente cercadas por uma borda avermelhada na cabeça, corpo e brânquias (Cavalli *et al.*, 2021). À medida que a doença avança, podem ser observadas extensas áreas necrosadas na superfície corporal, progredindo para a septicemia, onde a mortalidade ocorre devido à perda de eletrólitos e de proteínas ou pelo choque septicêmico (Pilarski *et al.*, 2011).

Figura 3 - Tambaqui com lesões características de columnariose pelo tegumento.

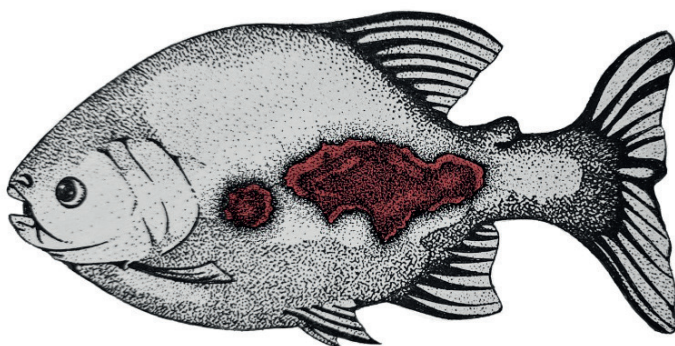


Ilustração de João Daniel Ferraz Santos, 2025.

Infecção por *Aeromonas*. As bactérias do gênero *Aeromonas* são encontradas em abundância em águas com alta carga de matéria orgânica, baixa concentração de oxigênio dissolvido e temperaturas elevadas. Elas atuam como agentes infecciosos secundários, aproveitando-se da debilidade de peixes já afetados por outras doenças bacterianas, parasitárias ou virais. Os peixes infectados apresentam redução do apetite, comportamento letárgico, lesões hemorrágicas

na pele e exoftalmia com olhos opacos. Para evitar surtos, é essencial manter a qualidade da água, evitar alta densidade populacional, manejar os peixes nos períodos mais frescos do dia e fornecer ração balanceada em quantidades adequadas para cada estágio de desenvolvimento (Faria; Morais, 2013).

Infecção por *Pseudomonas*. As bactérias do gênero *Pseudomonas* fazem parte da microbiota natural dos peixes, mas podem se tornar altamente patogênicas em condições de estresse, como desnutrição e superlotação, levando a infecções graves. Os principais sintomas incluem septicemia hemorrágica, necrose nas brânquias, inchaço abdominal, aumento do baço, fígado frágil e rim congestionado (Algammal *et al.*, 2020). A manutenção da qualidade da água, o controle da densidade populacional, o manejo adequado nos horários mais frescos do dia e o fornecimento de ração balanceada em quantidades apropriadas são fundamentais para a prevenção (Faria; Morais, 2013).

Infecção por *Streptococcus*. As bactérias do gênero *Streptococcus* são Gram-positivas, com maior atividade de desenvolvimento nos meses mais quentes do ano. Elas afetam principalmente peixes adultos acima de 100 gramas, podendo causar mortalidade de até 80% do plantel (Cavalli *et al.*, 2021; Faria; Morais, 2013). Os peixes infectados apresentam sintomas típicos de sepsse bacteriana, como anorexia, escurecimento da pele, natação descoordenada, letargia, curvatura do corpo, olhos saltados (frequentemente acompanhados de opacidade da córnea ou hemorragia intraocular), ulceração na pele e hemorragias ao redor da boca, opérculo e nadadeiras. As manifestações internas incluem congestão das brânquias, aumento do fígado e baço, ascite e encefalomalacia (Cavalli *et al.*, 2021).

A transmissão de estreptococoses ocorre horizontalmente pela água ou via fecal-oral, por meio de alimentos contaminados. Medidas preventivas incluem evitar superlotação, adotar boas práticas de manejo, remover imediatamente peixes mortos ou moribundos, realizar vazio sanitário em áreas afetadas, desinfetar equipamentos e instalações e adquirir alevinos e juvenis de qualidade, mantendo-os em quarentena antes do povoamento (Cavalli *et al.*, 2021).

Franciselose. O gênero *Francisella* inclui bactérias Gram-negativas, que possuem formato de cocobacilo. Essas bactérias são responsáveis por desencadear uma doença granulomatosa em peixes de água doce e marinhos, afetando principalmente a tilápia do Nilo, especialmente durante períodos de queda na

temperatura da água, que representam o principal fator de risco para a infecção (Faria; Moraes, 2013).

Na fase inicial, os sintomas podem ser pouco evidentes, mas à medida que a doença progride, podem surgir esplenomegalia, olhos saltados, presença de manchas esbranquiçadas ou nódulos no baço, rins, fígado e brânquias, além de palidez, perda de apetite, redução da movimentação e natação irregular. A infecção pode levar a uma alta taxa de mortalidade, principalmente entre alevinos e juvenis. A transmissão pode ser pelo contato direto com peixes infectados, por meio da água, alimentos contaminados ou por vetores. Medidas preventivas incluem a adoção de boas práticas de manejo, controle da densidade populacional nos tanques, manutenção adequada das condições sanitárias do ambiente e aquisição de alevinos certificados como livres deste patógeno e realizar a quarentena antes do povoamento (Cavalli *et al.*, 2021).

PROTOZOÁRIOS

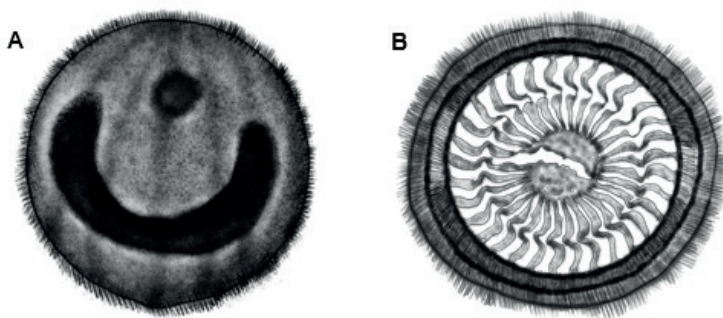
Os **Protozoa** constituem um sub-reino dos protistas e correspondem a organismos eucariontes, unicelulares e geralmente microscópicos. Reúnem uma grande variedade de grupos (ou filos) de formas e dimensões muito variadas. Como parasitas de organismos aquáticos merecem destaque, no presente levantamento, o *Piscinoodinium pillulare* (Mastigophora: Dinoflagellida) e várias espécies do filo Ciliophora.

Os protozoários parasitos encontram-se nas brânquias e pele dos peixes, causando irritação e prurido, aumento na produção de muco e o comportamento denominado *flashing*, que corresponde ao movimento do peixe, esfregando sua lateral, para raspagem nos taludes dos viveiros, macrófitas ou qualquer substrato mais áspero na tentativa de retirar o agente agressor (Fujimoto *et al.*, 2015).

O protozoário flagelado *Piscinoodinium pillulare* é um parasito responsável por sérios problemas sanitários em peixes nativos de cativeiro no Brasil, como o tambaqui (*Colossoma macropomum*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) e menos frequentemente a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Martins *et al.*, 2015). A chamada “doença do veludo”, causada por *P. pillulare* também já foi observada nos híbridos tambacu e patinga. Entre

os protozoários Ciliophora destacam-se *Ichthyophthirius multifiliis* e espécies do gênero *Trichodina*.

Figura 4 - Representação esquemática de protozoários ciliados. (A) trofozoíto de *Ichthyophthirius multifiliis* e (B) gênero *Trichodina*.



Ilustrações de Lorena Cristini Gomes Lobato, 2025.

Ichthyophthirius multifiliis movimenta-se por batimentos dos seus cílios e apresenta ciclo de vida direto e rápido, sendo por isso muito perigoso. A enfermidade causada no peixe pelos trofozoítos do protozoário é conhecida como doença do ponto branco (ictiofitiríase ou, simplesmente, íctio). Quando em altas infestações, pode causar grandes mortalidades, particularmente em peixes jovens. Por conta da grande variedade de hospedeiros em que pode ser encontrado, *I. multifiliis* é considerado um parasita eurixeno, já tendo sido observado, por exemplo, em tambaqui, pacu, tambacu, pirarucu, peixinho-dourado, piaçu, jundiá, jaú, pintado, cachara, carpas, tilápias e acarás.

Figura 5 - Doença do ponto branco, em acará da espécie *Geophagus brasiliensis*, em cativeiro.



Foto: Carlos Alberto Machado da Rocha, 2018.

É relatado na literatura que choques bruscos de temperatura, não realização do processo de aclimação dos animais, altas densidades de estocagem e manejos em épocas inadequadas são fatores que favorecem a proliferação do parasita (Fujimoto *et al.*, 2015). Uma vez detectada a infestação, variados procedimentos têm sido propostos para a eliminação da íctio, incluindo a elevação do pH (8,5 a 9,0), a elevação da temperatura da água, uso de formol, uso de cal hidratada.

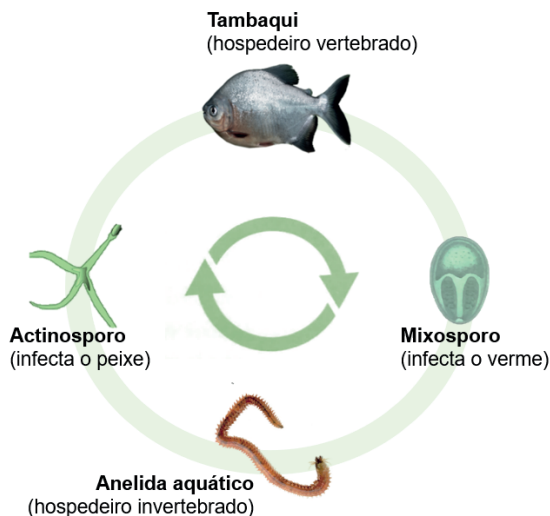
O gênero *Trichodina* inclui protozoários ciliados, em forma de disco, que parasitam a pele, nadadeiras e brânquias dos peixes. De acordo com Eiras (2013), os sinais clínicos decorrentes do parasitismo por *Trichodina* spp. são escoriações e ferimentos no tegumento e nas brânquias causadas pela ação abrasiva do disco adesivo que compõe a morfologia deste ectoparasito. Embora menos frequentes, há algumas espécies que são endoparasitas. Sendo parasitas de ciclo direto (monoxeno), os *Trichodina* reproduzem-se com rapidez em condições de cultivo.

No Brasil, a tilápia do Nilo é um dos peixes que apresenta grande variedade de espécies de *Trichodina* parasitas, principalmente em comparação com as espécies nativas de peixes. Rodrigues *et al.* (2019), por exemplo, relatam cinco espécies do gênero parasitando essa tilápia: *T. compacta*, *T. heterodontata*, *T. magna*, *T. centrostrigeata*, *T. migala*. O parasitismo por *Trichodina* spp. também já foi relatado em tambaqui, pacu, pirapitinga, pirarucu e curimatá.

MIXOSPORÍDEOS

Myxosporea são organismos parasitas de peixes e outros vertebrados, que estão entre os mais enigmáticos organismos da natureza. Durante muito tempo foram incluídos entre os protozoários. Atualmente, entretanto, são indicados como uma classe de cnidários microscópicos que sofreram intensas simplificações morfológicas e miniaturização na sua adaptação ao parasitismo (Rocha, 2018). A maioria destes parasitos é **estenoxeno**, uma vez que ataca somente uma única espécie.

Figura 6 - Ciclo evolutivo de *Myxobolus colossomatis*, espécie de microsporídeo parasito de *Colossoma macropomum* (tambaqui).



Fonte: Adaptado de Rocha, 2018.

O *Myxobolus colossomatis* geralmente ocorre na pele do tambaqui, mas pode ser encontrado formando seus cistos em outros órgãos: músculos, brânquias, olhos, fígado, rim, coração, baço, vesícula biliar e gônadas. O gênero *Henneguya*, com mais de 120 espécies é, dos mixosporídeos, o mais comum na fauna ictiológica da bacia do rio Amazonas (Azevedo; Matos, 1989). Embora a infestação por espécies de mixosporídeos seja mais comum em peixes livres no ambiente natural, *Henneguya piaractus* e até mesmo *Myxobolus colossomatis* já foram registradas parasitando o pacu *Piaractus mesopotamicus* em pisciculturas de Goiás e São Paulo. *H. piaractus* causa lesões cutâneas e branquiais que, **em caso de hiperinfestação**, podem resultar em **grandes mortalidades** e **expressivo impacto econômico**.

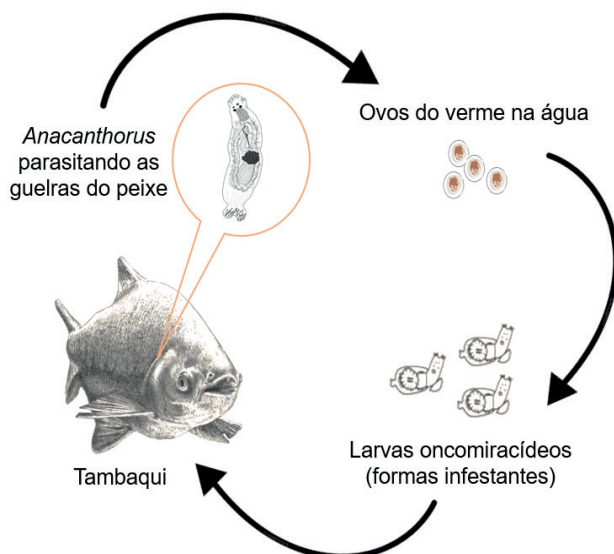
PLATELMINTOS

Platyhelminthes constituem o filo dos vermes de corpo achatado dorso-ventralmente. Há três grupos de platelmintos parasitos, que diferem na morfologia e nos detalhes do ciclo de vida: os monogêneos (Monogenea) são principalmente ectoparasitos; os trematodas são vermes endoparasitos em forma de folha; os cestodas são vermes endoparasitos em forma de fita.

Os **monogêneos** são apontados como os parasitos mais comuns e patogênicos em peixes de cultivo, por atingir níveis elevados de infestação. Seu ciclo de vida é **monoxeno**, ou seja, pode completar-se com apenas um hospedeiro, sem a participação de hospedeiro intermediário. Além disso, segundo Takemoto *et al.* (2004), reproduzem-se com grande rapidez e o confinamento de peixes da mesma espécie em tanques de piscicultura é uma condição ótima para proliferação, fazendo com que estes parasitos se tornem **um dos grandes problemas da piscicultura**.

A família Dactylogyridae inclui a maioria das espécies de monogêneos de água doce do Brasil; suas larvas (**oncomiracídeos**) invadem o hospedeiro e migram para os sítios de infestação, geralmente brânquias e cavidade nasal, onde se fixam. Algumas espécie dessa família, como *Anacanthorus spathulatus* e *Notozothecium janauachensis*, já foram descritas parasitando tambaqui, pacu, pirapitinga, tambacu e tambatinga em pisciculturas da Amazônia. Suas infestações massivas, principalmente nas brânquias, resultam na morte de hospedeiros, levando à **menor produção de peixes para a alimentação humana**, além de **perdas econômicas**.

Figura 7 - Modelo de ciclo evolutivo monoxeno de verme do gênero *Anacanthorus*, apresentando um tambaqui como único hospedeiro.



Elaborado por Carlos Alberto Machado da Rocha, 2025.

Cultivos de tilápias *Oreochromis niloticus* em diferentes regiões do Brasil, particularmente sob condições inadequadas de temperatura e poluição, têm apresentado infestação por monogêneos das espécies *Cichlidogyrus tilapiae* e *C. thurstonae*, ambas com preferência pelas brânquias do peixe.

Os **trematodas** apresentam o corpo achatado e ovoidal, lembrando uma pequena folha. A classe inclui duas subclasses, mas apenas uma apresenta importância econômica e médica por conta de patologias que causam em diferentes animais, incluindo diversos peixes – Digenea. Os trematodas digêneos caracterizam-se como parasitos **heteroxenos**, ou seja, com ciclo evolutivo complexo envolvendo um hospedeiro definitivo e um ou mais hospedeiros intermediários; geralmente um dos intermediários é molusco e o hospedeiro definitivo pode ser um peixe ou uma ave piscívora (Pavanelli *et al.*, 2008).

Tanto os digêneos adultos quanto suas larvas podem ocorrer em peixes, sendo que as larvas (metacercárias) são mais agressivas para o hospedeiro do que as formas adultas. Entretanto, uma vez que seu ciclo de vida é bastante complexo e a transmissão tem que acontecer troficamente, os digêneos **são mais comuns no ambiente natural**, enquanto **seu registro em pisciculturas é relativamente raro**. Farias *et al.* (2023), por exemplo, identificaram geneticamente amostras do digêneo *Austrodiplostomum* sp, com base em isolados de metacercárias dos olhos de tambaqui cultivado na Amazônia.

Nos **cestodas**, a região anterior apresenta o escólex adaptado à adesão no hospedeiro; o corpo, em forma de uma longa fita, apresenta-se segmentado. Esses vermes são conhecidos popularmente como tênias. Suas diversas espécies são endoparasitas, com o corpo recoberto por um tegumento com adaptações especiais associadas ao consumo de nutrientes, pois não possuem trato digestivo. **Sua incidência em peixes de cultivo não é comum**, pois, tal como nos trematodas, o ciclo evolutivo é heteroxeno e geralmente envolve vários hospedeiros.

Apesar da raridade de cestodas na piscicultura, um evento improvável ocorreu no Brasil. A tênia asiática dos peixes, *Schyzocotyle acheilognathi* (sin. *Bothriocephalus acheilognathi*), tem sido considerada um dos parasitas mais perigosos para carpas cultivadas e um risco para populações nativas de peixes de água doce em todo o mundo, pois tem alto potencial patogênico, podendo causar mortalidades em peixes infestados. Rego *et al.* (1999) relataram a ocorrência

de *S. acheilognathi* em *Cyprinus carpio* (carpa-comum) de uma piscicultura brasileira no município de Cornélio Procopio, norte do estado do Paraná.

NEMATODAS

Namatoda é um táxon bastante diverso e difundido, seus representantes são vermes com o corpo alongado, cilíndrico e afilado nas extremidades, é graças a essa morfologia que estes organismos ocupam inúmeros habitats, inclusive o corpo de uma variedade de hospedeiros, o que os torna um importante grupo de animais parasitas, que podem apresentar dois hospedeiros, sendo um intermediário e outro definitivo, podendo, inclusive, ser vetores de zoonoses (Ruppert *et al.*, 2005). Esses animais representam um importante grupo parasita de peixes, encontrados nos hospedeiros tanto na forma adulta quanto na forma larvária. Os danos causados por esses parasitas dependem do órgão onde estão localizados e do número de indivíduos presentes no hospedeiro; traumas, intoxicação e espoliação podem ser causados pelos nematodas; ulcerações, perfurações gástricas e intestinais, além de alterações hematológicas, também são danos frequentes.

Larvas de nematodas da família Anisakidae são frequentemente encontradas em peixes de rios da Amazônia, como descrito por Rabelo *et al.* (2017) em *Plagioscion squamosissimus* (pescada branca) e *Pellona castelnaeana* (sarda) no estado do Pará. Segundo os mesmos autores, os hospedeiros finais desses Anisakidae na bacia amazônica são cetáceos amplamente distribuídos nas águas fluviais da região, particularmente o golfinho tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) e o boto-rosa (*Inia geoffrensis*).

Na piscicultura, diversos gêneros de nematodas são identificados parasitando peixes. Em algumas situações, a presença desses parasitas pode ser atribuída aos peixes usados na alimentação para os espécimes cultivados e também ao status sanitário da produção. Martins (2017), identificou quatro gêneros de nematodas (*Procamallanus*, *Rhabdochona*, *Goezia* e larvas de *Brevimulticaecum*) no *Leporinus macrocephalus* (piauí-açu), em pisciculturas no estado do Acre, principalmente na piscicultura semi-intensiva.

O gênero *Goezia* também foi encontrado em *Arapaima gigas* (pirarucu) em piscicultura (Santana *et al.*, 2017) e os autores atribuíram esta presença ao peixe utilizado como alimento. Santos *et al.* (2024) identificaram os nematodas

Procamallanus sp., *Spirocamallanus* sp. e *Klossinemella* sp. no tambaqui cultivado no estado de Roraima, onde esse peixe é o mais presente em cultivo e o mais consumido.

ACANTOCÉFALOS

O filo **Acanthocephala** reúne vermes cilíndricos endoparasitos de ciclo heteroxeno que, na fase adulta, ocorrem no intestino de seus hospedeiros vertebrados, onde se fixam por meio de uma tromba com espinhos chamada **probóscide** (Pavanelli *et al.*, 2008). Embora sejam mais comuns em peixes livres na natureza, destaca-se que nos peixes cultivados no Brasil, os principais gêneros de acantocéfalos encontrados são: *Echinorhynchus*, *Neoechinorhynchus* e *Polyacanthorhynchus*. Espécies de *Neoechinorhynchus*, por exemplo, já foram registradas em pisciculturas de tambaqui e seus híbridos na Amazônia, bem como no jundiá (*Rhamdia quelen*) cultivado no Rio Grande do Sul.

HIRUDINOS

A classe **Hirudinomorpha** ou **Hirudinea** é a menor do filo Annelida, incluindo vermes popularmente conhecidos como **sanguessugas**. São animais comuns em água doce, embora alguns hirudinos possam ser encontrados no mar ou em ambientes terrestres úmidos. Os hirudinos apresentam corpo achatado dorsoventralmente e duas ventosas: uma na região anterior do corpo, ao redor da boca, e outra na região posterior, com a qual se fixam ao substrato. A segmentação desses anelídeos é bem reduzida e as cerdas são ausentes (Ruppert *et al.*, 2005).

Hirudinos podem parasitar peixes, causando ulcerações, hemorragias e infecções, além de serem vetores de outros parasitas como protozoários. *Trypanosoma* spp. e *Cryptobia* spp., por exemplo, podem se desenvolver no trato digestivo de hirudinos e, quando na forma epimastigotas, migram para a probóscide, onde se transformarão para a inoculação nos peixes durante o repasto sanguíneo (Nascimento; Gallani, 2022).

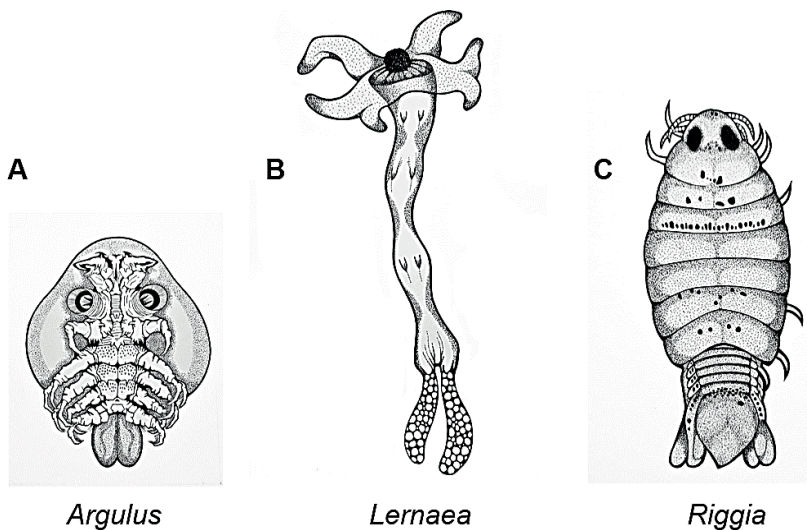
Nas brânquias de matrixãs *Brycon amazonicus*, produzidos em pisciculturas e criados em igarapés da região de Turumã-Mirim em Manaus, foram observados espécimes de sanguessugas *Placobdella* sp., um hirudino da família Glossiphoriidae

(Malta *et al.*, 2009). Hirudinos da mesma família foram encontrados nas brânquias de tambaquis cultivados em tanque-rede no estado do Amapá (Santos *et al.*, 2013).

CRUSTÁCEOS

Entre os diversos grupos que parasitam peixes, os **Crustacea** podem ser considerados ectoparasitos que impactam negativamente o sistema de produção, ocasionando **grandes prejuízos e podendo levar ao fracasso do empreendimento** (Pavanelli *et al.*, 2008). Os três principais grupos de crustáceos que parasitam peixes de água doce pertencem às subclasses Branchiura e Copepoda e à ordem Isopoda (Tavares-Dias *et al.*, 2015).

Figura 8 - Representação esquemática de crustáceos parasitos. (A) subclasse Branchiura, (B) subclasse Copepoda e (C) ordem Isopoda.



Ilustrações de João Daniel Ferraz Santos, 2025.

Os **branquiúros** constituem uma subclasse com uma única família, Argulidae, representada por crustáceos ectoparasitas de peixes, conhecidos por piscicultores e pescadores, de maneira geral, sob a denominação popular de “piolhos de peixes”. Apresentam características resultantes de adaptação parasitária, como a modificação das antênulas, antenas e primeiras maxilas como órgãos de fixação ao hospedeiro e a existência de uma **probóscide** suctória que envolve as mandíbulas. Os **argulídeos** são parasitas periódicos, uma vez que as larvas

são livres em uma ou várias fases de seu desenvolvimento. No último estágio, as larvas fixam-se aos hospedeiros, dos quais se alimentam daí em diante. Atacam de preferência peixes, mas têm sido encontrados parasitando alguns anfíbios. Não possuem hospedeiro específico; assim, podemos encontrar uma mesma espécie de argulídeo parasitando várias espécies de peixes, bem como uma mesma espécie de peixe sendo atacada por diversas espécies de argulídeos.

Os argulídeos localizam-se geralmente na face interna do opérculo branquial, no último arco branquial e cavidade bucal, mas também na superfície externa do corpo e nadadeiras. Sua forma de transmissão é direta e horizontal, ou seja, ocorre de um peixe contaminado para outro, pois esses parasitos são capazes de nadar ativamente em busca de um peixe hospedeiro para alimentar-se. Além disso, pode ocorrer por meio de água de tanques de cultivo contaminados com as formas livres, ou mesmo por intermédio da água contaminada oriunda de um transporte de peixes. De acordo com Porto *et al.* (2022), *Argulus* e *Dolops* são gêneros de branquiúros parasitos frequentes em peixes selvagens, que se alimentam por meio da penetração do aparelho bucal no local parasitado, causando danos mecânicos ao hospedeiro. Há poucos registros de argulídeos infestando peixes de cultivo no Brasil, bem como seus prejuízos nas pisciculturas. Por outro lado, uma vez que argulídeos se instalem em ambiente de cultivo, os problemas podem ser enormes, por conta da facilidade de transmissão e do grande número de hospedeiros em ambiente confinado. Em estudo recente, Silva (2024) relatou prevalência considerável de infestações por *Argulus* spp. e *Dolops* spp. em tilápias provenientes de cultivo em tanque rede, vindos da cidade de Traipu, em Alagoas.

Os **copépodes** são o maior e mais diversificado grupo de crustáceos (Varella; Malta, 2009), correspondendo aos parasitas que mais afetam direta ou indiretamente a indústria da aquicultura global, onde **estima-se uma perda de cerca de US\$ 300 milhões anualmente** (Johnson *et al.*, 2004). Os ectoparasitas pertencentes a esta subclasse encontram-se nas câmaras branquiais e no tegumento, podendo também se localizar nas narinas e na cavidade bucal dos seus hospedeiros (Eiras *et al.*, 2010). Podem ser facilmente detectados em função da sua coloração que contrasta frequentemente com o tegumento do hospedeiro e apresentam estruturas especializadas para a fixação em diferentes órgãos dos hospedeiros, suas peças bucais foram modificadas para furar e sugar (Thatcher, 2006).

Entre os copépodes, a família Lernaeyidae merece destaque devido à sua grande ocorrência em peixes de cultivo, seu impacto negativo na produção aquícola e a sua ampla distribuição geográfica. Os **lernaeyídeos**, apresentam formato corporal variável e podem infestar diferentes espécies de peixes de cultivo e da natureza. São também conhecidos como “anchorworms” (**vermes âncora**). Segundo Pavanelli *et al.* (2008), além das lesões diretas ao hospedeiro causando inflamação e ulceração, os lernaeyídeos favorecem a ocorrência de infecções secundárias (provocadas por bactérias e fungos) devido às injúrias promovidas pelo órgão de fixação (âncora).

As enfermidades causadas por crustáceos dessa família são denominadas lerneoses e *Lernaey cyprinacea* é uma das espécies mais comuns e bem estudadas. Sua transmissão é horizontal, por meio da água contendo as formas imaturas (náuplios ou copepoditos), da introdução de peixes infestados no ambiente ou dos utensílios contaminados, que podem ser vetores (CTVZ, 2022). Considerando que os atuais sistemas de criação de peixes são caracterizados por alta densidade de estocagem populacional, visando a máxima produção, os peixes estressados se tornam predispostos a infestações por parasitos como *L. cyprinacea*, pois a fêmea desse parasito pode se fixar em qualquer espécie de peixe, no qual irá se desenvolver, produzindo novos indivíduos (SENAR, 2017).

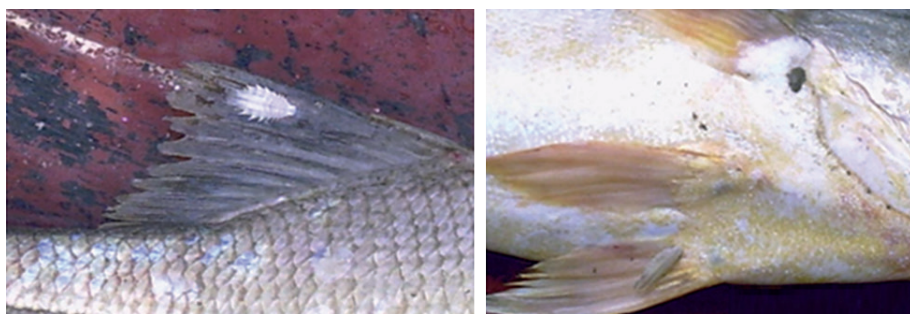
Em 2018, Gervasoni e colaboradores apresentaram o primeiro relato de *L. cyprinacea* no jundiá (*Rhamdia quelen*) em cativeiro na província de Santa Fé, Argentina. *L. cyprinacea* foi introduzido na América do Sul através de ciprinídeos (família das carpas e do peixinho-dourado). A presença deste parasito é evidência de introdução de espécies exóticas através da comercialização de seus hospedeiros naturais. O potencial de colonização de patógenos introduzidos em ambientes naturais é uma ameaça à integridade dos ecossistemas.

A família Ergasilidae também inclui copépodes responsáveis por grandes mortalidades em pisciculturas. Espécies do gênero *Ergasilus* podem provocar a constrição dos filamentos branquiais, impedindo o fluxo sanguíneo e as infestações massivas podem levar à morte (Takemoto *et al.*, 2004). Delgado *et al.* (2018) descreveram infestações por *Ergasilus coatiarus* em duas espécies de ciclídeos de importância econômica para a aquicultura na região amazônica: *Cichla monoculus* (tucunaré) e *Chaetobranchius semifasciatus* (acará-prata). Os peixes foram coletados de uma piscicultura semi-intensiva, perto da cidade de Nauta, estado

de Loreto, Peru. Os parasitos foram encontrados nos filamentos branquiais dos peixes. Este é o primeiro relato de *E. coatiarius* parasitando *C. semifasciatus* na bacia amazônica e o primeiro relato em *C. monoculus* do Peru.

Isópodes são animais de corpo achatado, com sete pares de patas torácicas e tamanho muito variado. O crustáceos da ordem Isopoda são geralmente marinhos, mas existem famílias de água doce e até espécies terrestres. Os parasitos dessa ordem são frequentemente encontrados na cavidade bucal, brânquias, tegumento e nadadeiras (Takemoto *et al.*, 2004).

Figura 9 - Isópodes observados em nadadeiras de peixes desembarcados no município de São Caetano de Odivelas, Pará, em 2007.



Fotos: Cortesia de Marcos Ferreira Brabo, Universidade Federal do Pará.

Entre os isópodes parasitos que ocorrem na América do Sul, destacam-se os gêneros *Riggia* e *Artystone* que são altamente patogênicas, podendo penetrar perto do ânus, alojar-se em órgãos internos, como o fígado e causar sua atrofia. Há isópodes que se prendem à língua e promovem sua atrofia e degeneração. Nestes casos, alguns autores acreditam que os crustáceos agem como comensais (Thatcher, 2006). Não é comum a ocorrência de isópodes em peixes de cultivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na maioria das vezes, as infecções por **vírus** e **bactérias**, além das infestações por **protozoários** e outros agentes patogênicos (como **vermes** e **crustáceos**), bem como as perdas mais significativas dos estoques, costumam estar associadas à falta de controle da qualidade da água e ao manejo inadequado. Entre os principais fatores que contribuem para o surgimento de enfermidades e/ou perda de parte ou de todo o plantel de peixes estão: a) elevada densidade

de peixes; b) dieta pouco nutritiva ou inadequada; c) manipulação intensa e frequente; d) presença de predadores próximos ao viveiro (especialmente aves); e) temperaturas inadequadas à espécie cultivada; f) baixo nível de oxigênio dissolvido; g) elevada concentração de produtos nitrogenados (amônia e nitrito); h) excesso de matéria orgânica e i) eutrofização (Souza-Bastos, 2017).

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, C.; MATOS, E. (1989). Some ultrastructural data on the spore development in a *Henneguya* sp parasite of the gill of a Brazilian fish. **Parasitology Research**, v. 76, p. 131-134.

ALGAMMAL, A. M.; MABROK, M.; SIVARAMASAMY, E.; FATMA, M. Y.; MONA, H. A.; ALI, W. E.; HELAL, F. H.; WAEL, N. H. MDR emergente - *Pseudomonas aeruginosa* em peixes comumente abrigam genes de virulência opr L e tox A e genes de resistência a antibióticos bla TEM, bla CTX-M e tet A. **Scientific Reports**. 10, 15961. 2020.

APQC. Associação dos Pesquisadores Científicos do Estado de São Paulo. (2025). **Instituto de Pesca investiga vírus que afeta sanidade de peixes e causa prejuízos à piscicultura**. Disponível em <https://apqc.org.br/instituto-de-pesca-investiga-virus-que-afeta-sanidade-de-peixes-e-causa-prejuizos-a-piscicultura/>. Acesso: em 06 de mar. de 2025.

BARCELLOS, L.J.G.; BUSS, L.P (Coords.) **Manual de Boas práticas no Cultivo de Peixes**. Brasília: MAPA/SDI, 2022. 170p.

BITTENCOURT, G. (2023). **Aquicultura: Fortalecendo a Segurança Alimentar**. Disponível em <https://meupescado.com.br/aquicultura-fortalecendo-a-seguranca-alimentar/>. Acesso: em 19 de jan. de 2025.

CASSANEGO, S.R. (2024). **Deteção automática não invasiva de dados biométricos para peixes através de inteligência artificial**. Trabalho de conclusão de curso (Sistemas de informação). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

CAVALLI, L.S.; ROCHA, A.F.; CAMBOIM, E.S.S.; VARGAS, W. (Orgs.). (2021). **Principais doenças infecciosas em camarões e tilápias na aquicultura**. Porto Alegre: SEAPDR/DDPA, 63p.

CORRÊA, R.O.; SILVA, R.S. (2022). **Bases para o manejo alimentar sustentável na piscicultura**. Brasília, DF: Embrapa. 50p.

CTVZ. CADERNOS TÉCNICOS de VETERINÁRIA e ZOOTECNIA. (2022). **Doenças parasitárias em peixes de produção**. Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado de Minas Gerais – CRMV/MG. Projeto de Educação Continuada. Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, FEP MVZ Editora, (Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG. N° 101, Fevereiro/2022 – ISSN 1676-6024.

DELGADO, P.M.; PATTA, A.C.M.F.; GAMA, G.; MERTINS, O. (2018). Infestation by *Ergasilus coatiarius* (Copepoda: Ergasilidae) in two Amazonian cichlids with new host record from Peru: An ectoparasites natural control approach. **Comptes Rendus Biologies**, v. 342, n. 1, p. 16-19.

EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R.M.; PAVANELLI, G.C. (2010). **Diversidade dos parasitas de peixes de água doce do Brasil**. Maringá: Clichetec. 333p.

EIRAS, J.C. (2013). Ciliophora. In: PAVANELLI G.C., TAKEMOTO R.M. & EIRAS J.C. (Eds). **Parasitologia de peixes de água doce do Brasil**. Maringá: EDUEM, pp.233-245.

FARIA, R. H. S. de; MORAIS, M. **Manual de criação de peixes em viveiros**. Brasília: Codevasf, 2013.

FARIAS, E.F.; SILVA, H.C.M.D.; CARVALHO, A.P.C.; MARTINS, R.M.; BELEM-COSTA, A.; DUNCAN W.P.; GOMES, A.L.S.; MATOSO, D.A. (2023). Molecular identification of *Austrodiplostomum* sp., an eye parasite among farmed tambaqui in Amazonia. **Genet Mol Biol**. v. 46, n. 1, e20210345.

FUJIMOTO *et al.* (2015). **Doenças Parasitárias e Manejo Profilático de Tambaquis (*Colossoma macropomum*) na Região do Baixo São Francisco**. Aracaju (SE): Embrapa Tabuleiros Costeiros, 41p.

GERVASONI, S.H.; CHEMES, S.B.; SCAGLIONE, M.C.; CERUTTI, R.D. (2018). First report of *Lernaea cyprinacea* (Crustacea: Lernaeidae) parasiting *Rhamdia quelen* (Pisces: Heptapteridae) in Santa Fe (Argentina) under hatchery conditions. **Rev Colomb Cienc Pecu**. v. 31, n. 3, p. 229-234.

GONÇALVES-DE-FREITAS, E.; BOLOGNESI, M.C.; GAUY, A.C.S.; BRANDÃO, M.L.; GIANQUITO, P.C.; FERNANDES-CASTILHO, M. (2019). Social Behavior and Welfare in Nile Tilapia. **Fishes**, 4(2): 23, p. 1-14.

JOHNSON, S.C.; BRAVO, S.; NAGASAWA, K.; KABATA, Z.; HWANG, J.; HO, J.; SHIH, C.T. (2004). A review of the impact of parasitic copepods on marine aquaculture. **Zoological studies**. v. 43, n. 2, p.229-243.

MACEDO, D.S.; MARTINS, M.L.; WEBER, M.L. (2015). Identificação das condições higiênico-sanitárias na comercialização de pescado em feiras livres na região sul de São Paulo. **Life Style**, v. 2, n. 1, p. 23-30.

MARTINS, W.M.O. (2017). **Taxonomia e índices parasitários de helmintos parasitos de *Leporinus macrocephalus* Garavello & Britski, 1988 (Characiformes: Anostomidae) em sistemas de cultivo no estado do Acre**. Tese (Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Saúde), Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 140p.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 4, de 28 de fevereiro de 2019**. Altera a Instrução Normativa MPA nº 04, de 04 de fevereiro de 2015 que institui o Programa Nacional de Sanidade de Animais Aquáticos de Cultivo - "Aquicultura com Sanidade". Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/programas-de-saude-animal/arquivos-programas-sanitarios/INMAPAn4de28.02.2019AlteraalNMPA042015.pdf>. Acesso em: 28 de jan. de 2025.

MARTINS, M.L.; CARDOSO, L.; MARCHIORI, N.; PÁDUA, S.B. (2015). Protozoan infections in farmed fish from Brazil: diagnosis and pathogenesis. **Brazilian Journal of Veterinary Parasitology**, v. 24, n. 1, p. 1-20.

NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Nações Unidas Brasil, 2025. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 26 jan. 2025.

NASCIMENTO, R.M.; GALLANI, S.U. (2022). **Parasitoses causadas por protozoários flagelados**. Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia, nº 101, Minas Gerais.

PAVANELLI, G.C.; EIRAS, J.C.; TAKEMOTO, R.M. (2008). **Doenças de Peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento**. Maringá (PR): EDUEM, 311p.

PEDROZA FILHO, M.X.; FLORES, R.M.V.; ROCHA, H.S.; DA SILVA, H.J.T.; SONODA, D.Y.; DE CARVALHO, V.B.; DE OLIVEIRA, L.; RODRIGUES, F.L.M. (2020). O mercado de peixes da piscicultura no Brasil: estudo do segmento de supermercados. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Pesca e Aquicultura. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 25; Palmas/TO. 40pp.

PILARSKI, F.; ISHIKAWA, M. M.; SEBASTIÃO, F. A.; PÁDUA, S. B. De; SAKABE, Róberson. **Columnariose:** Etiologia, Sinais Clínicos e Envio de Amostras para Análise Laboratorial. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 32 p.

PORTO, S.M.A.; TAVARES-DIAS, M.; MACIEL, P.O.; CASTRO, L.A. 2022. Crustáceos Argulídeos e Lerneídeos de peixes de água doce do Brasil. *In: Cadernos técnicos de veterinária e zootecnia – Doenças parasitárias em peixes de produção*. UFMG/Belo Horizonte. Centro de Extensão da Escola de Veterinária da UFMG. Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, FEP MVZ Editora.

RABELO, N.L.F.; SILVA, T.C.M.; ARAUJO, L.R.F.; PINHEIRO, R.H.S.; ROCHA, C.A.M. (2017). Detection of Anisakidae larvae parasitizing *Plagioscion squamosissimus* and *Pellona castelnaeana* in the State of Pará, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 39, n. 3, p. 389-395.

REGO, A.A.; CHUBB, J.C.; PAVANELLI, G.C. (1999). Cestodes in South American freshwater teleost fishes: keys to genera and brief description of species. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 2, p. 299 – 367.

ROCHA, C.A.M. (2018). **Biodiversidade: genes, espécies, ecossistemas**. Belém (PA): Editora SEE, 172p.

RODRIGUES, F.S.; ASSANE, I.M.; VALLADÃO, G.M.R.; PAULA, F.G.; ANDRADE, C.L.; MORAES, A.P.; DALLAGNOL, M.; PASCOAL, L.M. (2019). First report of *Trichodinella* and new geographical records of trichodinids in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) farmed in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 28, n. 2, p. 229-237.

RUPPERT, E.E.; FOX, R.S.; BARNERS, R.D. (2005). **Zoologia dos Invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva**. Editora Roca, 7ª Edição, São Paulo.

SANTANA, H.P.; MOREY, G.M.; LIMA, J.P.; MALTA, J.C.O. (2017). Influência de metazoários parasitas na morte de juvenis de *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) criados em uma piscicultura na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Zoociências**, v.18, n. 2, p. 77-90.

SANTOS, E.F.; TAVARES-DIAS, M.; PINHEIRO, D. A.; NEVES, L. R.; MARINHO, R.G.B.; DIAS, M.K.R. (2013). Fauna parasitária de tambaqui *Colossoma macropomum* (Characidae) cultivado em tanque-rede no estado do Amapá, Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**. v. 43, n. 1, p. 105 -112.

SANTOS, M.; FRISSE, R.M.; SILVA, V.S.; SILVA, L.S.; SILVA, L.S. (2024). Fauna parasitária em tambaqui (*Colossoma macropomum*) provenientes de pisciculturas do município de Rorainópolis-Roraima Brasil. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 6, p. 01-16.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Piscicultura: manejo da produção de peixes em viveiros**. Brasília: SENAR, 2017. 120 p.

SILVA, M.D.F. (2024). **Avaliação de ectoparasitas em tilápia (*Oreochromis niloticus*) comercializadas na feira livre de Palmeira dos Índios – AL**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Pesca). Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca.

SOUZA-BASTOS, L.R. (2017). **Problemas em sua piscicultura? Entenda as principais causas e medidas para evitar maiores prejuízos**. Disponível em: <https://gia.org.br/portal/problemas-em-sua-piscicultura-entenda-as-principais-causas-e-medidas-para-evitar-maiores-prejuizos/>. Acesso em: 28 de fev. de 2025.

THATCHER, V.E., 2006. **Amazon fish parasites**. Pensoft, Moscow.

TAKEMOTO, R.; LIZAMA, M.; GUIDELLI, G.; PAVANELLI, G. (2004). Parasitos de peixes de águas continentais. *In: M.J.T. RANZANI-PAIVA, M.J.T.; TAKEMOTO, R.M.; LIZAMA, M.A.P. (Orgs.). Sanidade de organismos aquáticos*. São Paulo: Livraria Varela, p. 179-198.

TAVARES-DIAS, M.; NEVES, L.R. (2017). Diversity of parasites in wild *Astronotus ocellatus* (Perciformes, Cichlidae), an ornamental and food fish in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, p. 2305-2315.

TORANZO, A.E.; BARJA, J.L.; DOPAZO, C.P.; ROMALDE, J.L. (2004). Enfermedades bacterianas y víricas de peces marinos. *In*: RANZANI-PAIVA, M.J.T.; TAKEMOTO, R.M.; LIZAMA, M.A.P. (Orgs.). **Sanidade de organismos aquáticos**. São Paulo: Livraria Varela, p. 3-49.

VARELLA, A.M.B.; MALTA, J.C.O. (2009). Copepoda Cyclopoida e Poecilostomatoida. *In*: **A fauna de artrópodes da Reserva Florestal Ducke: Estado atual do conhecimento taxonômico e biológico**. Manaus: Editora INPA.

WANG J.; LI D.; DONG S. WANG K.; TIAN X. (1998). Experimental studies on polyculture in closed shrimp ponds. I. Intensive polyculture of Chinese shrimp (*Penaeus chinensis*) with tilapia hybrids. **Aquaculture**, 163(1-2): 11-27.

DOENÇAS TRANSMITIDAS POR ALIMENTOS ASSOCIADOS AO PESCADO E DERIVADOS NO BRASIL: UMA REVISÃO

Maria Elena Gomes Santos
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Juliett de Fátima Xavier da Silva
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

Ana Paula de Almeida Portela da Silva
Universidade Federal de Alagoas (UFAL)

RESUMO

Objetivo: as doenças transmitidas por alimentos (DTAS) são causadas por agentes biológicos; químicos ou físicos; os quais penetram no organismo humano pela ingestão de água ou alimentos contaminados. Esta pesquisa investigou o cenário das doenças transmitidas por alimentos associados ao pescado no Brasil; a partir de uma revisão bibliográfica no período de 2012 a 2022. **Métodos:** a pesquisa é de abordagem qualitativa e quantitativa; por meio de análise das notificações referentes aos surtos de DTA's veiculados ao consumo de pescado publicado em bases de dados científicos. **Resultados:** entre os agentes etiológicos envolvidos destaca-se biotoxinas marinhas causadoras da doença de Haff representando 34;89%; as bactérias *Escherichia coli*; *Klebsiella spp.*; *Staphylococcus spp.*; *Bacillus cereus*; *Salmonella ssp* e *Salmonella enteritidis*; *Vibrio parahaemolyticus* representando 21;28%; a intoxicação por histamina com 17;27%; as ficotoxinas com 5;37%; doença do baiacu com 1;37% e intoxicação por ciguatera responsável por 1;37% dos casos. Cerca de 18;45% dos casos relacionados ao pescado não possuem identificação dos agentes etiológicos. **Conclusão:** a carência de dados epidemiológicos sobre a ocorrência de doenças veiculadas ao consumo de pescado e derivados no Brasil; e a falta de comunicação dos surtos gera uma subnotificação; dificultando a mensuração real dos alimentos envolvidos. Recomenda-se a adoção de medidas instrutivas para os manipuladores de pescados e de capacitações para os profissionais de saúde para atuação às DTA's veiculadas ao pescado.

Palavras-chave: organismos aquáticos; higiene; saúde pública; segurança do alimento; surtos alimentares.

INTRODUÇÃO

A produção e o consumo de pescados no Brasil vêm crescendo a cada ano. O pescado é um alimento saudável e cada vez mais procurado pela população em todas as faixas de renda, sendo recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) o consumo de 12Kg de consumo de pescados por habitantes por ano, trazendo muitos benefícios para a saúde humana (Mapa, 2019). Os peixes e derivados são uma excelente fonte de proteínas, vitaminas, minerais e ácidos graxos essenciais, e são considerados alimentos funcionais, ou seja, são de grande importância para redução de riscos de doenças, sobretudo as cardiovasculares. Porém, também são capazes de trazer malefícios para a saúde se estiverem contaminados (Silva *et al.*, 2019).

As doenças transmitidas por alimentos (DTA's) são consideradas um grande problema relacionado à saúde populacional e vem crescendo mundialmente, são aquelas causadas pela ingestão de água ou alimentos contaminados (Silva *et al.*, 2017). Além disso, pode afetar a economia e gerar custos. As bactérias são as principais causadoras de DTA's, sobretudo *Salmonella spp.*, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. Os sintomas mais comuns associados à infecção são: diarreia, náuseas, vômitos e dores abdominais. É considerado surto de DTA quando duas ou mais pessoas apresentam doença ou sintomas semelhantes após ingerirem alimentos ou água contaminados, normalmente ocorre no mesmo local, pois os alimentos são da mesma origem (Brasil, [s.d.]).

Na cadeia produtiva do pescado, faz-se necessário uma análise de riscos em todas as etapas do processo, devido os patógenos que contribuem para as doenças após o consume (Soares; Gonçalves, 2012). Além do perigo biológico (microrganismos e parasitas), os perigos químicos (toxinas, produtos químicos, antibióticos) e físicos (vidro, metal, ossos, terra, pragas, espinhas) também podem contaminar o pescado e seus derivados, em qualquer fase da produção, sendo necessária a adoção de medidas preventivas, desde o recebimento até sua distribuição; como exemplo, existem o Procedimento Operacional Padrão (POP), as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e a Análise de Perigo e Pontos Críticos de Controle (APPCC), dentre outros. (Silva *et al.*, 2017). A redução da exposição do pescado aos perigos são fundamentais para garantir a qualidade e segurança dos produtos (Cribb *et al.*, 2018).

Além dos riscos associados aos microrganismos patogênicos, merecem destaque pela importância em saúde pública as biotoxinas e os endoparasitas. As principais biotoxinas marinhas associadas ao consumo de pescados e derivados causam: Intoxicação paralisante (PSP) ou envenenamento paralisante por moluscos, Intoxicação diarreica (DSP) ou envenenamento diarréico, Intoxicação amnésica (ASP) ou envenenamento amnésico, Intoxicação neurotóxica (NSP), Intoxicação por consumo de azaspirácidos (AZP) e a síndrome do venerupino (VSP) (Deolindo, 2021). Tetrodotoxismo ou Doença do baiacu, Intoxicação ciguatérica ou ciguatera e Intoxicação por palitoxina associada a Doença de Haff (O'Malley, 2022).

Dentre os parasitas que afetam humanos através do consumo de pescado, sobretudo peixes crus e mal cozidos, destacam-se os nematódeos da Família Anisakidae sendo as principais espécies a *Anisakis spp.*, *Anisakis simplex*, *Pseudoterranova spp.* e *Pseudoterranova decipiens* (Cardia; Bresciani, 2012).

Este trabalho visou investigar em publicações nacionais e internacionais dos anos de 2012 a 2022, as doenças transmitidas por alimentos (DTA) associadas ao pescado e derivados no Brasil, e principais microrganismos envolvidos em surtos.

MÉTODOS

Esta pesquisa tem como referência metodológica a revisão bibliográfica sistemática (PRODANOV, 2013) em bases de dados científicos como: Portal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Scientific Electronic Library Online (SCIELO) (www.scielo.org), SCOPUS (www.scopus.com) e SCIENCE DIRECT (www.sciencedirect.com). Entre os sistemas de acesso livre, optou-se pelo Google acadêmico (scholar.google.com.br), além de outras como sites de secretarias de saúde do Brasil. Foram utilizados os seguintes descritores: "doenças transmitidas por alimentos", "peixes", "pescados", "surtos alimentares", "intoxicação alimentar" associados ou não.

Os critérios de inclusão foram: artigos científicos de revistas nacionais e internacionais, boletins técnicos, boletins epidemiológicos das secretarias de saúde, legislação, monografia, dissertação, teses e artigos online, entre os anos de 2012 a 2022. Realizou-se a leitura do título e resumo para selecionar os trabalhos que tratavam de doenças causadas pelo consumo dos peixes e

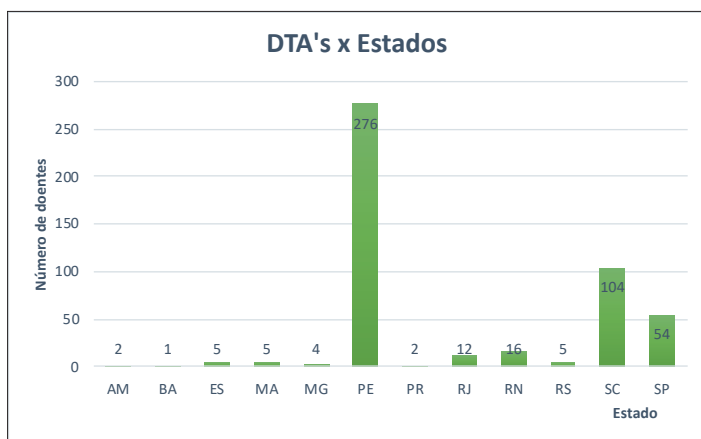
frutos do mar. Após esta etapa, os trabalhos selecionados para compor a revisão foram completamente lidos e realizada uma análise quantitativa e qualitativa dos documentos. Os critérios de exclusão foram publicações anteriores a 2012, estudos realizados sobre doenças causadas por contaminação química e física no pescado, artigos iguais de diferente bases e assuntos não relevantes ao tema da pesquisa. Ao final, foram selecionados 68 documentos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Doenças transmitidas por consumo de pescados e derivados

De acordo com dados divulgados pelo Ministério da Saúde sobre o perfil epidemiológico das doenças transmitidas por alimentos e água, de 2016 a 2019, foram notificados 2.504 surtos no Brasil. Dentre os grupos de alimentos identificados nos surtos de DTA neste período, o pescado e frutos do mar e processados, estão envolvidos em 2,1% dos casos, ou seja, 52 surtos, com um total de 486 pessoas doentes (Figura 1), havendo um aumento significativo, pois entre 2000 e 2015 foram notificados 0,9% dos casos causados por esse grupo de alimentos (Brasil, 2021).

Figura 1 - Número de diagnóstico vinculados ao consumo de pescado nos Estados brasileiros.



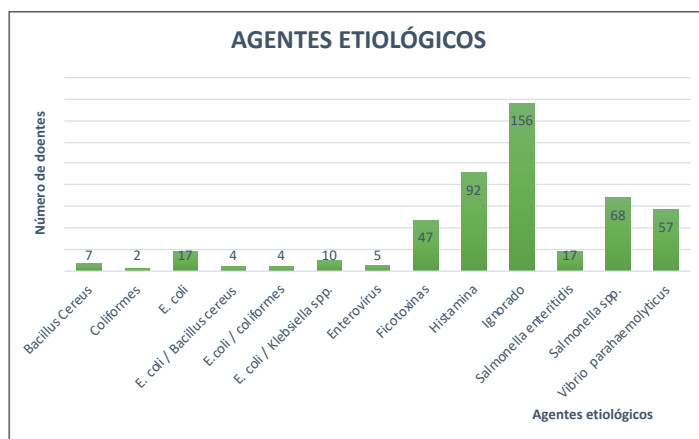
Fonte: Ministério da Saúde (2020).

Dentre os Estados notificados, Pernambuco (276), Santa Catarina (104) e São Paulo (54) se destacaram com grande número de pessoas doentes após

se alimentarem com pescado, provavelmente porque possuem uma fiscalização sanitária mais eficiente e atuante.

A Figura 2 mostra os agentes etiológicos e as toxinas mais predominantes que contaminaram os pescados e derivados causando sintomas de DTA's após o consumo. Os critérios de confirmação desses agentes citados pelo Ministério da Saúde englobam: laboratorial clínico, clínico epidemiológico e laboratório bro-motológico. Alguns casos foram inconclusivos, denominando agentes ignorados.

Figura 2 - Número de agentes etiológicos e toxinas associados ao consumo de pescados e derivados de 2016 a 2019.



Fonte: Ministério da Saúde (2020).

A histamina foi responsável por 18,93% das contaminações em pescados e derivados, resultando em 92 pessoas doentes. Intoxicação por histamina ou escombrotóxina é resultante da exposição do peixe em período de tempo e temperatura inadequados. Bactérias como a *Morganella morganii* e *Hafnia alvei* são responsáveis pela degradação do aminoácido histidina em histamina (Souza, 2015). A Instrução Normativa 161/2022 determina que o limite máximo de histamina deve ser 100 mg/kg, somente para peixes com elevado teor de histidine (*Carangidae*, *Gempylidae*, *Istiophoridae*, *Scombridae*, *Clupeidae*, *Engraulidae*, *Coryfenidae*, *Pomatomidae*, *Scombrosidae*). Os sintomas mais comuns causados pela histamina são dormência, formigamento e sensação de queimação da boca e queda de pressão. Os pescados mais comuns associados a contaminação por histamina são o atum, sardinhas e os peixes salteadores (Matias, 2019).

As bactérias do grupo *Escherichia.coli*, *Klebsiella spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Bacillus cereus* e coliformes foram responsáveis por 9,05% das DTA's associadas ao pescado e derivados. Agentes como os *Vibrio parahaemolyticus* apresentaram uma média de 11,73% das contaminações. *Salmonella ssp* e *salmonella enteritidis* também foram detectadas, com 13,99% e 3,49% respectivamente das contaminações causadoras de doenças. Ficotoxinas apontaram em média 9,67% e os enterovírus ficaram com 1,03%. E cerca de 32,10% dos agentes etiológicos não foram identificados nas unidades de saúde de atendimento, ou seja, 156 pessoas doentes não sabem qual agente etiológico contaminou o pescado consumido.

O presente trabalho identificou 74 surtos e 874 casos durante o período de 2012 a 2022. A tabela 1 mostra um quadro de resumo das doenças veiculadas ao consumo de pescados no Brasil no referido período.

Tabela 1 - Resumo das doenças transmitidas por alimentos (DTA'S) veiculadas ao consumo de pescados no Brasil (2012-2022).

Doenças	Agente Etiológico / Toxina	Surtos	Casos	Óbitos	Referências
Doença de Haff	Possivelmente por Palitoxina	18	305	4	Portal FioCruz, Governo do Estado da Bahia, Gabriella <i>et al.</i> , MS – Boletim Epidemiológico, Prefeitura Rio de Janeiro, Nota Técnica do Ceará, Secretaria de Estado de Saúde Pública (Sespa), Vigilância em Saúde do Amapá.
Gastrenterite	<i>Salmonella spp.</i> , <i>Shigella sp.</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>E.coli</i> , <i>Clostridium perfringens</i> e <i>Clostridium botulinum</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> .	20	186	0	Ministério da Saúde, 2020.
Escombrotóxicose	Histamina	10	151	0	Ministério da Saúde, 2020. TAKEMOTO <i>et al.</i> , 2019. FILHO, 2019. MATTIAS, 2019.
Não identificados	-	23	156	0	Ministério da Saúde, 2020.
DPS	Ficotoxinas	1	47	0	Ministério da Saúde, 2020.
Doença do Baiacu	Tetrodoxina	1	12	0	MOREIRA, 2021.
Intoxicação ciguatérica	Ciguatoxina	1	12	0	COSTA <i>et al.</i> ., 2017.
TOTAL		74	874	4	-

Do total de casos, a doença de Haff representou 34,89% dos casos, já as bacterioses e vibrioses causadas por *Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Bacillus cereus*, *Salmonella ssp.*, *Salmonella enteritidis* e *Vibrio parahaemolyticus* foram responsáveis por 21,28%; a escombrotóxicose ficou com 17,27%; as doenças causadas por ficotoxinas com 5,37%, a doença do baiacu com 1,37% e

intoxicação ciguatérica com 1,37% dos casos. Cerca de 18,45% dos casos de DTA's relacionados ao pescado não possuem identificação dos agentes etiológicos.

Bacterioses

As principais bactérias patogênicas relacionadas a doenças vinculadas aos pescados são *Salmonella spp*, *Shigella sp*, *Staphylococcus aureus*, *E.coli*, *Clostridium perfringens* e *Clostridium botulinum*. Dentre as bactérias, identificadas como causadoras de infecções alimentares aparecem as do gênero *Vibrio*. As mais comuns são *Vibrio parahaemolyticus*, *V. cholerae*, *V. vulnificus* (Aragão; Trajano, 2022; Soares; Gonçalves, 2012; Lintzmaia *et al.*, 2021). *Escherichia coli* e as bactérias do gênero *Salmonella* são bacilos Gram-negativos, pertencem à família *Enterobacteriaceae*. *E. coli* é uma bactéria do grupo dos coliformes termotolerantes e a principal causadora de doenças diarreicas, vômitos, dores abdominais, via ingestão de água e alimentos contaminados (Santiago *et al.*, 2013).

Um estudo a partir da coleta de amostras de peixes de duas embarcações do Município de Coari - Amazonas demonstrou presença de bactérias psicotróficas na embarcação I presença de *Salmonella sp*, coliformes totais e termotolerantes nas amostras de ambas. O armazenamento inadequado destes alimentos é uma das principais causas de contaminação, é necessário que no momento da pesca o produto seja disposto em temperatura adequada (Souza *et al.*, 2021). Em São Luís- MA, foram analisadas 60 amostras de sashimis de salmão de alguns restaurantes japoneses, os resultados mostraram elevadas contagens de coliformes a 35°C e 12 amostras com >102 NMP/g de coliformes a 45 °C, presença de *E. coli* e de *Salmonella sp.* em 3 amostras cada, ausência de *V. parahaemolyticus* e *Staphylococcus* coagulase positiva e contagem de *Staphylococcus* coagulase negativa entre <20 e 5,0 x 104 UFC/g, presença de *Aeromonas spp.* em 95% das amostras, sendo 60 isolados *A. hydrophila* e seis *A. caviae* (Cordeiro *et al.*, 2020).

Vibrioses

As vibrioses são bactérias gram-negativas halofílicas em forma de bastonetes, comum em ambientes marinhos, estuarinos e de água doce, que se distribuem principalmente em peixes e derivados em todo o mundo. Há uma grande disseminação de *Vibrio spp.* devido às mudanças climáticas e consequentemente

aumento da temperatura da água do mar (Matos, 2022). O *V. parahaemolyticus* é considerado a principal causa de doenças diarreicas transmitidas por frutos do mar contaminados crus ou mal cozidos quando consumidos pelos humanos (Baker-Austin *et al.*, 2018). São bacilos Gram-negativos, anaeróbios facultativo, pertencente à família das *Vibrionaceae*. Um alimento contaminado por esse agente se consumido pode causar gastroenterite, infecções com erupções cutâneas, cólica abdominal, náusea, vômito, febre, calafrio e cefaleia. Esta bactéria ocorre naturalmente no ambiente marinho, presente em uma grande variedade de pescados e já foi detectado em bacalhau, sardinha, cavala, linguado, mexilhões, polvo, camarão, caranguejo, lagosta, lagostim, vieiras, ostras e algas marinhas (Santiago *et al.*, 2013).

Em um estudo realizado em Pelotas – Rio Grande do Sul 120 peixes das espécies *Mugil furnieri* (corvina), *Mugil platanus* (tainha) foram amostrados e analisados quanto à presença de *Vibrio parahaemolyticus*. Dentre os 120 peixes analisados, foram isolados *Vibrio parahaemolyticus* de quatro (3,33%) pescados, sendo *Mugil platanus* a única espécie de peixe na qual o microorganismo foi encontrado (Rosa *et al.*, 2017). *V. parahaemolyticus* e *Vibrio vulnificus* também são encontradas em ostras, mariscos e águas marinhas mornas, o risco de infecção ocorre quando as pessoas comem frutos do mar crus ou não cozidos. Os sintomas de vibriose após a ingestão de peixes e derivados contaminados, principalmente em ostras, ocorre de dois a dez dias de diarreia aquosa, cólicas abdominais, náuseas, vômitos, dores de cabeça, febre e arrepios (Lopes, 2020).

V. vulnificus causa septicemia e morte após a ingestão de frutos do mar. No Brasil, os relatos de contaminação por *V. vulnificus* têm sido associados principalmente a ostras. Casos de diarreia e sepse foram relatados nos estados de São Paulo, Bahia e Ceará (Silveira, 2018). Outras espécies como *Vibrio cholerae*, *Vibrio fluvialis* e *Vibrio mimicus* também foram associadas a casos clínicos (Matos, 2022).

Biotoxinas marinhas

A intoxicação por biotoxinas é considerada grave e está aumentando cada vez mais, a mais comum é a histamina, podendo levar à morte em casos mais severos, devido ao seu potencial alergênico (Souza, 2015). Essa biotoxina é produzida quando as bactérias presentes no organismo do peixe decompõem

a histidina, um aminoácido encontrado nos músculos do pescado. Nos estudos realizados por Cordeiro *et al.* (2020) na cidade de São Luís-Maranhão, das 60 amostras analisadas de sashimi de salmão, 47% (28 amostras) apresentaram concentrações de histamina com média de 208,78 mg kg⁻¹ (LQ > 38,67 mg kg⁻¹); 35% (21 amostras) apresentaram concentrações > 100 mg kg⁻¹; e 10% (6 amostras) apresentam concentrações entre 50 e 100 mg/kg (CORDEIRO *et al.*, 2020). Ou seja, 82% das amostras analisadas estão com concentração de histamina acima do limite estabelecido pela legislação brasileira (IN 161/2022) que estabelece o limite máximo de histamina de 100 mg/kg de tecido muscular, com base em uma amostragem composta por 9 unidades e nenhuma pode apresentar resultado superior a 200 mg/kg (Savia, 2020).

Em 2017, em Fernando de Noronha – PE, um estudo identificou casos de intoxicação por histamina em 37 pessoas (Filho, 2018). E em 2018, na cidade de Campinas–SP, quatro pessoas foram intoxicadas após comer pescados como atum (*Thunnus thynnus*), albacora (*Thunnus albacares*) e bonito (*Katsuwonus pelamis*). Os sintomas podem variar de cada indivíduo que consome, pois depende da sua suscetibilidade; os mais observados são: coceira, diarreia, náusea, mal-estar, erupção cutânea, vômito, dores de cabeça, sensação de queimação na boca e lábios (Matias, 2019).

Outro caso de intoxicação por histamina ocorreu em uma escola do Município de São Paulo em 2013, onde 18 alunos consumiram salada com atum e apresentaram edema de face e vermelhidão pelo corpo, sendo detectados 1076,5 e 1534,7mg/kg de histamina no atum (Takemoto *et al.*, 2019).

A intoxicação por baiacu, tetrodotoxismo ou doença do baiacu é causada por toxina encontrada nas gônadas, bile, fígado, intestino, músculo e pele de várias espécies peixes da família Tetraodontidae, principalmente os baiacus. Acredita-se que existe uma associação entre algumas bactérias dos gêneros: *Alteromonas*, *Pseudomonas* e *Vibrio*. O primeiro sintoma de envenenamento é uma dormência/paralisação dos lábios e da língua (Neto *et al.* 2010; Rodrigues, 2015). A dose letal mínima é de 0,02 mg/kg (Field- Cortazares *et al.*, 2009). No estado do Espírito Santo foram registrados 12 casos de intoxicação por baiacu entre o período de 2016 a 2018 (Moreira, 2021).

Este veneno chamado tetrodotoxina, tem demonstrado em estudos efeitos analgésicos eficazes, com resultados favoráveis, por ser natural e não produzir

efeitos colaterais. Até o momento, ele foi testado em sete cidades diferentes no Canadá e está sendo usado em clínicas na China (Cortazares, 2009).

A Intoxicação ciguatérica ou ciguatera é uma intoxicação alimentar causada por um grupo de ficotoxinas, entre elas a ciguatoxina, produzidas por dinoflagelados como: *Gambierdiscus toxicus*, *Prorocentrum lima*, *Coolia* e *Ostreopsis* (Nota Técnica UFAL, 2021). As ficotoxinas são um grupo complexo de substâncias químicas produzidas por determinadas espécies de fitoplânctons marinhos que intoxicam peixes e derivados. As ficotoxinas relacionadas à contaminação de pescado podem ser classificadas de acordo com a divisão botânica na qual o dinoflagelado produtor da toxina está incluído: *Dinophyta* (dinofisitoxinas) e *Cyanophyta* (cianotoxinas) e quanto a suas sintomatologias de intoxicação em: neurotoxinas e hepatotoxinas (Bobeda, 2016). As toxinas se acumulam em vísceras e músculos de peixes recifais herbívoros e carnívoros em regiões tropicais. Os sintomas são variáveis, com manifestações gastrointestinais, neurológicas ou cardíacas. Em 2012, cerca de 12 pescadores apresentaram tais sintomas de 3 a 6 horas após consumir peixes e foram diagnosticados pela intoxicação ciguatérica. Essa intoxicação está normalmente associada a espécies de charuteiro, barracuda, moreia, pargo, peixe-cão e peixe porco (Costa *et al.*, 2017).

Num estudo realizado em Florianópolis - SC verificou-se a ocorrência de intoxicação diarreica por molusco (*Diarrhetic Shellfish Poisoning* - DSP) em mexilhões e ostras na localidade da Costeira do Ribeirão da Ilha no período de outubro de 2019 a outubro de 2020. Dos 56 laudos analisados foram identificados cinco mexilhões com limite acima do máximo permitido pela legislação. A DSP é uma doença gastrointestinal devida à ingestão de moluscos contaminados por toxina (ácido okadáico) provenientes de dinoflagelados marinho pertencente aos gêneros *Dinophysis* e *Prorocentrum*. Os sintomas produzidos são diarreia, náuseas, vômitos e dores abdominais a partir de 30 minutos a algumas horas após a ingestão (Souza, 2014). A regulamentação nacional (IN N°7/2012) estabelece o limite máximo de < 0,16mg/kg (Pigozzi, 2021).

Outras doenças que acometem os moluscos bivalves são: A síndrome paralisante ou envenenamento paralisante por moluscos (*Paralytic Shellfish Poisoning* - PSP) causada por saxitoxina produzida por dinoflagelados marinhos do gênero *Alexandrium*, *Gymnodinium* e *Pyrodinium* (Souza, 2014). Os principais sintomas da síndrome PSP são formigamento ou dormência ao redor dos lábios,

espalhando-se no rosto e pescoço, além de dor de cabeça, tonturas, náuseas e vômitos, sintomas gastrointestinais são raros, ocorrem a partir de 30 min a 2 horas após a ingestão do alimento contaminado, podendo ocorrer ainda paralisia muscular, dificuldade respiratória acentuada, sensação de asfixia e morte por parada respiratória (Souza, 2014). De acordo com a IN N°7/2012, a legislação nacional estabelece o limite máximo de 0,8mg/kg. A presença de PSP em moluscos no litoral de Santa Catarina é relativamente rara, sendo sua primeira detecção ocorrida em 1997 associada ao dinoflagelado *Gymnodinium catenatum*. Porém, em 2017 foram detectadas concentrações acima do limite permitido de toxinas do grupo PSP em moluscos na região de Porto Belo, ocorrendo a proibição de consumo de moluscos naquela região (Nota Técnica – IFSC).

A doença do envenenamento amnésico pelo consumo de mariscos (Amnesic Shellfish Poisoning - ASP) é causada por um composto tóxico, o ácido domoico (AD), produzido pela diatomácea marinha *Pseudonitzschia pungens*. Os sintomas mais comuns são: náusea, vômitos, perda de equilíbrio e deficiências no sistema nervoso central, ausências de memória são permanentes nas vítimas sobreviventes (Horta, 2019). No Brasil, não há dados desta doença.

E, a doença neurotóxica por consumo de mariscos (*Neurotoxic Shellfish Poisoning* – NSP) é causada pelo dinoflagelado *Ptychodiscus brevis*, produtor de toxinas hemolíticas e neurotóxicas. Após o consumo pode apresentar alguns sintomas como: taquicardia, parêntesis na boca e nos dedos, diarreia, oscilação de temperatura, midríase sendo sinais clínicos evidente para a síndrome de NSP, incluindo formigamento e dormência nos lábios, língua e garganta, dores musculares, tontura, reversão das sensações de calor e frio, diarreia e vômito (Horta, 2019). No Brasil, não há dados desta doença.

Parasitas

As doenças infecciosas causadas por parasitas através da ingestão de peixes são mais comuns devido a presença de helmintos e protozoários, causando um problema de saúde relevante. Os mais comuns são nematóides (*Anisakis simplex*), cestóides (*Diphyllbothrium sp.*) e trematódeos (*Paragonimus spp.*, *Clonorchis sp.*, *Opisthorchis spp.*) (Matos, 2022; Borges, 2021).

Estudos relatam a presença de larvas de terceiro estágio de alguns gêneros de nematódeos da Família Anisakidae, principalmente *Anisakis spp.* e

Pseudoterranova spp., sendo as espécies *Anisakis simplex* e *Pseudoterranova decipiens* em peixes marinhos da costa fluminense, além de bacalhau importado comercializado no estado de São Paulo (Cardia; Bresciani, 2012).

O ciclo evolutivo dos nematódeos inicia-se com a liberação de ovos pelas fêmeas para o ambiente aquático. Uma vez no meio aquático, dentro dos ovos se desenvolvem os embriões até a formação de larvas de segundo estágio (L2). Quando os ovos eclodem, as larvas (L2) se locomovem na água até serem ingeridas por várias espécies de crustáceos (hospedeiros intermediários), ocorrendo o desenvolvimento das L2 em larvas de terceiro estágio (L3). A infecção humana ocorre pela ingestão de peixes, lulas e crustáceos crus ou mal cozidos contendo larvas L3 em seus tecidos (Cardia; Bresciani, 2012).

Os sintomas dependem das espécies, da localização e das lesões histopatológicas causadas pelas larvas. Quando há penetração tecidual pelas larvas, na mucosa gastrointestinal, o hospedeiro comumente apresenta dor abdominal, diarreia e vômitos (Cardia; Bresciani, 2012).

Em 2017, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) identificou uma infestação parasitária em 94,11% dos filés de Salmão (*Salmo salar*) congelado oriundo da China comercializado no município de Itajaí – SC. Também se identificou o parasita *Anisakis simplex* no Peixe Sapo (*Lophius piscatorius*) e no Meca (*Xiphias gladius*) provenientes da pesca extrativa no Estado de Santa Catarina (Neumann, 2017).

França (2019) encontrou helmintos em exemplares de peixe espada (*Trichiurus lepturus*) comercializados no litoral do Rio de Janeiro. Dos 60 espécimes analisados, 52 (86,6%) apresentaram formas evolutivas de parasitos pertencentes ao grupo dos helmintos (nematóides, trematódeos digenéticos, cestóides e acantocéfalos). O grupo mais prevalente foi de trematódeos digenéticos do gênero *Lecithochium* sp. encontrado em 71,60% das amostras e *Hysterothylacium* sp. encontrado em 60,00% das amostras.

Doença de Haff

A doença de Haff é caracterizada por causar rigidez muscular após consumo de peixes contaminados por uma ficotoxina provavelmente miotóxica presente em água doce e salgada, altamente termoestável, lipossolúvel e bioacumulável na cadeia alimentar (Nota Técnica UFAL, 2021; Cardoso *et al.*, 2022). Os sintomas

mais comuns são mialgia intensa e súbita, astenia, parestesia (dormência) de membros inferiores, que podem evoluir para rabdomiólise e insuficiência renal aguda, além de falta de ar (Júnior *et al.*, 2013). A doença de Haff é uma causa rara de rabdomiólise, síndrome provocada por lesão muscular que resulta na elevação dos níveis de creatina fosfoquinase (CPK), há possibilidades de ser causadas por compostos semelhantes à palitoxinas em frutos do mar e, na maioria dos casos, provoca escurecimento da coloração da urina, variando de avermelhada a marrom, surgindo o nome popular "doença da urina preta" (ARAÚJO *et al.*, 2019).

De acordo com Júnior *et al.*, (2013), após ingestão do peixe pacu manteiga (*Mylossoma duriventre*) na região de Belém do Pará, um homem de 48 anos que apresentou dor abdominal, acompanhada por vômitos, polimialgia progressiva, astenia e fraqueza muscular e foi diagnosticado com doença de Haff. Cardoso *et al.*, (2022) realizou estudo em Salvador de 2016 a 2017, e investigou 65 casos de pacientes com sintomas da Doença de Haff, dos quais 43 apresentaram altos nível de creatina fosfoquinase (CPK). Nas amostras de peixes "olho de boi" (*Seriola sp.*) e "badejo" (*Mycteroperca sp.*), que causaram os surtos em 2020, foram encontradas através de análises compostos semelhantes à palitoxina (PITX) e continham níveis detectáveis de fragmentos de moléculas características de PITX isobárica, ovatoxina-a (OVTX-a), OVTX-b e OVTX-d. Acredita-se que compostos relacionados ao PITX acumulados em pescados e derivados, podem ser o agente tóxico causador da doença de Haff (Cardoso *et al.*, 2022). Vale ressaltar que a palitoxina é uma biotoxina marinha produzida por dinoflagelados marinhos do gênero *Ostreopsis*, corais dos gêneros *Zoanthus* e *Palythoa*, cianobactérias (*Trichodesmium*), anêmonas (*Radianthus macrodactylus*), poliqueta (*Hermodice carunculata*), caranguejos xantídeos e evidências sugerem que as bactérias *Pseudomonas sp.*, *Brevibacterium sp.*, *Acinetobacter sp.*, *Bacillus cereus*, *Vibrio sp.* e *Aeromonas sp.* podem produzir a palitoxina ou análogos (Nota Técnica UFAL, 2021). No entanto, espécies de peixes de água doce também estão associadas à doença de Haff por causarem rabdomiólise. A vigilância sanitária de Salvador também identificou 12 casos suspeitos entre 2017 a 2019, e um segundo surto de 2020 a 2021, com 16 pacientes com rabdomiólise.

A tabela 2 mostra os casos levantados pela autora que ocorreram no Brasil entre os anos de 2016 a 2022, as espécies associadas e a localização geográfica.

Tabela 2 - Dados sobre a identificação de Doença de Haff associadas ao consumo de pescado no Brasil entre os anos de 2016 e 2022.

ANO	ESTADO	MUNICÍPIOS	CASOS	ÓBITOS	GÊNERO		ESPÉCIE ASSOCIADA	SINTOMAS	FONTE
					F	M			
2016	Bahia	Salvador	6	0	4	2	Olho de boi (<i>seriola sp.</i>)	Dores musculares em mais de duas regiões do corpo.	Portal Fio Cruz
2017	Bahia	Salvador, Vera Cruz, Dias D'Ávila, Camaçari, Feira de Santana e Alcobaca.	71	2	—	—	—	Dores musculares, urina escura.	Governo do Estado - Bahia
2018	São Paulo	São Paulo	4	0	1	3	Olho-de-boi (<i>seriola sp.</i>)	Dores no corpo e na urina.	Gabriella et al.
2018	Bahia	—	3	0	2	1	Badejo (<i>mycteroperca sp.</i>)	Uma das mulheres precisou de diálise.	MS - Boletim Epidemiológico
2019	Bahia	—	2	0	1	1	Olho-de-boi (<i>Seriola sp.</i>)	—	Governo do Estado - Bahia
2020	Bahia	Salvador, Camaçari, Entre Rios, Dias D'Ávila, Candiba e Feira de Santana.	45	—	21	19	75% consumiram peixe da espécie olho de boi (<i>seriola sp.</i>)	Mialgia, urina escura e dor em membros superiores e inferiores.	Governo do Estado - Boletim Epidemiológico
2021	Ceará	Região Metropolitana e Fortaleza	9	0	4	5	—	Mialgia, urina escura e febre	MS - Boletim Epidemiológico
2021	Amapá	Macapá e Santana	4	0	—	—	Pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>).	Dor no peito, falta de ar, dormência, náusea, tontura, fraqueza e urina escura.	MS - Boletim Epidemiológico
2021	Alagoas	Maceió, Marechal Deodoro	4	0	—	—	Dourado	—	MS - Boletim Epidemiológico
2021	Pernambuco	Recife	4	1	—	—	Olho de boi (<i>Seriola sp.</i>)	Dores musculares e alterações intestinais.	MS - Boletim Epidemiológico
2021	Goias	Goianésia	1	0	1	—	Peixe cru (comida japonesa)	—	MS - Boletim Epidemiológico
2021	Pará	Belém, Afliá, Breves, Trairão, Almerim, Juruti, Santarém	20	1	—	—	—	—	MS - Boletim Epidemiológico
2021	Bahia	—	17	0	—	—	—	—	MS - Boletim Epidemiológico
2021	Rio Grande do Sul	—	1	0	—	—	—	—	MS - Boletim Epidemiológico
2022	Amazonas	Itacoatiara, Manaus, Manacapuru, Itapiranga, São Sebastião do Uatumã, Parintins, Borba, Tabatinga, Uruçurituba e Careiro da Várzea.	54	0	26	28	Pirapitinga (<i>Piaractus brachypomus</i>), pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>) e tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>).	Mialgia intensa, náuseas, fraqueza muscular, dor torácica, dormência.	Prefeitura Rio de Janeiro
2022	Ceará	Fortaleza	3	0	1	2	—	Mialgia generalizada, cervicálgia intensa associada a câimbras, fraqueza muscular.	Nota Técnica do Ceará
2022	Pará	Santarém	49	1	13	36	Pacu, pirapitinga, tambaqui e curimatã.	—	Secretaria de Estado de Saúde Pública (Sespa)
2022	Amapá	—	8	0	—	—	Pacu	Falta de ar, dor e rigidez muscular, dormência e urina escurecida.	Vigilância em Saúde do Amapá

De acordo com a tabela, as espécies associadas aos casos das doenças de Haff são peixes Pacu (*Mylossoma spp.*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), bem como a arabaiana/olho-de-boi (*Seriola spp.*) e badejo (*Mycteroperca spp.*). A ingestão das referidas espécies de peixes de água doce e marinhos contaminadas com biotoxina foram associadas a doença de Haff devido aos sintomas e principalmente por causarem rabdomiólise. Quando a doença de Haff não é identificada rapidamente, pode comprometer o sistema de filtração renal podendo levar o paciente a óbito (Martelli *et al.*, 2021).

CONCLUSÃO

Considerando o período temporal estudado, nota-se que os principais agentes etiológicos responsáveis pelos surtos de DTA's veiculada ao pescado no Brasil são: as toxinas causadoras da Doença de Haff, sendo que os principais peixes envolvidos foram o olho de boi (*Seriola lalandi*), badejo (*Mycteroperca bonaci*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*), com a maioria dos surtos provenientes da região Bahia. A toxina causadora da intoxicação diarreica por molusco (DSP) com a maioria dos surtos provenientes de Santa Catarina. A intoxicação por Histamina, com casos ocorridos em São Luís do Maranhão, Fernando de Noronha e São Paulo. Helmitos, com destaque para as espécies *Anisakis simplex* e *Pseudoterranova decipiens*, e trematódeos digenéticos do gênero *Lecithochium monticellii*. Além das bactérias do grupo *E.coli*, *Klebsiella spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Bacillus cereus* e coliformes e *Vibrio parahaemolyticus*. A carência de dados epidemiológicos sobre a ocorrência de doenças veiculadas ao consumo de pescado e derivados no Brasil e a falta de comunicação dos surtos gera uma subnotificação, dificultando a mensuração real dos alimentos envolvidos, ressaltando a necessidade de maiores investigações. Recomenda-se o rastreamento informatizado da cadeia produtiva do pescado, implementação de ferramentas que visem melhoria da qualidade dos produtos pesqueiros, adoção de medidas instrutivas para os manipuladores de pescados e de capacitações para os profissionais de saúde destacando a relevância da atuação no que diz respeito às DTA's veiculadas ao pescado.

REFERÊNCIAS

- Araújo Silva S. *et al.* **Determinação de metais em peixes e camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) do estuário da Lagoa dos Patos (Pelotas-RS, Brasil) por MIP OES.** Braz. J. Food Technol., Campinas, v. 22, e2018049, 2019.
- Aragão, B.B.; Trajano, S.C. **Principais bactérias patogênicas veiculadas por pescado e derivados.** Livro: Ciência e tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas – v. 3, p. 208-225. CAP. 16.
- Baker-Austin C. *et al.* **Vibrio spp. infections.** Nature Review Diseses Primers; 12; 4(1): 8; 2018.
- Bobeda, C.R.R. *et al.* **Ficotoxinas: revisão sobre um perigoso grupo de contaminantes para o pescado brasileiro.** Revista Semioses, v 10, n.03, 2016.

Borges, L.C., Cantarino, L., Perecmanis, S. **Difilobotríase: considerações sobre uma doença emergente.** PUBVET, v.15, n.04, a797, p.1-7, Mai., 2021.

Brasil. Ministério da Saúde. **Doenças de Transmissão Hídrica e Alimentar (DTHA).** Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha> Acesso em: 06 de abril de 2025.

Brasil. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico.** Secretaria de Vigilância em Saúde. Volume 52. Nº 36. Out. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2021/boletim_epidemiologico_svs_36.pdf/view Acesso em: 27 de janeiro de 2023.

Cardia, D.F.F., Bresciani K.D.S. **Helmintoses zoonóticas transmitidas pelo consumo inadequado de peixes.** Vet. e Zootec. 2012 março; 19(1): 055-065.

Cardoso C.W. *et al.* **Haff Disease in Salvador, Brazil, 2016-2021: Attack rate and detection of toxin in fish samples collected during outbreaks and disease surveillance.** Vol 5 Month January, 2022. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2667193X21000880?token=65DF978FE0AEF75BF55D0F59802D41F00455A32F58864DD2415D08FB38DA6DEF4E1396CCE94F1D56D5BB3BFA0D8FD37&originRegion=us-east-1&originCreation=20230128190452> Acesso em: 28 de janeiro de 2023.

Cordeiro K.S. *et al.* **Ocorrência de bactérias patogênicas e deteriorantes em sashimi de salmão: Avaliação de histamina e de susceptibilidade a antimicrobianos.** Braz. J. Food Technol., Campinas, v. 23, e2019085, 2020.

Cortazares, J.F., Campos, R.C., Moreno, J.L.S. **Envenenamiento por Pez Globo.** Bol Clin Hosp Infant Edo Son 2009; v. 26, n. 1, p. 28-32.

Costa, A.I. *et al.* **Intoxicação alimentar por Ciguatera.** Medicina Interna – Casos Clínicos. V. 24, n.1, jan/mar de 2017.

Cribb A.Y. *et al.* **Manual técnico de manipulação e conservação de pescado.** Editores técnicos. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

Deolindo, Carolina Turnes Passino. **Biotoxinas marinhas em moluscos bivalves: uso de amostras naturalmente contaminadas no aprimoramento de método por LC-ESI-MS/MS.** Florianópolis-SC, 2021.

Filho, C.D.F.L., Magalhães F.J.R., Moraes E.G.F. Surto de intoxicação alimentar por ingestão de histamina em peixes de Fernando de Noronha. VII Simpósio de Controle de Qualidade do pescado. São Paulo, 2018. Disponível em: http://www.infobibos.com.br/anais/simcope/8/Resumos/ResumoSimcope8_031.pdf Acesso em: 22 de fevereiro de 2023.

Field-Cortazares, J.; Calderón-Campos, R; Seijo-Y, J. L. M. **Envenenamiento por Pez Globo.** Boletín clínico del Hospital Infantil del Estado de Sonora; 26 (1): 28-32, 2009.

França, Luma Ferreira. **Helmintos parasitos em Trichiurus lepturus do litoral do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.** Niterói, 2019. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/11841/disserta%C3%A7%C3%A3o%20Luma%20para%20PPGMPA%2027.06.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 30 de janeiro de 2023.

Horta, I.F.R. *et al.* **Efeitos das toxinas presentes em moluscos, contaminação alimentar do homem.** II Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar. 2019.

Júnior O.T. *et al.* **Doença de Haff associada ao consumo de carne de *Mylossoma duriventre* (pacu-manteiga).** Rev Bras Ter Intensiva. 2013;25(4):348-351.

Lintzmaia, D.J.H. *et al.* **Bactérias emergentes na qualidade nutricional do pescado.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.10, p. 95657-95662 oct. 2021.

Lopes, Beatriz Cristina. **Análises bacteriológicas de vibrios e exame presuntivo no camarão (*litopenaeus vannamei*) cultivado em sistema semi-intensivo de baixa salinidade.** MOSSORÓ/RN-BRASIL, março 2020.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Consumo de peixe reduz o risco de morte por doenças do coração.** Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/consumo-de-peixe-reduz-o-risco-de-morte-por-doencas-do-coracao> Acesso em: 06 de abril de 2025.

Martelli A. *et al.* **Fisiopatologia da Síndrome de Haff e progressão para rabdomiólise.** Revista Faculdades do Saber, 06(13):1002-1009, 2021. Disponível em: <https://rfs.emnuvens.com.br/rfs/article/view/139/104> Acesso em: 28 de janeiro de 2023.

Matias G.N. **Intoxicação alimentar por histamina associada ao consumo de peixe no brasil - revisão de literatura.** GARANHUNS- PE, 2019.

Matos, Gyselle de Cassia Basto de. **Doenças de transmissão hídrica e alimentar transmitidas por alimentos de origem animal: revisão.** Belém-PA, 2022.

Moreira C.S. *et al.* **Aspectos relevantes sobre as intoxicações pelo consumo de pescado.** Avanços em Ciências e Tecnologia de Alimentos, v. 4, pág. 116-131, 2021.

Neumann, Gabriel. **Ocorrência de parasitas em produtos de pesca.** Porto Alegre 2017. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/178224/001065894.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 30 de janeiro de 2023.

Neto P.L.S. *et al.* **Envenenamento fatal por baiacu (Tetrodontidae): Relato de um caso em criança.** Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 43(1):92-94, jan-fev, 2010.

Nota Técnica – UFAL. **Biotoxinas e síndrome de Haff na qualidade do pescado.** Disponível em: <https://noticias.ufal.br/ufal/noticias/2021/7/ufal-e-representada-em-nota-tecnica-que-alerta-sobre-a-qualidade-de-pescado/nota-tecnica-toxinas-e-sindrome-de-haff-na-qualidade-do-pescado-pdf.pdf/view> Acesso em: 06 de abril de 2025.

Nota Técnica – IFSC. **Sobre a ocorrência de toxinas do PSP associadas a presença de Alexandrium sp. no Litoral de Santa Catarina.** Disponível em: <http://www.cidasc.sc.gov.br/defesasaniaanimal/files/2012/10/nota-alexandrium.pdf> Acesso em: 20 fevereiro de 2023.

O'malley, G.F., O'Malley, R. **Intoxicação por peixe e marisco.** Junho de 2022. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt/profissional/les%C3%B5es-intoxica%C3%A7%C3%A3o/intoxica%C3%A7%C3%A3o/intoxica%C3%A7%C3%A3o-por-peixe-e-marisco?ruleredirectid=762> Acesso em: 25 de fevereiro de 2023.

Pigozzi, L. *et al.* **Avaliação da presença de biotoxinas marinhas em moluscos bivalves na região da Costeira do Ribeirão em Florianópolis, Santa Catarina.** Scientia Plena 17, 081501 (2021).

Prodanov, C. C., & Freitas, E. C. (2013). **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico** (2a Ed. ed.). Novo Hamburgo: Feevale.

Rodrigues J. Denadai R. **Toxina de baiacu é tema de sessão clínica no Hospital Jayme Santos Neves.** Secretaria de Estado da Saúde - Espírito Santo, 2015.

Rosa, J.V. *et al.* **Formação de biofilme por *Vibrio parahaemolyticus* isolados de pescados.** Pesq. Vet. Bras. v. 37, n. 4, p. 339-345, abril 2017.

Santiago J.A.S. *et al.* **Bactérias patogênicas relacionadas à ingestão de pescados- revisão.** Arq. Ciên. Mar, Fortaleza, 2013, 46(2): 92 - 103

Savia, Daniel Bouzas. **Importância da temperatura para o controle do teor de histamina em pescado.** Food Safety Brazil, 2020. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/importancia-da-temperatura-para-o-controle-do-teor-de-histamina-em-pescado/> Acesso em: 23 de fevereiro de 2023.

Silva, S. A. *et al.* **Determinação de metais em peixes e camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) do estuário da Lagoa dos Patos (Pelotas-RS, Brasil) por MIP OES.** Braz. J. Food Technol., Campinas, v. 22, e2018049, 2019.

Silva J.C.G. da, Silva Filho M.M. da, Nascimento G.V., Pereira D.A.B., Costa Júnior C.E. de O. **Incidência de doenças transmitidas por alimentos (DTA) no estado de Pernambuco, um acompanhamento dos dados epidemiológicos nos últimos anos.** Caderno de Graduação-Ciências Biológicas e da Saúde-UNIT-PERNAMBUCO. 2017;3(1):23-34.

Silveira, D.R. **Vibrio vulnificus isolados de pescados do estuário da Lagoa dos Patos: capacidade de formar biofilmes após estresses subletais e resistência frente a antibióticos e sanitizantes.** Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos, Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

Soares, Karoline Mikaelle de Paiva; GONÇALVES, Alex Augusto. **Qualidade e segurança do pescado.** Rev Inst Adolfo Lutz. São Paulo, 2012; v.71, n.1, p. 1-10.

Souza K.D. *et al.* **Qualidade higiênico-sanitária de alimentos consumidos em embarcações fluviais no Amazonas.** Research, Society and Development, v. 10, n. 10, e18101016569, 2021.

Souza, A.L.M. *et al.* **Histamina e rastreamento de pescado: Revisão de literatura.** Arq. Inst. Biol, São Paulo, v.82, 1-11, 2015.

Souza, D. A. **Avaliação da toxicidade de mexilhões *Perna perna* (Linnaeu, 1758) e monitoramento fitoplanctônico em fazenda de maricultura da reserva extrativista marinha de Arraial do Cabo, RJ.** Dissertação - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense campus Macaé, 2014.

Takemoto, E. *et al.* **Peixe Bonito Assado: um caso de surto de intoxicação de histamina.** BEPA, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/40866/2/Peixe%20bonito%20assado%20um%20caso%20de%20surto%20de%20intoxica%C3%A7%C3%A3o%20por%20histamina.pdf> Acesso em: 28 de janeiro de 2023.

INOVAÇÕES NA AQUICULTURA: O POTENCIAL DAS NANOPARTÍCULAS PARA A SUSTENTABILIDADE

Edison Barbieri
Instituto de Pesca - SP

RESUMO

A aquicultura é essencial para a segurança alimentar global, fornecendo proteínas de alta qualidade e nutrientes essenciais para atender à crescente demanda por alimentos. No entanto, enfrenta desafios significativos, como doenças, poluição e uso insustentável de recursos naturais, que comprometem sua viabilidade a longo prazo. Nesse contexto, as nanopartículas têm emergido como ferramentas promissoras para superar essas limitações e promover práticas mais eficientes e sustentáveis. As nanopartículas, estruturas com dimensões nanométricas, apresentam propriedades físicas e químicas únicas que permitem sua aplicação em diversas áreas da aquicultura. Por exemplo, elas podem ser funcionalizadas para entregar nutrientes, medicamentos e agentes terapêuticos de forma controlada, otimizando a nutrição dos organismos aquáticos e reduzindo os impactos de doenças. Além disso, possuem propriedades antimicrobianas e antivirais, essenciais para o controle de patógenos. Outra aplicação relevante é na melhoria da qualidade da água, onde as nanopartículas podem remover poluentes e metais pesados, garantindo um ambiente aquático mais saudável. Elas também são usadas como biossensores para monitoramento ambiental, oferecendo dados em tempo real sobre parâmetros críticos, como oxigênio dissolvido e presença de contaminantes. Com potencial para revolucionar a aquicultura, as nanopartículas promovem sustentabilidade ambiental e eficiência econômica, contribuindo para o avanço do setor. Investir em tecnologias inovadoras é fundamental para enfrentar os desafios globais e garantir uma produção de alimentos segura, responsável e sustentável.

Palavras-chave: aquicultura; nanopartículas; inovação; sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma atividade que desempenha um papel fundamental na produção de alimentos e no suprimento de proteínas para uma população mundial em constante crescimento. Com a crescente demanda por recursos pesqueiros e os desafios enfrentados pela pesca marinha, a aquicultura tem se tornado uma alternativa essencial para garantir a segurança alimentar e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos. Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2024), a produção mundial da aquicultura atingiu um recorde na produção aquícola de animais aquáticos, superando pela primeira vez a pesca de captura em 2024. No entanto, para enfrentar os desafios atuais, como doenças, poluição e sustentabilidade, dessa atividade são necessárias inovações tecnológicas para melhorar a eficiência e a responsabilidade ambiental da aquicultura.

A aquicultura é uma atividade econômica que tem desempenhado um papel cada vez mais significativo na produção global de alimentos. À medida que a demanda por proteínas de origem animal aumenta devido ao crescimento populacional e mudanças nos padrões de consumo, a aquicultura desempenha um papel vital na diversificação e na expansão da oferta de alimentos, especialmente de produtos pesqueiros (Gelli *et al.*, 2020). Além disso, a aquicultura fornece fontes de proteínas de alta qualidade, vitaminas e minerais essenciais para a dieta humana, contribuindo para a segurança alimentar e a nutrição adequada.

A aquicultura, embora ofereça inúmeros benefícios, enfrenta desafios consideráveis que ameaçam sua sustentabilidade e capacidade de suprir a crescente demanda por alimentos. Dentre os problemas mais críticos, destacam-se as doenças que acometem os organismos aquáticos, a poluição e a deterioração da qualidade da água, o manejo inadequado de recursos naturais e as questões relacionadas à sustentabilidade ambiental. A disseminação de doenças nos organismos cultivados não apenas gera perdas econômicas significativas, como também compromete a produtividade e a eficiência do setor. Além disso, a intensificação das atividades aquícolas frequentemente leva ao acúmulo de nutrientes e poluentes, impactando negativamente tanto a qualidade da água quanto a saúde dos organismos. Esses problemas são agravados pela exploração insustentável dos recursos naturais, como água e terras costeiras, que pode

desequilibrar os ecossistemas locais e prejudicar a biodiversidade (BARBIERI *et al.*, 2014). A expansão desordenada da aquicultura também representa uma ameaça à integridade dos ecossistemas aquáticos, contribuindo para a degradação ambiental e a perda de habitats naturais, fatores que colocam em risco a viabilidade de longo prazo dessa atividade.

Superar esses desafios requer a adoção de inovações tecnológicas que garantam a sustentabilidade do setor. Na área de sanidade aquática, práticas de manejo avançadas e sistemas eficientes de monitoramento são cruciais para prevenir e mitigar a disseminação de doenças. Da mesma forma, a aquicultura sustentável depende de tecnologias que minimizem os impactos ambientais, como sistemas de recirculação de água e o uso de alimentos ecologicamente responsáveis (Zhang *et al.*, 2023). A nutrição e alimentação dos organismos aquáticos também desempenham papel central nesse contexto, sendo necessário aprimorar as formulações de rações e desenvolver alimentos funcionais que estimulem o crescimento saudável e aumentem a produtividade.

A biotecnologia e a genômica surgem como ferramentas promissoras para selecionar linhagens mais resistentes a doenças e melhorar o desempenho das espécies cultivadas. Paralelamente, o monitoramento ambiental e a automação têm o potencial de otimizar o uso de recursos naturais e reduzir os impactos negativos na qualidade da água e nos ecossistemas (Potts *et al.*, 2021). Esses avanços tecnológicos são indispensáveis para transformar a aquicultura em uma atividade sustentável, capaz de equilibrar produção e preservação ambiental, atendendo às demandas alimentares globais sem comprometer os recursos naturais e os ecossistemas.

A aquicultura desempenha um papel crucial na produção de alimentos e na segurança alimentar global. No entanto, enfrenta desafios significativos que requerem abordagens inovadoras e tecnológicas para garantir sua sustentabilidade a longo prazo. A implementação de soluções inovadoras, como aquelas envolvendo o uso de nanopartículas, pode desempenhar um papel importante na superação desses desafios, impulsionando uma aquicultura mais eficiente, ambientalmente segura e sustentável para o benefício da sociedade, da economia e do meio ambiente (Assis da Silva *et al.* 2022).

Nanopartículas e Suas Propriedades.

As nanopartículas são estruturas com dimensões na escala nanométrica, apresentando características físicas, químicas e biológicas distintas das partículas maiores. Sua capacidade de manipulação e funcionalização torna-as uma opção promissora para diversas aplicações na aquicultura (Ribeiro *et al.*, 2023). Neste tópico, exploraremos as propriedades únicas das nanopartículas, tais como o tamanho, a forma, a composição, a estabilidade e suas potenciais aplicações específicas que visam melhorar a saúde e o desempenho dos organismos aquáticos cultivados.

As nanopartículas são caracterizadas por seu tamanho extremamente reduzido, geralmente variando de 1 a 100 nanômetros (Campos-Garcia *et al.*, 2016). Essa dimensão confere às nanopartículas uma grande área superficial em relação ao volume, o que aumenta sua reatividade e permite maior interação com os organismos aquáticos. Além disso, a forma das nanopartículas também desempenha um papel importante. Partículas com diferentes formatos, como esferas, cilindros e folhas, podem ter comportamentos biológicos distintos e desempenhar funções específicas na aquicultura.

A composição das nanopartículas pode variar, incluindo materiais como metais, óxidos metálicos, polímeros, lipídios e materiais híbridos (Barbieri *et al.*, 2016). Essa versatilidade permite a funcionalização das nanopartículas com diferentes moléculas, como proteínas, enzimas, fármacos e ácidos nucleicos. A funcionalização possibilita a customização das nanopartículas para atender a necessidades específicas na aquicultura, como entrega de medicamentos, suplementação nutricional e tratamento de doenças.

Potencialidades para Aplicações na Aquicultura

As nanopartículas têm demonstrado um grande potencial para diversas aplicações na aquicultura, oferecendo soluções inovadoras para enfrentar os desafios e melhorar a produtividade e a sustentabilidade do setor. A seguir, discutiremos algumas das principais aplicações das nanopartículas na aquicultura:

Entrega Controlada de Nutrientes: Nanopartículas funcionalizadas podem ser utilizadas para a liberação controlada de nutrientes essenciais, como vitaminas, minerais e aminoácidos, otimizando a nutrição dos organismos

aquáticos. Essa tecnologia possibilita uma absorção mais eficiente pelos animais cultivados, além de fornecer suplementos nutricionais de forma direcionada e sustentável. A incorporação de nanopartículas em rações e alimentos também adiciona propriedades funcionais, como a fortificação com nutrientes específicos, promovendo melhorias na saúde e no crescimento dos organismos.

Tratamento de Doenças e Patógenos: Nanopartículas podem transportar medicamentos e agentes terapêuticos, direcionando-os a locais específicos para o tratamento de doenças e infecções. Nanopartículas de compostos como o óxido de zinco e prata têm sido aplicadas para controlar ectoparasitas em peixes, reduzindo os impactos negativos na saúde e no desempenho dos organismos aquáticos. As nanopartículas têm propriedades antimicrobianas e antivirais, tornando-as eficazes no controle de doenças em organismos aquáticos (Barbieri *et al.*, 2024). Nanopartículas de prata, cobre e zinco têm sido utilizadas para combater patógenos, reduzindo a disseminação de infecções e aumentando a sobrevivência dos animais cultivados.

Tratamentos Terapêuticos: Nanopartículas funcionalizadas podem ser utilizadas como veículos para a entrega de medicamentos e terapias específicas. Elas podem ser projetadas para direcionar os agentes terapêuticos para locais específicos no organismo aquático, melhorando a eficácia do tratamento e reduzindo os efeitos colaterais indesejados.

Vacinas e Imunização: Nanopartículas têm sido utilizadas como plataformas de vacinas para a imunização de organismos aquáticos contra patógenos específicos (Chalamcheria 2015). Ao apresentar antígenos em nanopartículas, é possível estimular uma resposta imune mais eficiente e específica, resultando em maior proteção contra doenças infecciosas. Essa abordagem pode ser aplicada para aumentar a resistência e a sobrevivência dos organismos aquáticos em sistemas de cultivo

Melhoria da Qualidade da Água Nanopartículas podem ser utilizadas para remover poluentes, toxinas e contaminantes da água em sistemas de cultivo, contribuindo para a melhoria do ambiente aquático. Esses nanomateriais adsorventes são eficazes na remoção de metais pesados, pesticidas e outras substâncias indesejadas, promovendo maior segurança e sustentabilidade nos sistemas de aquicultura.

Biossensores e Monitoramento Ambiental: Nanopartículas com propriedades de detecção e sinalização são amplamente utilizadas como biossensores para monitorar, em tempo real, a saúde dos organismos aquáticos e as condições do ambiente. Esses dispositivos são capazes de identificar variações em parâmetros críticos, como pH, oxigênio dissolvido, temperatura e a presença de contaminantes, contribuindo para uma gestão mais eficaz dos sistemas de aquicultura

Diagnóstico e Detecção de Patógenos: Nanopartículas podem ser utilizadas como agentes de contraste em diagnósticos por imagem ou como sondas moleculares para detectar patógenos e doenças em estágios iniciais.

Melhoria do Desempenho Reprodutivo: Nanopartículas podem ser utilizadas para melhorar o desempenho reprodutivo dos organismos aquáticos. Estudos mostram que nanopartículas de prata podem aumentar a taxa de fertilização e a sobrevivência dos ovos e larvas, contribuindo para a produção mais eficiente de animais cultivados.

Uso Eficiente de Recursos: A utilização de nanopartículas na aquicultura pode otimizar o uso de recursos, reduzindo a quantidade de produtos químicos, alimentos e água necessários para manter os organismos aquáticos. Isso promove uma gestão mais eficiente dos recursos naturais e financeiros, aumentando a sustentabilidade econômica da aquicultura

As nanopartículas têm emergido como ferramentas inovadoras e versáteis para enfrentar os desafios da aquicultura, proporcionando soluções que podem melhorar a saúde e o desempenho dos organismos aquáticos cultivados, reduzir a disseminação de doenças, aprimorar a qualidade da água e promover a sustentabilidade do setor (Eiras *et al.* 2022). Suas propriedades únicas, como a funcionalização e a capacidade de interação específica com organismos e o ambiente aquático, tornam-nas altamente promissoras para aplicações direcionadas, com potencial para revolucionar práticas tradicionais de cultivo.

No entanto, para que essas tecnologias sejam implementadas de forma segura e eficaz, é imprescindível aprofundar o conhecimento sobre suas interações com o ambiente aquático e a saúde dos organismos (Medeiros *et al.* 2019). Avaliações rigorosas de biodistribuição, toxicidade e possíveis impactos ambientais são fundamentais para garantir que o uso de nanopartículas seja responsável e beneficie tanto o setor quanto o meio ambiente. Pesquisas contínuas

e o desenvolvimento de regulamentações adequadas são indispensáveis para consolidar o papel das nanopartículas como aliadas sustentáveis da aquicultura

Estudos de Caso e Exemplos Práticos

Controle de Doenças em Camarões: Um estudo realizado em um cultivo de camarões marinhos (*Litopenaeus vannamei*) investigou o uso de nanopartículas de prata como alternativa para o controle de doenças (Camacho-Jiménez *et al.*, 2020). As nanopartículas de prata foram incorporadas à ração dos camarões, resultando em uma redução significativa da carga bacteriana e viral nos animais. Isso ajudou a melhorar a saúde dos camarões, reduzindo a ocorrência de doenças infecciosas e aumentando a produção no cultivo.

Melhoria da Qualidade da Água em Tanques de Tilápias: Um estudo conduzido em sistemas de cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*) avaliou o uso de nanopartículas de ferro para remover compostos orgânicos e metais pesados da água (Sheta *et al.*, 2024). As nanopartículas de ferro foram adicionadas ao sistema de filtragem, resultando em uma significativa redução da carga de poluentes na água. Isso melhorou a qualidade da água nos tanques de cultivo e reduziu a necessidade de trocas frequentes de água, tornando o sistema mais sustentável.

Desenvolvimento de Vacinas Nanotecnológicas para Salmão: Pesquisadores desenvolveram uma vacina nanotecnológica para o salmão do Atlântico (*Salmo salar*) que utiliza nanopartículas lipídicas para entregar antígenos de forma mais eficaz (Sti Dahl *et al.*, 2024). Essa vacina melhorou a resposta imune dos peixes, proporcionando uma proteção mais duradoura contra patógenos como o vírus da necrose pancreática infecciosa (IPNV) e a bactéria *Aeromonas salmonicida*.

Remoção de Poluentes em cultivos: Um estudo avaliou a aplicação de nanopartículas de sílica funcionalizadas para a remoção de poluentes químicos da água, como pesticidas e metais pesados. As nanopartículas de sílica demonstraram alta eficiência na adsorção desses poluentes, contribuindo para a melhoria da qualidade da água no ambiente de cultivo e minimizando a exposição dos mexilhões a substâncias tóxicas (Khan *et al.*, 2024).

Nanossensores para Monitoramento Ambiental em Pisciculturas: Pesquisadores desenvolveram nanossensores ambientais para monitorar continuamente a qualidade da água em pisciculturas. Esses sensores funcionam como nanopartículas que mudam de cor em resposta a mudanças nos níveis de

oxigênio, pH e outros parâmetros ambientais (Khosravi-Katuli *et al.*, 2017). A utilização desses nanossensores permitiu um monitoramento mais preciso e em tempo real das condições do ambiente de cultivo.

Uso de Nanopartículas como Transportadoras de Nutrientes em Larvas de Peixe: Um estudo focado na larvicultura de peixes investigou o uso de nanopartículas lipídicas como transportadoras de nutrientes para as larvas. As nanopartículas foram projetadas para liberar gradualmente nutrientes essenciais para o desenvolvimento saudável das larvas (DUBE, 2024). Essa abordagem melhorou a sobrevivência e o crescimento das larvas, proporcionando uma forma eficiente de fornecer nutrientes críticos durante os estágios iniciais do desenvolvimento.

Os estudos de caso e exemplos práticos apresentados demonstram o potencial promissor do uso de nanopartículas na aquicultura. Desde o controle de doenças até a melhoria da qualidade da água e o desenvolvimento de vacinas mais eficazes, as aplicações bem-sucedidas de nanopartículas estão impulsionando a pesquisa e inovação nessa área. No entanto, é essencial continuar a pesquisa e avaliação dos impactos das nanopartículas no ambiente aquático e na segurança alimentar, garantindo o uso responsável e sustentável dessas tecnologias na aquicultura (Ottoni *et al.*, 2019). A colaboração entre cientistas, indústria e reguladores será fundamental para aproveitar todo o potencial das nanopartículas na melhoria da aquicultura.

O uso de nanopartículas na aquicultura apresenta um potencial significativo para melhorar a eficiência, sustentabilidade e saúde dos organismos aquáticos cultivados (Barbieri *et al.*, 2018). As propriedades únicas das nanopartículas permitem uma ampla gama de aplicações, desde o controle de doenças até a melhoria da qualidade da água e a nutrição de precisão (Rezende *et al.*, 2018). Estudos de caso e exemplos práticos mostram que essas tecnologias têm sido bem-sucedidas em proporcionar benefícios tangíveis ao setor aquícola. No entanto, há desafios a serem enfrentados, incluindo questões de segurança alimentar, impacto ambiental e regulamentações adequadas.

Recomendações para Pesquisas Futuras:

Estudos de Segurança Alimentar e Toxicidade: Pesquisas mais abrangentes e detalhadas são necessárias para avaliar a segurança alimentar de organismos

aquáticos cultivados com o uso de nanopartículas e a possível transferência dessas partículas para a cadeia alimentar.

Avaliação do Impacto Ambiental: É essencial aprofundar a investigação sobre o comportamento e a biodistribuição das nanopartículas no ambiente aquático, bem como seus impactos no ecossistema e em outras espécies. Para compreender completamente os efeitos das nanopartículas, é necessário realizar mais estudos que abordem seu comportamento, degradação e persistência sob diferentes condições ambientais.

Desenvolvimento de Regulamentações Específicas: Estabelecer diretrizes regulatórias específicas para o uso de nanopartículas na aquicultura, levando em consideração os diferentes tipos de nanopartículas, suas aplicações e possíveis riscos.

Desenvolvimento de Nanotecnologias Específicas para Aquicultura: Investir em pesquisa e desenvolvimento de nanotecnologias específicas para atender às necessidades e desafios únicos da aquicultura.

Estudos de Custo-Benefício: Avaliar o custo-benefício do uso de nanopartículas na aquicultura, considerando os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Investigação de Novos Materiais e Síntese: Pesquisas contínuas na área de nanotecnologia podem levar à descoberta de novos materiais e métodos de síntese mais eficientes e acessíveis para a produção de nanopartículas.

Parcerias e Colaborações Interdisciplinares: A colaboração entre cientistas, indústria, órgãos reguladores e outras partes interessadas pode acelerar a pesquisa, promover o compartilhamento de conhecimentos e facilitar a aplicação segura e responsável de nanopartículas na aquicultura.

Recomendações para Aplicações Práticas

Educação e Conscientização: É fundamental promover a educação e a conscientização entre todos os envolvidos na aquicultura, como produtores, trabalhadores e consumidores, acerca dos benefícios e precauções associados ao uso de nanopartículas. Essa ação visa aumentar o entendimento sobre as vantagens potenciais das nanopartículas na aquicultura, ao mesmo tempo em que enfatiza a necessidade de precauções e de pesquisas contínuas para assegurar sua aplicação segura e ética.

Incentivos para Adoção Sustentável: Fornecer incentivos para a adoção sustentável de nanopartículas na aquicultura, especialmente para produtores de pequena escala, a fim de promover a equidade no acesso a essas tecnologias.

Colaboração entre Setores: Promover a colaboração entre diferentes setores, incluindo ciência, indústria, governo e sociedade civil, para promover pesquisas interdisciplinares e o desenvolvimento de soluções inovadoras.

Monitoramento e Avaliação Contínuos: Implementar programas de monitoramento e avaliação contínuos para acompanhar os impactos do uso de nanopartículas na aquicultura e garantir a conformidade com as regulamentações estabelecidas.

Apoio Governamental e Financiamento: O apoio governamental à pesquisa em nanotecnologia e aquicultura, bem como o financiamento de projetos inovadores, podem impulsionar o avanço da área.

CONCLUSÃO

O uso de nanopartículas na aquicultura representa uma abordagem inovadora e promissora para enfrentar os desafios contemporâneos do setor, como o controle de doenças, a melhoria da qualidade da água e a otimização da nutrição animal (Alves *et al.*, 2021). Essas tecnologias oferecem uma gama de aplicações, desde o controle microbiológico, com nanopartículas antimicrobianas, até a modulação da absorção de nutrientes e a promoção do crescimento saudável das espécies aquáticas. Além disso, as nanopartículas possuem características únicas, como grande área de superfície e alta reatividade, o que as torna altamente eficazes em processos de remoção de poluentes da água e em tratamentos direcionados de organismos marinhos. Estudos mostram que a utilização dessas partículas pode não apenas aumentar a produtividade da aquicultura, mas também promover práticas mais sustentáveis, ao reduzir a necessidade de antibióticos e químicos pesados (Batista de Melo *et al.*, 2019).

Contudo, para garantir que essas inovações sejam adotadas de forma segura, é fundamental realizar investigações adicionais sobre os impactos ambientais e os potenciais riscos à saúde das espécies aquáticas e, por consequência, à saúde humana. A segurança e a biodegradabilidade das nanopartículas precisam ser rigorosamente avaliadas, considerando sua persistência e a possibilidade de

bioacumulação no ambiente aquático. Além disso, regulamentações robustas e uma conscientização pública crescente são essenciais para assegurar o uso responsável, ético e eficaz dessas tecnologias. A formulação de políticas públicas baseadas em evidências científicas, juntamente com uma vigilância rigorosa, pode criar um ambiente favorável para a inovação responsável (Batista de Melo *et al.*, 2019).

Com uma abordagem colaborativa entre cientistas, indústrias, reguladores e comunidades, a integração das nanopartículas na aquicultura tem o potencial de transformar o setor de maneira segura e sustentável. O avanço nessa área poderá resultar em benefícios significativos, como a produção de alimentos mais eficientes e ambientalmente responsáveis, com impactos positivos na saúde dos organismos aquáticos e na conservação dos ecossistemas. No entanto, é imprescindível que se continue investindo em pesquisa interdisciplinar, fortalecendo as bases científicas para a implementação dessas tecnologias e superando as barreiras que ainda limitam sua adoção em larga escala. O futuro da aquicultura com nanopartículas depende da realização de estudos aprofundados sobre seu comportamento no ambiente aquático, suas interações com diferentes organismos e sua aceitação regulatória e social.

REFERÊNCIAS

- ALVES, K. V. B.; MARTINEZ, D. S. T.; ALVES, O. L.; BARBIERI, E. Co-exposure of carbon nanotubes with carbofuran pesticide affects metabolic rate in *Palaemon pandaliformis* (shrimp). **Chemosphere**, v. 288, p. 132359, 2021.
- ASSIS DA SILVA, C.; RIBEIRO, B. M.; TROTTA, C. V.; PERINA, F. C.; MARTINS, R.; ABESSA, D. M.S.; BARBIERI, E.; SIMÕES, M. F.; OTTONI, C. A. Effects of mycogenic silver nanoparticles on organisms of different trophic levels. **Chemosphere**, v. 308, p. 136540, 2022.
- BARBIERI, E.; MARQUEZ, H.L.A.; CAMPOLIM, M. B.; SALVARANI, P. I. Avaliação dos Impactos ambientais e socioeconômicos da aquicultura na região estuarina-lagunar de Cananéia, São Paulo, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 13, p. 1-13, 2014
- BARBIERI, E.; CAMPOS-GARCIA, J.; MARTINEZ, D. S. T.; DA SILVA, J. R.M.C.; ALVES, O. L.; REZENDE, K. F.O. Histopathological effects on gills of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) exposed to Pb and carbon nanotubes. **Microscopy and Microanalysis**, v. 22, p. 1162-1169, 2016.
- BARBIERI, E.; FERRARINI, A. M. T.; REZENDE, K. F. O.; MARTINEZ, D. S. T.; ALVES, O. L. Effects of multiwalled carbon nanotubes and carbofuran on metabolism in *Astyanax ribeirae*, a native species. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 44, p. 1-10, 2018.

BARBIERI, E.; OTTONI, C. A.; SIMÕES, M. F.; ARAÚJO, A. L. S.; AGUIAR, A. T. Mycogenic silver nanoparticles (from *Penicillium citrinum* IB-CLP11) – their antimicrobial activity and potential toxicity effects on freshwater organisms. **Environmental Science-Nano**, v. 11, p. 1-10, 2024.

BATISTA DE MELO, C.; CÔA, F.; ALVES, O. L.; MARTINEZ, D. S. T.; BARBIERI, E. Co-exposure of graphene oxide with trace elements: Effects on acute ecotoxicity and routine metabolism in *Palaemon pandaliformis* (shrimp). **Chemosphere**, v. 223, p. 1-10, 2019.

CAMACHO-JIMÉNEZ, L.; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, A.R.; MEJÍA-RUIZ, C.H. Silver nanoparticles (AgNPs) as antimicrobials in marine shrimp farming: A review. **Aquaculture Reports**, v. 18, p. 100512, nov. 2020.

CAMPOS-GARCIA, J.; MARTINEZ, D. S. T.; REZENDE, K. F. O.; DA SILVA, J. R. M. C.; ALVES, O. L.; BARBIERI, E. Histopathological alterations in the gills of Nile tilapia exposed to carbofuran and multiwalled carbon nanotubes. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 133, p. 481-488, 2016.

CHALAMCHERIA, V. Nano vaccines: new paradigm in aqua health sector. **Journal of Aquaculture and Marine Biology**, v. 3, n. 2, p. 00061, 2015.

DUBE, E. Nanoparticle-enhanced fish feed: Benefits and challenges. **Fishes**, v. 9, n. 8, p. 322, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/fishes9080322>.

EIRAS, M. I.O.; DA COSTA, L. S.; BARBIERI, E. Copper II oxide nanoparticles (CuONPs) alter metabolic markers and swimming activity in zebrafish (*Danio rerio*). **Comparative Biochemistry and Physiology C-Toxicology & Pharmacology**, v. 258, p. 109343, 2022.

GELLI, V.C.; PATINO, M.T.O.; ROCHA, J.V.; BARBIERI, E.; MIRANDA-FILHO, K. C.; HENRIQUES, M. B. Production of the *Kappaphycus alvarezii* extract as a leaf biofertilizer: technical and economic analysis for the north coast of São Paulo-Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 46, p. 1-12, 2020.

KHAN, S.K.; DUTTA, J.; AHMAD, I.; RATHER, M. A. Nanotechnology in aquaculture: Transforming the future of food security. **Food Chemistry: X**, v. 24, p. 101974, 30 dez. 2024.

KHOSRAVI-KATULI, K.; PRATO, E.; LOFRANO, G.; GUIDA, M.; VALE, G.; LIBRALATO, G. Effects of nanoparticles in species of aquaculture interest. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 17326–17346, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-9125-x>.

MEDEIROS, A.M.Z.; CÔA, F.; ALVES, O.L.; MARTINEZ, D.S.T.; BARBIERI, E. Metabolic effects in the freshwater fish *Geophagus iporangensis* in response to single and combined exposure to graphene oxide and trace elements. **Chemosphere**, v. 243, p. 125316, 2019.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura 2024. <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1696371/>.

OTTONI, C.A.; LIMA NETO, M. C.; LÉO, P.; ORTOLAN, B. D.; BARBIERI, E.; DE SOUZA, A. O. Environmental impact of biogenic silver nanoparticles in soil and aquatic organisms. **Chemosphere**, v. 54, p. 124698, 2019.

POTTS, R.W. A.; GUTIERREZ, A. P.; PENALOZA, C. S.; REGAN, T.; BEAN, T. P.; HOUSTON, R. D. Potential of genomic technologies to improve disease resistance in molluscan aquaculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, v. 376, n. 1825, p. 20200168, 2021. DOI: 10.1098/rstb.2020.0168.

REZENDE, K. F. O.; BERGAMI, E.; ALVES, K.V.B.; CORSI, I.; BARBIERI, E. Titanium dioxide nanoparticles alters routine metabolism and causes histopathological alterations in *Oreochromis niloticus*. **Boletim do Instituto de Pesca (Online)**, v. 44, p. 343-343, 2018.

RIBEIRO, L. G.; REZENDE, K. F. O.; BARBIERI, E.; DE SOUZA, A. O. Study of routine metabolism and acute toxicity of mycogenic silver nanoparticles on (shrimp). **Environmental Science-Nano**, v. 10, p. 1-20, 2023.

SHETA, B.; EL-ZAHED, M.; NAWAREG, M.; ELKHIARY, Z.; SADEK, S.; HYDER, A. Nanoremediation of tilapia fish culture using iron oxide nanoparticles biosynthesized by *Bacillus subtilis* and immobilized in a free-floating macroporous cryogel. **BMC Veterinary Research**, v. 20, Artigo 455, 2024

STI DAHL, L. O.; HAK, S.; BRAAEN, S.; MOLSKA, A.; RODÀ, F.; PAROT, J.; WESSEL, Ø.; FOSSE, J. H.; BJØRGEN, H.; BORGOS, S. E.; RIMSTAD, E. **Implementation of mRNA-Lipid Nanoparticle Technology in Atlantic Salmon** (*Salmo salar*). *Vaccines (Basel)*, v. 12, n. 7, p. 788, 18 jul. 2024. doi: 10.3390/vaccines12070788

ZHANG, R.; CHEN, T.; WANG, Y.; SHORT, M. *Systems approaches for sustainable fisheries: A comprehensive review and future perspectives*. **Sustainable Production and Consumption**, v. 41, p. 242-252, Oct. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.08.013>

MANEJO DE REPRODUTORES, JUVENIS E LARVICULTURA DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA

Maria Elieusa Costa Vieira

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus de Monte Alegre (UFOPA/CMAL)

Luan Patrick Moura de Sousa

Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus de Monte Alegre (UFOPA/CMAL)

Charles Samuel Moraes Ferreira

Universidade Federal do Pará (UFPA),
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
(PPGCAN)

Eduardo Sousa Varela

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro
Nacional de Pesquisa em Pesca, Aquicultura e
Sistemas Agrícolas (EMBRAPA/CNPASA)

Ivana Barbosa Veneza

Universidade Federal do Oeste do Pará
Campus de Monte Alegre (UFOPA/CMAL)

RESUMO

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) se destacou mundialmente na aquicultura devido sua boa adaptabilidade a diferentes condições ambientais e sistemas de cultivo, aceitação de ração e por possuir programas de melhoramento genético já consolidados, o que a torna uma excelente opção para cultivos em sistemas fechados, como os RAS (*Recirculating Aquaculture Systems*), que permitem altos níveis de reutilização hídrica, estabilidade de parâmetros da água e evita fugas para o ambiente natural. Assim, este trabalho descreve o manejo de reprodutores, juvenis e Pós-larvas de tilápias em RAS, durante atividades de estágio supervisionado na Embrapa Pesca e Aquicultura. Foi realizado o monitoramento de parâmetros de água, manejo alimentar e limpeza do RAS e nas incubadoras. Para pós-larvas utilizou-se alimentação com artêmias nos primeiros dias e após isso, realizou-se a substituição gradativa com ração farelada a 55% de PB. Foram registrados valores médios de pH (6,30), oxigênio dissolvido (6,5 mg/L), temperatura (27,4 °C) e amônia tóxica (0,001 mg/L) dentro da faixa ideal, enquanto a alcalinidade (10 mg/L) ficou abaixo do indicado (70-200 mg/L). No manejo alimentar, o consumo médio diário por unidade de cultivo foi de 24,54 g para fêmeas e 33,61 g para machos. O sistema possui boa estrutura, embora sejam necessárias otimizações: implantação de filtros mecânicos; medição mais precisa do consumo alimentar; ajustes de pH com adição de calcário aplicando quantidades menores e mais adequadas ao volume do sistema.

Palavras-chave: piscicultura; arraçamento; produção; larvicultura; região norte.

INTRODUÇÃO

A aquicultura possui grande importância a nível global, contribuindo para a garantia de segurança alimentar, redução na exploração de estoques pesqueiros e geração de emprego e renda (Béné *et al.*, 2015; Naylor *et al.*, 2021; Boyd *et al.*, 2022).

Em 2022, a produção global da aquicultura alcançou 130,9 milhões de toneladas, representando um crescimento de 8,1 milhões de toneladas em relação ao produzido no ano 2020 e, pela primeira vez, superou a produção por pesca (FAO, 2024). No Brasil, a atividade concentrou-se principalmente na piscicultura, com uma produção de 887.029 toneladas, sendo a tilápia (65,3%) a espécie mais produzida (Peixe BR, 2024).

Na região Norte do país, em 2023, o estado com maior destaque foi Rondônia, com uma produção de 56.500 toneladas, ocupando a quarta posição no *ranking* nacional, seguido pelos estados do Pará, na 13ª posição, e Amazonas, na 15ª posição (Peixe BR, 2024). A produção na região é representada pelo cultivo de espécies nativas, com grande representatividade do tambaqui (*Colossoma macromopum*) (Peixe BR, 2024; De Araújo *et al.*, 2024).

O Norte brasileiro apresenta um grande potencial para a piscicultura, devido às características climáticas, alto consumo de pescado, disponibilidade hídrica e diversidade de espécies (Ruffino; Roubach, 2009). Apesar do potencial, a piscicultura encontra muitos desafios, como a falta de profissionais e técnicos treinados, problemas com abastecimento e custo de insumos, dificuldades na aquisição de alevinos, questões ambientais, dificuldade de adequação à legislação vigente (Coelho *et al.*, 2020; Luiz *et al.*, 2022) e adversidades no licenciamento dos empreendimentos. Esses desafios afetam diretamente a posição da região Norte na produção de peixes de cultivo no Brasil, que ocupa a quarta posição, atrás das regiões Sul, Nordeste e Sudeste (Peixe BR, 2024).

Uma das questões que impactavam a adequação dos empreendimentos à legislação era o cultivo de espécies exóticas, como a tilápia, sendo proibido em grande parte dos estados nortistas, exceto no Tocantins desde 2019 (Pedroza Filho *et al.*, 2020).

Em 2022, o estado do Pará promoveu uma mudança significativa na legislação, através da Lei nº 9.665 de 19 de julho de 2022 e do decreto nº 3.385 de 5 de outubro de 2023, com uma flexibilização que possibilitou o cultivo de espécies

exóticas, desde que seja fora de área de preservação permanente e com medidas de contenção para evitar fugas (Pará, 2022; 2023).

A tilápia (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies mais produzidas no mundo, devido à sua boa adaptabilidade a diversos sistemas de cultivo, condições ambientais, boa aceitação de ração e por possuir programas de melhoramento genético consolidados (Moro *et al.*, 2013; El-Sayed; Fitzsimmons, 2023; Eknath *et al.*, 1993; Bentsen *et al.*, 1998; Gjerde *et al.*, 2012; Barría *et al.*, 2020). No Brasil, a produção efetiva só ocorreu a partir de 1990, quando foram implementadas tecnologias de reversão sexual (Kubitza, 2003). Atualmente, é a principal espécie produzida no país, com um crescimento de 103% nos últimos dez anos (Schulter; Vieira Filho, 2017; Peixe BR, 2024).

A expansão da aquicultura e o aumento da produção são tendências naturais que, em conjunto com as novas tecnologias, favorecem ganhos significativos de produtividade. A intensificação dos sistemas de cultivo, como os RAS (*Recirculating Aquaculture Systems*), são exemplos disso (Pedroza Filho *et al.*, 2015).

Nos RAS há altos níveis de reutilização hídrica (>90%) por meio de filtros químicos, biológicos e/ou mecânicos (Murray *et al.*, 2014; Balami, 2021). Ele permite minimizar o consumo de água, fornece maior controle e estabilidade dos parâmetros da água, como temperatura, pH, oxigênio e alcalinidade, e minimiza o lançamento de efluentes (Murray *et al.*, 2014; Calone *et al.*, 2019). Esse sistema é importante para a biossegurança e proteção dos animais cultivados, para evitar fugas ao ambiente natural, controlar surtos de doenças e transmissão de parasitas (Ahmed; Turchini, 2021). Para isso, é essencial realizar o tratamento da água do sistema, a fim de remover resíduos excretados pelos peixes e manter a qualidade da água, garantindo o bem-estar dos animais cultivados (Bregnballe, 2022).

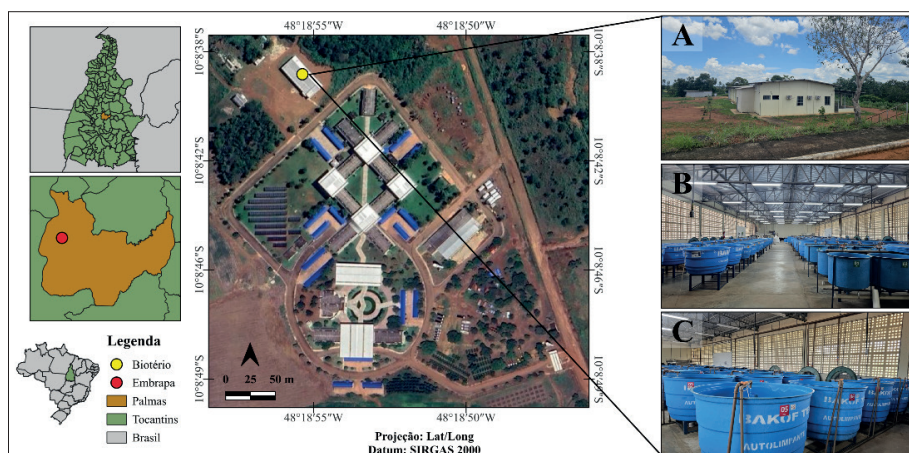
Diante disso, o trabalho descreve as atividades de manejo de pós-larvas, juvenis e reprodutores de tilápia em Sistema de Recirculação de Água (RAS), desenvolvidas durante um Estágio Supervisionado Obrigatório do curso de Bacharelado em Engenharia de Aquicultura da Universidade Federal do Oeste do Pará, *Campus* de Monte Alegre, realizado na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa em Pesca, Aquicultura e Sistemas Agrícolas EMBRAPA/CNPASA.

DETALHAMENTO DA EXPERIÊNCIA

Campo de Estudo

O presente trabalho foi realizado no biotério de sanidade e biotecnologia da Embrapa Pesca e Aquicultura, localizada no prolongamento da Avenida NS 10, cruzamento com a Avenida LO 18 loteamento Água Fria em Palmas – TO (Figura 1), no período de 06 de janeiro a 18 de fevereiro de 2025.

Figura 1 - Mapa de localização da Embrapa Pesca e Aquicultura. A – Área de laboratórios, escritórios e biotério, B – Biotério de Sanidade e Biotecnologia, C – Sistema de Recirculação Aquícola.



Fonte: Os autores (2025).

O local conta com um sistema de recirculação composto por 19 caixas de água autolimpantes Bakof, identificadas por meio de placas individuais numeradas, com volume de 1.000 litros cada (Figura 2A), abastecidas a partir do reservatório de água da Embrapa, e contavam com uma entrada de água com vazão de 4 litros/minuto, além do sistema de aeração por meio de sopradores de ar (Figura 2B). Os peixes foram separados por sexo e distribuídos em dez caixas, sendo quatro caixas com peixes machos e seis com fêmeas, resultando em uma densidade de cinco a seis peixes por caixa (Figura 2C), além de duas unidades de cultivo com tilápias juvenis para futura sexagem e microchipagem, em densidade aproximada de 20 peixes por caixa. Outras quatro caixas continham tambaquis, uma caixa continha calcário dolomítico para correção do pH da água (Figura 2D) e duas caixas vazias.

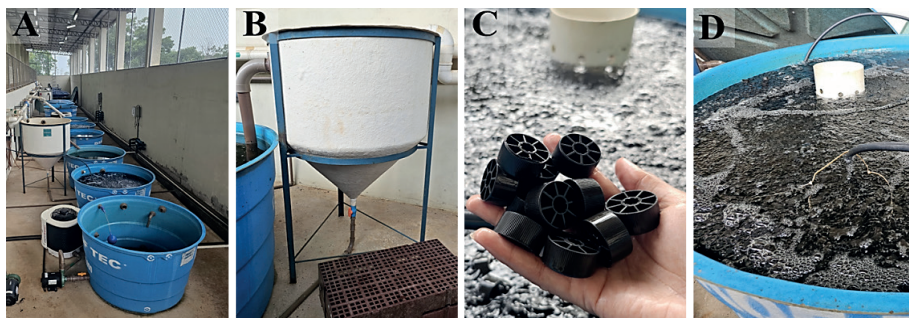
Anexo ao biotério localizava-se o sistema de tratamento e filtragem da água do RAS (Figura 3), composto por três caixas de 2.000 litros cada e um decantador. O efluente passava pelo decantador, seguia até a primeira caixa de decantação, depois para a segunda com biomídias móveis para fixação de bactérias que decompõem compostos orgânicos e finalmente a água chegava à terceira caixa, de onde era distribuída novamente ao sistema.

Figura 2 - Sistemas de Recirculação Aquícola (RAS). A – Unidades de cultivo, B – Entrada de água e aeração, C – Identificação das caixas, D – Caixa para aplicação de calcário.



Fonte: Os autores (2025).

Figura 3 - Sistemas de Filtragem da água, A – Anexo onde localiza-se os filtros dos sistemas, B – Decantador, C – Biomídia móvel, D – Caixa para filtragem biológica.

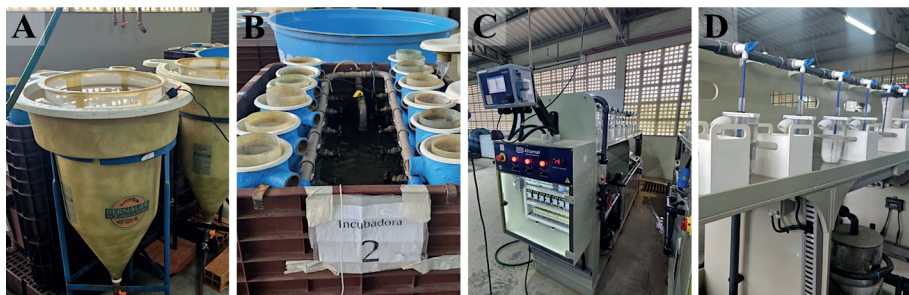


Fonte: Os autores (2025).

No biotério estavam dispostas duas incubadoras tradicionais para larvicultura e alevinagem (Figura 4A), dois módulos de incubadoras artesanais confeccionadas

com cano PVC (Figura 4B) e dois módulos de incubação da empresa Altamar Sistemas Aquáticos, com um sistema de recirculação completo, filtro rotativo autolimpante, filtro biológico, painel de acompanhamento da qualidade de água e *status* de uso, e estruturas para incubação de ovos com 20 caixas incubadoras de 1L cada (Figura 4C e 4D).

Figura 4 - Sistemas de incubadoras presentes no biotério. A – Incubadoras tradicionais, B – Incubadoras artesanais, C e D – Módulo de incubação Altamar Sistemas Aquáticos.

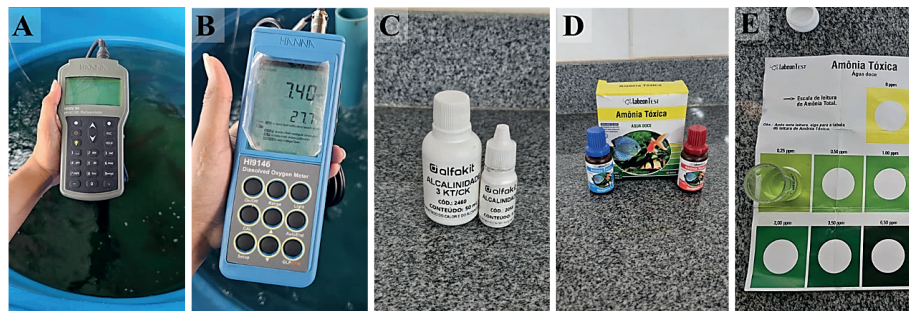


Fonte: Os autores (2025).

Qualidade de água do sistema RAS

O acompanhamento das variáveis de qualidade de água ocorreu diariamente, no horário de 8:15 da manhã, com medidores portáteis da Hanna Instruments (Figura 5A e 5B), onde foram aferidos oxigênio dissolvido (OD), temperatura e pH. Semanalmente, às terças-feiras, também foram aferidos alcalinidade por meio do kit da Alfakit (Figura 5C) e a amônia total e tóxica por meio do kit da Labcon Testes (Figura 5D e 5E).

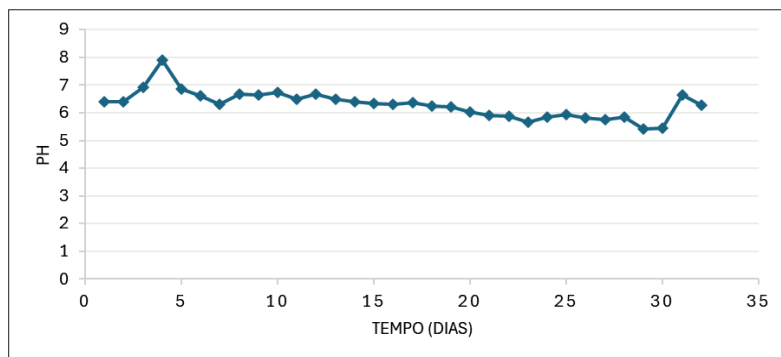
Figura 5 - Materiais utilizados para monitoramento de parâmetros de qualidade de água. A – Oxímetro, B – Sonda multiparâmetro, C – Kit da Alfakit, D – Kit colorimétrico Labcon Testes, E) Teste de amônia e tabela para aferição de amônia tóxica Labcon Testes.



Fonte: Os autores (2025).

Os níveis de pH do sistema RAS variaram de 5,41 a 7,92 (Figura 6). O maior valor foi registrado no dia nove de janeiro e o menor no dia três de fevereiro.

Figura 6 - Variação nos valores de pH da água do sistema de recirculação no período estudado.

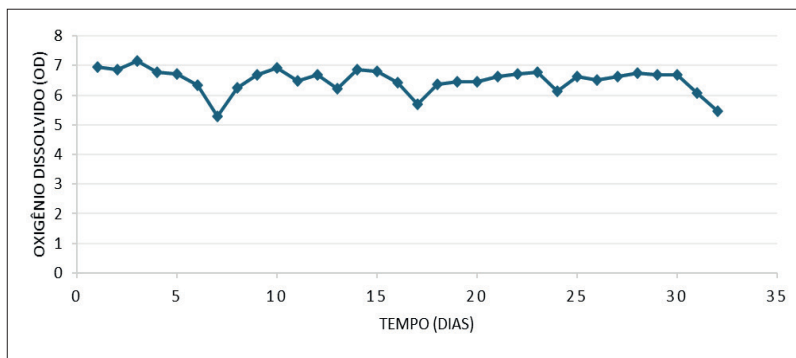


Fonte: Os autores (2025).

Durante o manejo foi adicionado calcário na caixa 13 para correção de pH, às terças-feiras, inicialmente 5 kg, após isso, com o pH ainda abaixo do adequado, foi adicionado 14,05 kg, e por fim, aderiu-se à padronização de 10 kg por semana. Em relação à alcalinidade, foi realizada a medição às terças-feiras e o valor se manteve em 10 mg/L.

O oxigênio dissolvido apresentou variações de 5,28 a 7,16 mg/L (Figura 7).

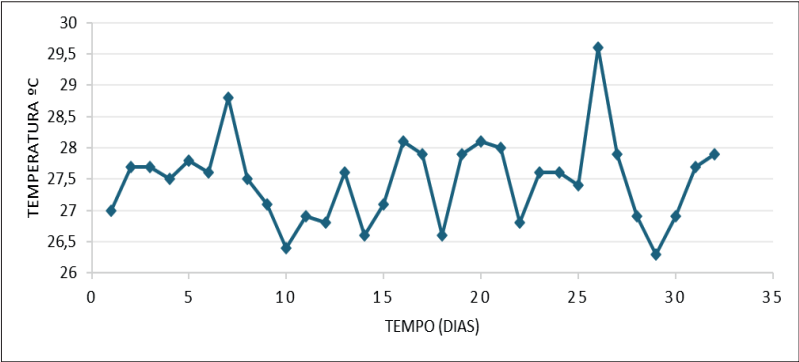
Figura 7 - Parâmetros de oxigênio dissolvido (OD) presente na água do sistema de recirculação



Fonte: Os autores (2025).

Durante o monitoramento da temperatura, a água apresentou em média de 27,4 °C (temperatura mínima de 26,3 °C e máxima de 29,6 °C) (Figura 8).

Figura 8 - Variação nos valores de temperatura da água do sistema de recirculação.



Fonte: Os autores (2025).

Os níveis de amônia total e amônia tóxica aferidos no sistema, podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Níveis de Amônia Total e Amônia Tóxica no sistema RAS.

Data	Amônia Total	Amônia Tóxica
07/01/2025	0,25 mg/L	0,001 mg/L
14/01/2025	0,50 mg/L	0,001 mg/L
21/01/2025	0,25 mg/L	0,001 mg/L
28/01/2025	0,25 mg/L	0,001 mg/L

Fonte: Os autores (2025).

Alimentação de tilápias no sistema RAS

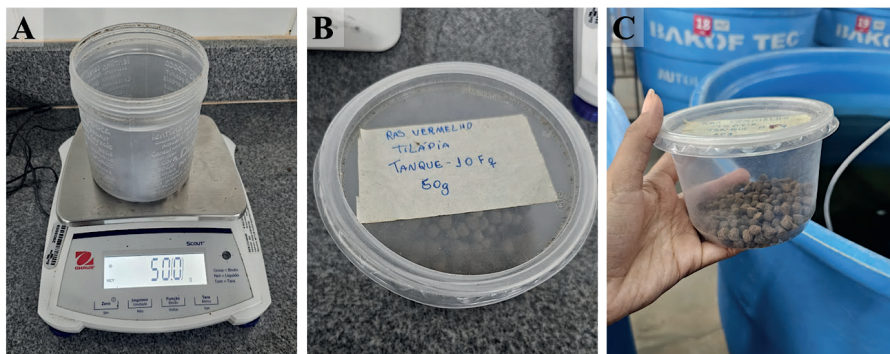
Após a avaliação da qualidade de água, iniciava-se o manejo alimentar em todo o sistema. Para isso, no dia anterior era realizada a quantificação da ração a ser administrada, sendo utilizada a ração Laguna de 6 mm com 40% de PB. A ração era pesada e separada em potes individuais para cada caixa, sendo 75g de ração para machos e 50g de ração para fêmeas, quantidade que é ofertada por dia (Figura 9).

Os tratos foram ajustados considerando 1,5% do peso vivo para fêmeas e 1% do peso vivo para os machos, seguindo a biometria já realizada anteriormente, na qual os machos apresentaram peso médio de 1200 g e as fêmeas de 670 g.

A alimentação iniciava a partir das 9h, com uma pequena quantidade da ração sendo ofertada, após 15 minutos, se os animais tivessem se alimentado completamente, a ração era administrada novamente, caso contrário, a oferta

era interrompida até o consumo completo. Para juvenis, a ração era ofertada por livre demanda. A frequência adotada era às 9h00 e 14h00 para todos os peixes e às 11h00 e 16h00 para fêmeas e juvenis. A ração era armazenada no freezer e as sobras de ração dos potes eram pesadas e registradas, já as sobras das unidades de cultivo eram recolhidas e descartadas.

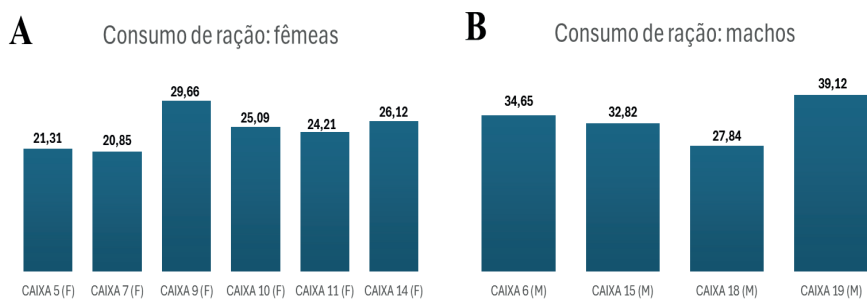
Figura 9 - Preparação da ração para alimentação dos reprodutores. A – Pesagem da ração, B e C – recipiente de ração com a identificação, para ser administrada nas unidades de cultivo.



Fonte: Os autores (2025).

O consumo médio diário entre as unidades de cultivo do sistema foi de 24,54 g para fêmeas e 33,61 g para machos, na Figura 10 é possível observar o consumo médio para cada unidade de cultivo.

Figura 10 - Consumo de ração por tilápias no RAS. A – Consumo de ração por fêmeas, B – consumo de ração por machos.



Fonte: Os autores (2025).

Limpeza do RAS

A limpeza em todo o sistema RAS ocorria às segundas e sextas-feiras, no turno vespertino, a partir das 15h00, e consistiu em fazer a sifonagem para retirada dos detritos do fundo das caixas, que são gerados por sobras de ração e excretas dos peixes.

Esse processo era realizado com o auxílio de uma mangueira acoplada a um pequeno cano, com uma esponja multiuso dupla face, para retirar os detritos aderidos nas laterais das caixas (Figura 11) e uma vassoura para a limpeza da parte mais profunda, onde não é possível alcançar com a esponja. Esse material era de uso exclusivo do RAS vermelho.

Figura 11 - Procedimentos e materiais para limpeza do RAS. A – Mangueira para sifonagem, B – Esponja para limpeza das caixas, C – Realização da limpeza das caixas.



Fonte: Os autores (2025).

Diariamente, era realizada a sifonagem nas duas caixas com tilápias juvenis, que por estarem em maior densidade, cerca de 20 animais por caixa, produziam mais resíduos. E às 10h00, era realizada a limpeza dos filtros do RAS, com abertura da saída de água do decantador por 30 segundos, sifonagem da primeira caixa e limpeza das laterais da caixa com a esponja e vassoura. Por fim, utilizava-se uma pequena peneira para a retirada de itens suspensos nas caixas, como pequenos insetos.

Larvicultura de tilápias

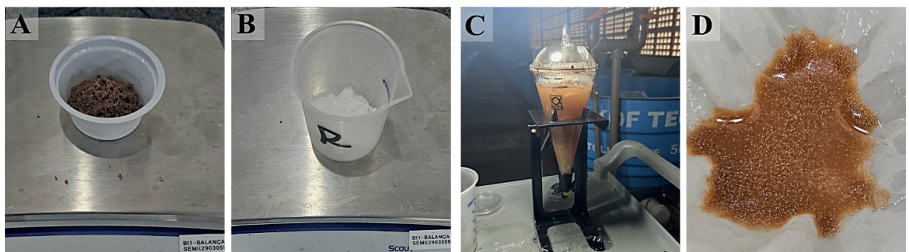
A manutenção das pós-larvas de tilápia foi realizada em quatro caixas do módulo de incubação, em uma densidade média de 40 larvas por caixa.

Inicialmente, as pós-larvas foram alimentadas com artêmias, de forma que, no dia anterior realizava-se a incubação dos cistos, utilizando 0,44 g de cistos, 500 ml de água, 13 g de sal e 0,3 g de bicarbonato que eram dispostos em uma incubadora própria para a produção de artêmias (Figura 12).

Após o período de incubação, cerca de 24 horas, as artêmias eram coletadas, diluídas em 600 ml de água da própria incubadora e divididas em três medidas de 200 ml para cada trato, e disponibilizado 50 ml para cada caixa da incubadora, os 400 ml de volume restante eram reservados em um becker com aeração constante até a próxima alimentação, que ocorria três vezes pela manhã, e repetia-se o mesmo processo pela tarde.

Posteriormente, após 15 dias, introduziu-se a ração farelada para pós-larvas e carnívoros da marca Laguna 55% Proteína Bruta (PB), onde foi utilizado um medidor para realizar a oferta, com cerca de 0,4 g por caixa em conjunto com artêmias, que conseqüentemente foi diminuída a incubação (Tabela 2). Esse procedimento ocorreu até a alimentação passar a ser ofertada exclusivamente por meio da ração. Além do manejo alimentar das pós-larvas, realizou-se a limpeza das caixas das incubadoras, que ocorreu diariamente nos intervalos das alimentações (Tabela 3).

Figura 12 - Materiais utilizados para incubação de cistos de artêmia para alimentação de larvas de tilápias. A – Cistos de artêmias, B – Sal com bicarbonato, C – Incubadora, D – Artêmias eclodidas.



Fonte: Os autores (2025).

Tabela 2 - Tabela de incubação de artêmias para alimentação de pós-larvas de tilápias.

Datas das incubações	Quantidades de cistos incubados
05 a 13/01	0,44 g
14 a 15/01	0,33 g
16 a 17/01	0,22 g
18 a 19/01	0,11 g

Fonte: Os autores (2025).

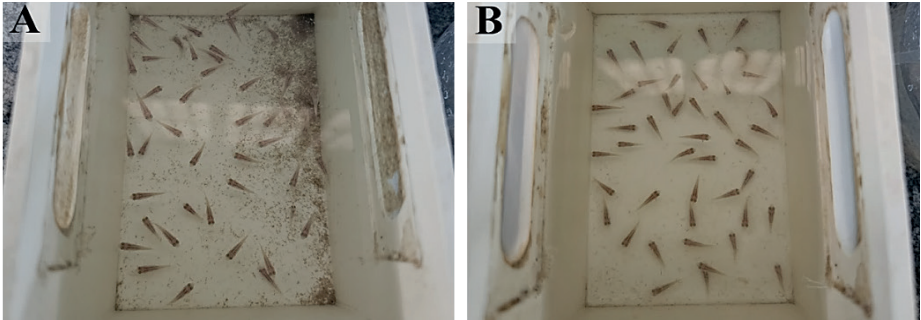
Tabela 3 - Tabela de manejo de pós-larvas de tilápia. Os tratos se referem à administração de alimento.

Horário/Manhã	Manejo	Horário/Tarde	Manejo
8h30	Alimentação (Trato 1)	13h45	Alimentação (Trato 4)
9h45	Limpeza	14h45	Limpeza
10h30	Alimentação (Trato 2)	15h30	Alimentação (Trato 5)
11h50	Alimentação (Trato 3)	17h10	Alimentação (Trato 6)

Fonte: Os autores (2025).

A limpeza consistiu na realização de sifonagem utilizando uma pequena mangueira de silicone e com escovação das telas que compõe parte das laterais das caixas, para retirada de sobras de ração que fixam nas telas e formam uma película impedindo a passagem da água (Figura 13).

Figura 13 - A – Caixa com restos de ração e excretas, B – caixa após a sifonagem.



Fonte: Os autores (2025).

DISCUSSÃO

O controle de qualidade de água é fundamental para o sucesso da atividade produtiva na aquicultura (Moro *et al.*, 2013), e consoante a isso, durante a experiência de estágio os principais parâmetros foram monitorados.

O valor médio de pH registrado foi de 6,30 durante o estágio, o qual é entendido como baixo, se considerado a faixa ideal para o cultivo da maioria dos peixes de água doce em sistemas fechados, que normalmente encontra-se entre 7,0 e 9,0 (Boyd *et al.*, 1998; Carneiro *et al.*, 2015). Contudo, para a tilápia do Nilo, estudos apontam uma faixa ideal mais ampla, compreendendo valores médios entre 6,0 e 8,5, sendo apresentados problemas ao cultivo quando esses níveis estão abaixo de 4,5 e acima de 10,5 (Moro *et al.*, 2013, Rebouças *et al.*, 2016).

Em sistema de recirculação para a produção de tilápia do Nilo foram reportados valores de pH próximos de 6 (Winckler *et al.*, 2024), entre 6,2 e 6,5 (De Sousa *et al.*, 2021) e 7,65 (Medina *et al.*, 2022), valores semelhantes aos encontrados.

A variação do pH pode estar atrelada a diversos fatores que ocorrem no sistema, como o aumento de concentrações de NH_3 , a eficiência dos processos de nitrificação, variações de temperatura e oxigênio dissolvido presente no meio (Martins *et al.*, 2017; Zablon *et al.*, 2022).

Tendo como base esses dados, a média de pH encontrada é aceitável para a espécie, no entanto, para a manutenção dessa média, houve a adição de calcário no sistema, que variou de 5 kg a 14,05 kg. Quando o sistema apresenta níveis de pH abaixo da faixa ideal para os peixes e a alcalinidade e a dureza estão baixas, esses parâmetros precisam ser corrigidos, e para isso recomenda-se a adição de calcário para a sua correção (Moro *et al.*, 2013).

Estudos demonstram que a quantidade de calcário (CaCO_3) utilizada em sistemas fechados variam em torno de 0,10 g/L (Pedreira *et al.*, 2023) e 0,25 g/L (Martins *et al.*, 2017). Assim, considerando que o sistema possui dezesseis caixas operantes com volume útil de 700 L cada, a quantidade indicada seria de cerca de 2,8 kg a ser aplicado. Em observância a esses valores, a quantidade empregada, de 10 kg, esteve acima do recomendado. No entanto, o fato de essa quantidade não ter causado uma elevação significativa no pH está relacionado à deposição do material, que ocorre em uma caixa específica. Nessa configuração, grande parte do material se decanta no fundo da caixa, de modo que apenas a parte superficial entra em contato direto com a água do sistema.

Uma variável que tem relação com o pH é a alcalinidade inferior ao apresentado na literatura como ideal em sistemas de recirculação, que devem variar entre 70–200 mg/L (Bregnballe, 2022), e a valores encontrados em outros trabalhos de 35 a 79 mg/L (Medina *et al.*, 2022; Jongjaraunsuk; Taparhudee; Suwannasing, 2024). Esse parâmetro é um dos responsáveis para a manutenção da estabilidade do pH da água, que junto a dureza compreende ao chamado “sistema tampão” (De Souza; De Oliveira; Bevilaqua, 2021).

Com relação ao oxigênio dissolvido, a média diária registrada foi de 6,5 mg/L. Em sistemas de recirculação com o cultivo de tilápias foram relatados valores médios de 6,93 mg/L até 8,42 mg/L de oxigênio dissolvido (De Sousa *et al.*, 2021; Medina *et al.*, 2022). Os peixes apresentam um melhor desenvolvimento quando as

concentrações de oxigênio dissolvido estão acima de 5,0 mg/L (BOYD *et al.*, 1998; Lima *et al.*, 2013), de forma que valores inferiores a este podem causar estresse nos animais, diminuir a alimentação e consequentemente a taxa de crescimento, e em situações extremas causar altos níveis de mortalidade (Lima *et al.*, 2013). Tendo como referencial esses dados, a aferição diária de oxigênio dissolvido no RAS demonstra estar adequada.

Além do pH e OD, a temperatura também foi monitorada, sendo esta uma variável de grande importância na aquicultura, pois cada espécie possui uma faixa de conforto térmico ideal, fora dessa faixa pode ocorrer redução do apetite, crescimento prejudicado, supressão do sistema imunológico e aumento da susceptibilidade a doenças (Moro *et al.*, 2013). Além do metabolismo dos peixes, a temperatura influencia no desenvolvimento de microrganismos, na disponibilidade de nutrientes e na toxicidade de contaminantes, o que torna essencial seu acompanhamento (Arana, 2010). De modo geral, a faixa de temperatura apresentada esteve em concordância com outros trabalhos com tilápias em sistemas fechados, que reportaram valores entre 25 e 29 °C (De Sousa *et al.*, 2021; Medina *et al.*, 2022).

Outro parâmetro de grande importância para os cultivos é amônia, principal produto da excreção dos peixes e seu equilíbrio depende do pH e temperatura. Os valores letais para peixes estão na faixa de 2,0 a 3,0 mg/L; quanto à amônia tóxica esses valores são a partir de 0,20 mg/L (Moro *et al.*, 2013). Os valores encontrados no sistema apresentaram-se em uma média satisfatória, ainda que estejam acima do reportado na literatura recente, como os valores de 0,12 a 0,15 de amônia total (Oliveira Neto *et al.*, 2022; Medina *et al.*, 2022).

Dada a importância da aferição e manutenção dos parâmetros de qualidade de água, é necessário realizar diariamente a medição do oxigênio dissolvido, temperatura, pH e amônia total, além de aferir semanalmente, em um dia específico, os parâmetros de dureza e alcalinidade (Moro *et al.*, 2013).

Além dos parâmetros aferidos, verificar outros parâmetros também é essencial para o bom desenvolvimento do cultivo, principalmente devido a interrelação entre diferentes variáveis. Por exemplo, a presença de nitrito nos sistemas de cultivo se dá pelo processo de oxidação da amônia e nitrato, correspondendo à última fase do processo de nitrificação, e o acúmulo desta substância pode representar um grande problema em sistemas de recirculação de água, devido a sua toxidez, uma vez que nesses sistemas há maior ocorrência de nitrificação (Boyd; Tucker,

1998; Moro *et al.*, 2013). A nitrificação compreende ao processo biológico em que bactérias realizam a oxidação biológica dos compostos nitrogenados orgânicos e inorgânicos, e nesses sistemas intensificam-se devido à baixa renovação de água, maior adensamento, acúmulo de resíduos como a amônia, e disponibilidade de oxigênio (Moro *et al.*, 2013; De Sousa *et al.*, 2021).

Os sistemas de filtragem em RAS são essenciais para a manutenção da qualidade de água, e no local notou-se a ausência de filtro mecânico, item importante para a retirada de Sólidos Suspensos Totais (SST), evitando seu retorno para o sistema (Winckle *et al.*, 2024). Nos cultivos, cerca de 50% dos sólidos são decantáveis, contudo, cerca de 25% estão suspensos na coluna d'água e só podem ser eliminados com o auxílio de filtros mecânicos (Kubitza, 2006), evidenciando a importância desse item para a manutenção da qualidade de água em sistemas fechados.

Quanto a alimentação, para reprodutores de tilápia, recomenda-se rações com teores de 32 e 36% de proteína bruta, uma vez que, estes necessitam de rações de boa qualidade e que atendam às demandas nutricionais (Senar, 2017). Entretanto, a ração ofertada durante o estágio continha teor mais elevado de PB, o que aumenta os custos de produção, já que rações com níveis mais altos de proteína bruta são mais caras (Kubitza, 2006).

A quantidade de ração para reprodutores, quando se deseja o crescimento, deve ser administrada diariamente, considerando de 1 a 2% do peso vivo, dividida em duas refeições diárias (Kubitza, 2006), o que se mostra próximo ao apresentado no sistema, com a quantidade de ração calculada entre 1% e 1,5% do peso vivo e com duas alimentações diárias. Para as fêmeas, ainda se realizava quatro tratamentos, mas com ajustes previstos para quando estas atingirem um tamanho maior.

Para juvenis, trabalhos recomendam alimentação de duas vezes ao dia com ração a 32% de PB (Kubitza, 2006; Medina *et al.*, 2022). Verifica-se a necessidade de calcular uma quantidade de ração adequada para os juvenis estocados, visando ajustar a ração com níveis de proteína bruta mais adequados.

Outro problema observado foi na coleta de dados, onde a ração restante nas unidades de cultivo era descartada sem registro prévio, entrando na estatística de quantidade consumida, representando um acréscimo na quantidade real.

Um grande desafio na sobrevivência de pós-larvas cultivadas é a alimentação, mas este é um problema que pode ser minimizado, desde que ocorra a oferta de alimentos apropriado (Portella *et al.*, 2012). Assim, é muito importante a oferta de alimento vivo nas primeiras fases de desenvolvimento larval, seguida pela incorporação gradativa até a substituição completa pela ração comercial (Pereira *et al.*, 2016), principalmente no que se refere à alimentação inicial de larvas altriciais (Portella *et al.*, 2012).

No entanto, as pós-larvas de tilápias desenvolvem-se rapidamente, já possuindo um trato digestório completo que lhes permite uma alimentação exógena (Kubitza, 1999), por apresentarem essas características de larvas precoces, podem receber dieta inerte desde o início da alimentação exógena (Portella *et al.*, 2012), já sendo possível o uso de rações fareladas, que possuam boa palatabilidade e nutrição, a partir dos primeiros dias de vida (De Castro, 2022). Assim, nos primeiros três a cinco dias de vida as larvas de tilápia alimentam-se do conteúdo do saco vitelínico, e após esse período deve-se realizar a alimentação com ração farelada, normalmente contendo em torno de 40% de PB (Luz *et al.*, 2013; Senar, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de RAS do local estudado possui ótima estrutura e tecnologias disponíveis que permitem o bom desenvolvimento das atividades. No entanto, alguns pontos merecem atenção: a implantação de filtros mecânicos, para melhorar o tratamento da água; melhorar o aproveitamento da ração e medição mais precisa do consumo, estimando as sobras para maior controle; ajustes de pH com adição de calcário aplicando quantidades menores e mais adequadas ao volume do sistema.

Agradecimentos

À EMBRAPA/CNPASA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/ Centro Nacional de Pesquisa em Pesca, Aquicultura e Sistemas Agrícola pelo estágio concedido que possibilitou esse trabalho; a toda a equipe do biotério de sanidade e biotecnologia pela recepção e acolhimento.

REFERÊNCIAS

- AHMED, Nesar; TURCHINI, Giovanni M. Recirculating aquaculture systems (RAS): Environmental solution and climate change adaptation. **Journal of Cleaner production**, v. 297, 2021.
- ARANA, Luis Alejandro Vinatea. **Qualidade da água em aquicultura: princípios e práticas**. Ed. da UFSC, 2010
- BALAMI, Sujita. Recirculation aquaculture systems: components, advantages, and drawbacks. **Education**, 2021.
- BARRÍA, Agustin *et al.* Genetic parameters for resistance to Tilapia Lake Virus (TiLV) in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 522, p. 735126, 2020.
- BÉNÉ, Christophe *et al.* Feeding 9 billion by 2050–Putting fish back on the menu. **Food security**, v. 7, p. 261-274, 2015
- BENTSEN, Hans B. *et al.* Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 160, n. 1-2, p. 145-173, 1998.
- BOYD, Claude E.; TUCKER, Craig S. **Pond aquaculture water quality management**. 1998.
- BOYD, Claude E.; MCNEVIN, Aaron A.; DAVIS, Robert P. The contribution of fisheries and aquaculture to the global protein supply. **Food security**, v. 14, n. 3, p. 805-827, 2022.
- BREGBALLE, Jacob. A guide to recirculation aquaculture: an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. **Food & Agriculture Org.**, Rome, 2022.
- CALONE, R. *et al.* Improving water management in European catfish recirculating aquaculture systems through catfish-lettuce aquaponics. **Science of the total environment**, v. 687, p. 759-767, 2019.
- CARNEIRO, Paulo César Falanghe *et al.* **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 27p, 2015.
- COELHO, Yana Karine *et al.* A piscicultura no Baixo Amazonas: aspectos socioeconômicos, tecnológicos e produtivos. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e73891110598-e73891110598, 2020.
- DE ARAÚJO, Shirlene Lopes *et al.* Produção de Tambaqui (*Colossoma macropomum*) no Brasil entre 2017 a 2021. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 2, p. e69794-e69794, 2024.
- DE CASTRO, Pedro Luiz. **Nutrição Para Pós-Larvas De Peixes Tropicais De Água Doce**. 2022
- DE SOUSA, Joselio Adriano Araujo *et al.* Acompanhamento biométrico de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistema de recirculação de água em diferentes adensamentos. **Natural Resources**, v. 11, n. 3, p. 82-90, 2021.
- DE SOUZA, Rondon Tatsuta Yamane Baptista, DE OLIVEIRA, Sarah Ragonha BEVILAQUA, Dannel Rocha. Aquaponia na Amazônia. In: DE MATTOS, Bruno Olivetti, *et al.* **Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias**, 2021.
- EKNATH, Ambekar E. *et al.* Genetic improvement of farmed tilapias: the growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in different farm environments. **Aquaculture**, v. 111, p. 171-188, 1993.
- EL-SAYED, Abdel-Fattah M.; FITZSIMMONS, Kevin. From Africa to the world – The journey of Nile tilapia. **Reviews in Aquaculture**, v. 15, p. 6-21, 2023.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Rome, 2024.

GJERDE, Bjarne *et al.* Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 342, p. 117-124, 2012.

JONGJARAUNSUK, Roongparit; TAPARHUDEE, Wara; SUWANNASING, Pimlapat Comparison of water quality prediction for red tilapia aquaculture in an outdoor recirculation system using deep learning and a hybrid model. **Water**, v. 16, n. 6, p. 907, 2024.

KUBITZA, Fernando. A evolução da tilapicultura no Brasil: produção e mercados. **Revista Panorama da Aquicultura**, v. 76, n. 13, p. 25-32, 2003.

KUBITZA, Fernando. Ajustes na nutrição e alimentação das tilápias. **Revista Panorama da aquicultura**, v. 16, n. 98, p. 15-24, 2006.

KUBITZA, Fernando. Sistemas de Recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Revista Panorama da Aquicultura**, 2006.

KUBITZA, Fernando. Nutrição e alimentação de tilápias-parte 2-final. **Revista Panorama da Aquicultura**, 1999.

LIMA, Adriana Ferreira *et al.* **Qualidade da água: piscicultura familiar**. 2013.

LUIZ, Danielle de Bem *et al.* Caminhos para organização da cadeia da aquicultura da Amazônia-perspectivas econômicas e relevância social e ambiental: potencialidades da bioeconomia do pescado na Amazônia. *In: As soluções sustentáveis que vêm dos trópicos: desenvolver sem desmatar por um novo pacto global do alimento*. – Juiz de Fora, 2022.

LUZ, Ronald Kennedy *et al.* Larvicultura de tilápia em água doce e água salinizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 1150-1157, 2013

MARTINS, Gabriel Bernardes *et al.* The utilization of sodium bicarbonate, calcium carbonate or hydroxide in biofloc system: water quality, growth performance and oxidative stress of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 468, p. 10-17, 2017.

MEDINA, Leone de Souza *et al.* Sistema de recirculação aquícola: relações peso-comprimento e fatores de condição de quatro espécies de peixes tropicais. **Research, Society and Development**, v. 11, 2022.

MORO, Giovanni Vitti *et al.* Monitoramento e manejo da qualidade da água em pisciculturas. *In: RODRIGUES, Ana Paula Oeda et al. (Eds.), Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos*. Brasília: EMBRAPA, 2013. Cap. 5, p. 141-169.

MURRAY, Francis; BOSTOCK, John; FLETCHER, David. **Review of recirculation aquaculture system technologies and their commercial application**. 2014.

NAYLOR, Rosamond L. *et al.* A 20-year retrospective review of global aquaculture. **Nature**, v. 591, p. 551- 563, 2021.

OLIVEIRA NETO, Onéas Eduardo *et al.* Qualidade da água de aquicultura em sistema de recirculação (RAS) com sistema de tratamento alternativo. **Revista Presença Geográfica**, v. 9, n. 3, p. 41-52, 2022.

PARÁ. Lei nº 9.665, de 19 de julho de 2022. Dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura no Estado do Pará. Diário Oficial do Estado do Pará. 2022.

PARÁ. Decreto Nº 3.385, de 5 de outubro de 2023. Regulamenta a Lei Estadual nº 9.665, de 19 de julho de 2022, que dispõe sobre a Política de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura no Estado do Pará. Diário Oficial do Estado do Pará. 2023. PEDREIRA, Marcelo Mattos *et al.* **Calagem em sistemas de recirculação no cultivo de peixe em água doce.** 2023.

PEDROZA FILHO, Manoel Xavier *et al.* Análise comparativa de resultados econômicos dos polos piscicultores no segundo trimestre de 2015. Palmas: **EMBRAPA Pesca e Aquicultura**, 2015.

PEDROZA FILHO, Manoel Xavier *et al.* Caracterização da cadeia produtiva da tilápia nos principais polos de produção do Brasil. **EMBRAPA Pesca e Aquicultura**, 2020.

PEIXE BR. Associação Brasileira da Piscicultura. Anuário Brasileiro da Piscicultura da PEIXE BR 2024. Pinheiros - São Paulo/ SP: PEIXE BR, 2024.

PEREIRA, Samuel Louzada *et al.* Diferentes estratégias alimentares na larvicultura do acará-bandeira (*Pterolophyllum scalare*, Cichlidae). **Acta Amazonica**, v. 46, p. 91-98, 2016.

PORTELLA, Maria Célia *et al.* Alimentação e nutrição de larvas. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira.** Florianópolis, Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p. 185-216, 2012.

REBOUÇAS, Vanessa Tomaz *et al.* Reassessment of the suitable range of water pH for culture of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. in eutrophic water. **Acta Scientiarum**, v. 38, p. 361-368, 2016.

RUFFINO, Mauro Luis; ROUBACH, Rodrigo. A pesca e aqüicultura na Amazônia brasileira. **Amazônia y Água: desarrollo sostenible en el Siglo XXI.** UNESCO, p. 249- 258, 2009.

SCHULTER, Eduardo Pickler; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia.**, 2017.

SENAR. **Piscicultura: reprodução, larvicultura e alevinagem de tilápias.** Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: SENAR, 2017.

WINCKLER, Lilian Terezinha *et al.* **Recria de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em sistemas de recirculação de água em propriedade familiar na região subtropical.** 2024.

ZABLON, Wilfred O. *et al.* Biofloc system improves protein utilization efficiency and growth performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fry: Experimental evidence. **Aquaculture, Fish and Fisheries**, v. 2, n. 2, p. 94-103, 2022.

MANEJO DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO AQUÍCOLA: REPRODUÇÃO, LARVICULTURA E MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Luan Patrick Moura de Sousa
Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus de Monte Alegre (UFOPA/CMAL)

Maria Elieusa Costa Vieira
Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus de Monte Alegre (UFOPA/CMAL)

Charles Samuel Moraes Ferreira
Universidade Federal do Pará (UFPA)
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
(PPGCAN)

Eduardo Sousa Varela
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro
Nacional de Pesquisa em Pesca, Aquicultura e
Sistemas Agrícolas (EMBRAPA/CNPASA)

Ivana Barbosa Veneza
Universidade Federal do Oeste do Pará,
Campus de Monte Alegre (UFOPA/CMAL)

RESUMO

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é a espécie nativa mais produzida e dentre todas as cultivadas, ocupa o segundo lugar no Brasil. Entretanto, seu cultivo é realizado majoritariamente em sistema semi-intensivo, mesmo sendo uma espécie com robustez para se adaptar em sistemas intensivos, como o RAS – Sistema de Recirculação Aquícola. Diante disso, relatamos o manejo reprodutivo e alimentar de tambaqui em RAS, larvicultura da espécie e manutenção do sistema, atividades essas desenvolvidas durante o Estágio Supervisionado Obrigatório na EMBRAPA/CNPASA (Palmas, TO). As práticas se concentraram na captura e seleção de reprodutores, hipofisacção, coleta e fertilização dos gametas, incubação e alimentação das larvas. Foi realizada ainda a manutenção do sistema. Obteve-se baixa produção de sêmen nos machos e baixas taxas de fertilização (68%) e de eclosão (50%). Na alimentação das larvas, ajustes na salinidade para a eclosão de artêmia e na frequência de alimentação poderiam otimizar o manejo. No RAS, a falta de controle da densidade de estocagem e da realização de biometrias comprometeu o desempenho produtivo. Adicionalmente, é necessária a implementação de filtros mecânicos para melhorar a qualidade da água do sistema.

Palavras-chave: piscicultura; RAS; estágio; indução hormonal; fertilização.

INTRODUÇÃO

A aquicultura configura-se como uma das atividades de produção de alimentos de maior crescimento global, desempenhando um papel essencial na segurança alimentar e na redução da pressão sobre os estoques pesqueiros naturais (Edwards *et al.*, 2019). Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (*Food & Agriculture Organization of the United Nations* – FAO), a produção aquícola mundial apresentou um crescimento exponencial nas últimas décadas, principalmente devido ao crescimento do cultivo de peixes de água doce, atingindo 91 milhões de toneladas em 2022, ano em que a aquicultura superou a pesca extrativa pela primeira vez (FAO, 2024).

No contexto nacional, a piscicultura representa um dos setores que mais contribui para a produção aquícola, com relevância econômica e social (Pedroza-Filho; Rodrigues; Rezende, 2016). Em 2024, o Brasil registrou uma produção de 968.745 toneladas de peixes cultivados, dos quais 258.705 toneladas corresponderam a espécies nativas, representando 26,7% do total (Peixe BR, 2025). A região Norte destacou-se como um importante centro de produção de peixes nativos, com Rondônia sendo o principal produtor.

O Norte do Brasil apresenta condições naturais privilegiadas, como disponibilidade e qualidade da água e um clima favorável para o cultivo de peixes nativos (Sidonio *et al.*, 2012). O estado do Pará, por exemplo, possui uma produção anual de 25.420 toneladas, sendo 94,8% composta por espécies nativas, tais como o tambaqui (*Colossoma macropomum*), pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) e seus híbridos (PEIXE BR, 2025). Essas espécies, conhecidas como peixes redondos, são amplamente valorizadas tanto no mercado interno quanto no externo, devido à qualidade de sua carne (Moro, 2013; Pedroza-Filho; Rodrigues; Rezende, 2016; Silva *et al.*, 2017).

Dentre os peixes redondos, o tambaqui se destaca como a espécie nativa mais cultivada no Brasil, em 2022 a produção foi cerca de 113.644.799 kg (IBGE, 2023), além de ocupar a segunda posição em produção nacional, ficando atrás apenas da tilápia (Peixe BR, 2025). Os fatores zootécnicos favoráveis do tambaqui, incluem-se o rápido crescimento, a resistência a enfermidades, a ampla tolerância a variações de temperatura e a níveis moderados de oxigênio dissolvido, além da facilidade de obtenção de juvenis em cativeiro (EMBRAPA, 2012; Gomes *et al.*, 2020).

O tambaqui é uma espécie reofílica, migra rio acima na piracema para desovar, principalmente no período de chuvas, e a fotoperiodicidade regula os hormônios gonadais (Lima *et al.*, 2013). Em cativeiro, sua reprodução precisa ser induzida com hormônios para estimular a liberação de gametas. Esse processo é realizado com a aplicação de extrato de hipófise de carpa ou análogos sintéticos de gonadotrofinas, permitindo o desove em condições controladas (Woynárovich; Van Anrooy, 2019).

Apesar do domínio de técnicas de hipofiseação e reprodução, o tambaqui ainda é amplamente cultivado com baixos níveis tecnológicos na maior parte do Brasil, em regime semi-intensivo, em viveiros escavados, em monocultivo, e com baixa densidade de animais (Pedroza-Filho *et al.*, 2016; Valenti *et al.*, 2021).

O uso de sistemas semi-intensivos pode levar a problemas hierárquicos no lote, resultando em heterogeneidade nos animais (Carvalho *et al.*, 2018). Nesse sentido, a utilização de tecnologias voltadas à melhoria da produção de tambaqui tem desencadeado migrações dos sistemas tradicionais semi-intensivos para sistemas de produção mais intensivos (Silva; Fujimoto, 2015), incluindo sistemas de recirculação aquícola (*Recirculating aquaculture systems* – RAS). Estes sistemas têm sido objeto de crescente interesse devido à sua capacidade de reduzir a área ocupada e a demanda de água, promovendo a intensificação sustentável da produção (Rodrigues *et al.*, 2023).

Os RAS permitem a manutenção da qualidade da água por meio de filtração mecânica e biológica, reduzindo contaminantes e otimizando o desempenho zootécnico (Lima *et al.*, 2019; Boyd *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021). Além disso, oferecem maior segurança contra doenças e predadores, minimizam o desperdício hídrico e possibilitam a sincronização da produção com a demanda do mercado (Lima *et al.*, 2015). Operando de forma semifechada e intensiva, incorporam métodos eficazes para o tratamento de resíduos e altas densidades de estocagem (Bregnballe, 2022; Dalsgaard *et al.*, 2013; De Farias Lima *et al.*, 2019), sendo uma alternativa viável para espécies como o tambaqui (Da Silva *et al.*, 2024).

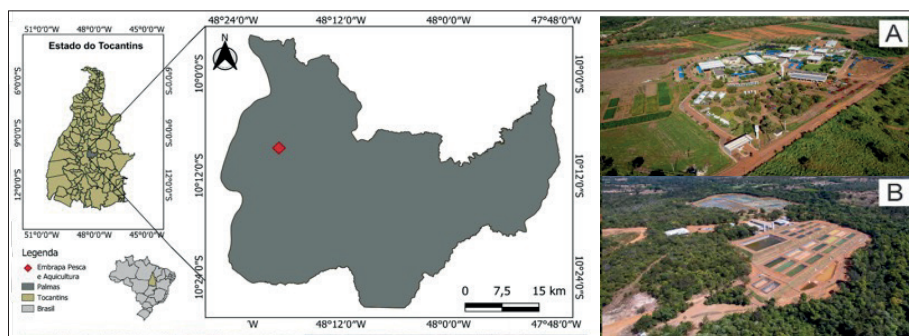
Diante da importância da piscicultura a nível mundial, nacional e seu potencial regional, este trabalho visa descrever as experiências vivenciadas durante o estágio supervisionado obrigatório na EMBRAPA/CNPASA (Centro Nacional de Pesquisa em Pesca, Aquicultura e Sistemas Agrícolas), com reprodução de

tambaqui, incluindo técnicas de hipofisacção e manejo em sistema de recirculação (RAS) e alimentação de larvas.

DETALHAMENTO DA EXPERIÊNCIA

Este relato apresenta as atividades práticas desenvolvidas durante o Estágio Supervisionado Obrigatório na EMBRAPA/CNPASA, em Palmas, Tocantins (**Figura 1**), entre 6 de janeiro e 18 de fevereiro de 2025. As ações envolveram a reprodução de tambaqui por meio de técnicas de hipofisacção, o manejo em sistemas de recirculação aquícola (RAS) e a alimentação de larvas, explorando soluções intensivas para a piscicultura de espécies nativas.

Figura 1 - Mapa da unidade CNPASA Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, Tocantins. **A)** Visão aérea da unidade CNPASA Embrapa Pesca e Aquicultura, **B)** Visão aérea de Campo Experimental de Aquicultura – CEAg.



Fonte: Elaborado pelo autor principal, 2025. **Fotos A) e B)** Jefferson Christofoletti, 2013.

Captura e Seleção dos Reprodutores

Dentre as atividades desempenhadas, a captura das matrizes de tambaqui foi realizada com uma rede de despesca multifilamento (**Figuras 2A e 2B**). A seleção das fêmeas envolveu a inserção de uma cânula na papila urogenital para avaliação da coloração dos ovócitos (**Figuras 2C e 2D**). O macho foi selecionado pela liberação de sêmen sob leve pressão abdominal. Os reprodutores selecionados, três fêmeas e um macho, tiveram seus microchips lidos para identificação genealógica e controle de endogamia, seguidos de pesagem individual e cálculo da hipofisacção. Após a seleção, os peixes foram transferidos para tanques de recirculação.

Figura 2 - Captura e Seleção de matrizes. **A)** Arrasto da rede de despesca no viveiro, **B)** Formação do bolsão para confinamento de peixes, **C)** Avaliação dos ovócitos, **D)** inserção da cânula na papila urogenital.

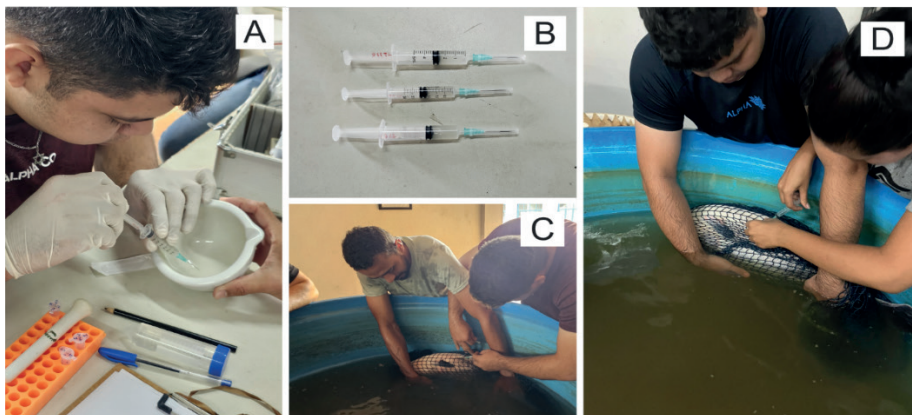


Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Hipofisação de Reprodutores e Matrizes

A indução hormonal foi realizada por hipofisação, utilizando extrato bruto de hipófise de carpa. As hipófises foram maceradas e diluídas com soro fisiológico a 0,25mg/kg (**Figuras 3A e 3B**). As fêmeas receberam uma primeira dose de 0,5 mg/kg, aplicada próximo à nadadeira pélvica (**Figura 3C**), e após 12h30min, foi administrada a segunda dose (4,5 mg/kg). O macho recebeu dose única de 2,5 mg/kg, simultaneamente à segunda aplicação nas fêmeas (**Figura 3D**). Após a dose final, iniciou-se a contagem da hora-grau, com registros horários da temperatura da água para estimar o momento da desova, sendo mantida em torno de 30 °C com termostato.

Figura 3 - Hipofiseação dos reprodutores e matrizes de tambaqui. **A e B)** Preparação da hipófise, **C)** Primeira dose de hormônio nas fêmeas, **D)** Segunda dose de hormônio nas fêmeas e dose única nos machos.



Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Coleta, fertilização e incubação dos gametas

Com aproximadamente 264 horas-grau, a fêmea foi avaliada por leve pressão abdominal para verificar a liberação dos ovócitos e confirmar a prontidão para a desova. Anestesiada em tanque com eugenol, foi imobilizada em mesa com toalha e teve a região urogenital enxugada. A extrusão ocorreu por leve massagem abdominal (**Figura 4A**). O sêmen do macho foi coletado com cânula e seringa. A fecundação foi realizada a seco, misturando gametas antes da ativação com água. Os ovos fertilizados foram transferidos para incubadoras (**Figura 4B**).

Figura 4 - A coleta dos ovócitos e sêmen. **A)** Extrusão de fêmea de tambaqui e **B)** Incubação dos ovos fertilizados.



Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Manejo de tambaquis em sistema de recirculação de água

Foi possível participar da rotina de manejo de juvenis de tambaquis confinados no RAS. O manejo se concentrou no monitoramento da qualidade de água, na alimentação, manutenção e limpeza do RAS (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Cronograma de manejos aplicados ao RAS.

Horário	Atividade	Dias da semana
08:00	Medição de temperatura, oxigênio e pH	Todos os dias
08:00	Medição de amônia e alcalinidade	Terça-feira
09:00	1ª Alimentação dos tambaquis	Todos os dias
10:00	Sifonagem e limpeza do decantador	Todos os dias
14:00	2ª Alimentação dos tambaquis	Todos os dias
15:00	Sifonagem dos tanques de cultivo	Segunda e sexta-feira
15:00	Limpeza das paredes dos tanques de cultivo	Segunda, quarta-feira e sexta-feira

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2025.

Os parâmetros de temperatura e pH eram aferidos com sonda multiparâmetros HI98194 Hanna, e do oxigênio dissolvido com o oxímetro HI9146 Hanna, além da medição de amônia e alcalinidade com kits colorimétricos Labcon. As coletas de dados ocorriam diariamente em um tanque selecionado aleatoriamente, permitindo um monitoramento representativo do sistema. Os valores obtidos eram inicialmente registrados em uma prancheta e, posteriormente, transferidos para planilhas digitais.

O manejo alimentar foi realizado duas vezes ao dia, com a oferta de ração extrusada com 28% PB de seis a oito mm, até a saciedade dos animais. Os animais que apresentavam anorexia ou algum sinal de lesão, eram submetidos a banhos de sal, na concentração de 30g/L e permanganato de potássio, na concentração de 0,5 mg/L (**Figura 5**), durante 10 minutos, três vezes ao dia no período de três a cinco dias, ou até melhora visual do animal.

Figura 5 - Banho de permanganato de potássio.



Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

A manutenção do RAS envolvia a limpeza diária do sistema de filtragem, com *flush* do decantador, sifonagem do tanque de sedimentação e esfregação das bordas e do fundo (**Figura 6A**). Às segundas e terças-feiras, realizava-se a sifonagem dos tanques de cultivo para remover resíduos (**Figura 6B**). Além disso, aplicavam-se 10 kg de calcário dolomítico (0,55 g/L), dissolvidos em um tanque sem peixes.

Figura 6 - Limpeza de unidades de cultivo. **A)** Sifonagem de tanque de sedimentação, **B)** Sifonagem de tanque de cultivo.



Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

Alimentação de larvas no módulo de incubação

As larvas de tambaqui nos módulos de incubação automatizados foram alimentadas durante o estágio inicial de desenvolvimento. Nos primeiros seis dias, receberam náuplios de artêmia recém-eclodidos, preparados com 0,44 g de cistos em 600 ml de água e 13 g de sal (**Figura 7A**), fornecidos seis vezes ao dia (50 ml por porção). Em seguida, iniciou-se a transição gradual para ração microextrusada com 50% de proteína bruta (PB), substituindo 20% do alimento até a completa adaptação. A limpeza das caixas foi realizada por sifonagem duas vezes ao dia (**Figuras 7B e 7C**).

Figura 7 - Manejo das larvas no módulo de incubação. **A)** Ecloração de náuplios de artêmia, **B)** Caixa de modulo de incubação antes da limpeza e **C)** Caixa de modulo de incubação após a limpeza.



Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

DISCUSSÃO

Manejo reprodutivo de tambaqui

Apesar da reprodução realizada durante o estágio ter ocorrido em janeiro, período chuvoso e de pico de desova, que se estende de novembro a fevereiro (Kubitza, 2004), durante a seleção das fêmeas foi observado que os ovócitos da maioria estavam com coloração esbranquiçada, indicando que não estavam no grau de maturação gonadal ideal, que normalmente é indicada quando a coloração é esverdeada (O'Sullivan *et al.*, 2022).

Em condições de cultivo, a reprodução do tambaqui, por ser uma espécie reofílica, depende da aplicação de hormônios, como hipófise de carpa, para

induzir a espermição e a ovulação (Woynárovich; Van Anrooy, 2019), sendo a seleção de reprodutores maduros uma etapa vital para o sucesso da reprodução (Morais; O'Sullivan, 2017). Durante a reprodução foram administradas duas doses de extrato de hipófise para as fêmeas, enquanto para o macho uma dose única foi aplicada, conforme de apresentado na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Quantidades de extrato de hipófise e soro fisiológico utilizadas na preparação das doses para indução hormonal.

Chip	Sexo	Peso (kg)	1ª Dose Hipófise (mg)	2ª Dose Hipófise (mg)	Soro (mL)
9031350	Macho	5,31	—	13,275	1,3275
9031574	Fêmea	11,47	5,735	51,615	2,8675
0042160	Fêmea	8,93	4,465	40,185	2,2325
0334178	Fêmea	7,49	3,745	33,705	1,8725

Fonte: Elaborado pelos Autores, 2025.

As fêmeas receberam doses hormonais abaixo do recomendado, com 4,5 mg/kg na segunda dose, quando o ideal seria 5,0 mg/kg, acrescido de 0,5 mg/kg para fêmeas acima de 7 kg (LIMA *et al.*, 2013). A subdosagem pode estar relacionada ao alto custo do extrato de hipófise de carpa (EBHC). Uma alternativa mais acessível é o uso de análogos sintéticos de gonadotropinas (GnRH), que estimulam a hipófise a liberar FSH e LH, embora sua aplicação ainda seja menos comum que o EBHC (Solis-Murgas *et al.*, 2011; Woynárovich; Van Anrooy, 2019).

Duas das três fêmeas desovaram espontaneamente nos tanques entre 7h00 e 8h00, inviabilizando os ovócitos. A aplicação da dose final às 23h12, com temperatura de 30 °C, pode ter antecipado a liberação, indicando que um intervalo maior entre doses (18-24 horas) e temperatura mais baixa seriam mais adequados (Woynárovich; Van Anrooy, 2019). A ausência de monitoramento noturno também contribuiu, pois a verificação ocorreu apenas às 8h00 do dia seguinte. A partir de 210 horas-grau, fêmeas demonstram maior agitação, indicando o momento ideal para extrusão (Lima *et al.*, 2013). A sutura do poro urogenital poderia evitar a liberação precoce (Streit Jr. *et al.*, 2012), mas seu uso prolongado pode comprometer a qualidade dos ovos (Lima *et al.*, 2013).

A fêmea restante foi extrusado as 8h00 com 264 horas-grau, com temperatura média da água em 30 °C, a partir da aplicação da dose final de hipófise às

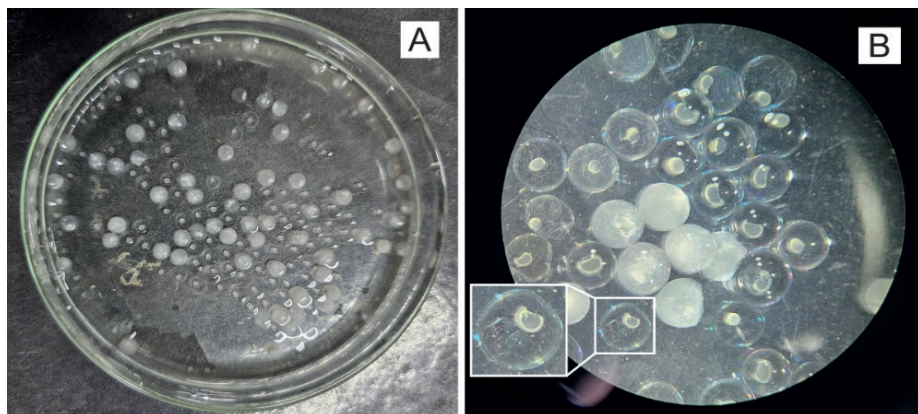
23h12. Quando comparado à média de 215 horas-grau, com temperatura de 28,05 °C (Streit Jr. *et al.*, 2012), observa-se um tempo de resposta ligeiramente maior, mas ainda dentro da faixa esperada, que pode variar entre 200 e 300 horas-grau, dependendo do manejo e da qualidade dos reprodutores.

A extrusão dos gametas da fêmea restante e do macho foi realizada com os animais anestesiados com eugenol, até a letargia aparente, sem o controle de dosagem, entretanto o recomendado é o uso de eugenol na proporção de 65 mg/L, para a coleta dos gametas (Roubach *et al.*, 2005; Caneppele *et al.*, 2009). Ao realizar a espermiacção, o macho não liberou quantidades significativas de sêmen. A quantidade coletada foi muito abaixo do que machos podem produzir, de 2 a 5 ml de sêmen por kg de peso corporal (Woynárovich; Van Anrooy, 2019; Streit Jr. *et al.*, 2012).

Diversos fatores podem ter impedido a liberação do sêmen pelo macho. O estresse durante captura, seleção e aplicação do hormônio pode causar retenção de gametas (STREIT JR. *et al.*, 2012). O manejo alimentar inadequado ao longo do ano e no período reprodutivo também influencia, sendo recomendada restrição alimentar para evitar acúmulo de gordura visceral. O confinamento pode reduzir o volume e a qualidade do sêmen, além de afetar ovulação e maturação oocitária (Almeida, 2013). Em condições ideais, 1,0 ml de sêmen pode fecundar até 80g de ovócitos, sendo recomendada a proporção macho/fêmea de 1:1 (Streit Jr *et al.*, 2012).

A quantidade reduzida de sêmen permitiu a fertilização apenas de uma parte dos ovócitos. O sêmen foi diluído em água, misturado imediatamente aos ovócitos e, em seguida, os ovos foram hidratados e distribuídos nas incubadoras de 200 L. A taxa de fertilização foi determinada aproximadamente seis horas após a fertilização (**Figura 8**). A eclosão das larvas foi mensurada 24 horas após a fertilização, contabilizando 100 estruturas, entre ovos gorados e larvas (Streit Jr *et al.*, 2012).

Figura 8 - Ovos fertilizados de tambaqui. **A)** Ovos fertilizados em placa de petri, **B)** Microscopia dos ovos, destacando ovo viável.

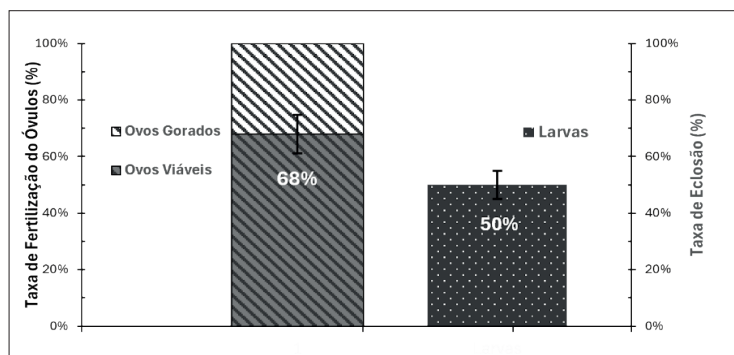


Fonte: Arquivo pessoal, 2025.

O resultado obtido indicou uma taxa de fertilização de 68% e uma taxa de eclosão de 50% (**Figura 9**). Esses valores foram inferiores aos registrados por Garcez *et al.* (2024) de $78 \pm 5,4\%$ de taxas de fertilização na incubação de ovos de tambaqui utilizando águas de diferentes corpos hídricos e Leite *et al.* (2013) de $84 \pm 12,7\%$, na determinação da proporção de espermatozoide/ovócito adequada na fertilização de tambaqui.

No entanto, a taxa de eclosão foi semelhante à observada por Garcez *et al.* (2024) de $54,33 \pm 8,75\%$, e inferior à relatada por Galo *et al.* (2015) de $89 \pm 4,65\%$ na avaliação da qualidade ovocitária de tambaqui ao longo da estação reprodutiva. Esses resultados podem ser reflexo de diversos fatores, como a aptidão reprodutiva limitada das fêmeas, a dosagem hormonal abaixo do ideal, a insuficiência da hora-grau, a ausência de monitoramento dos reprodutores após a segunda dose e a baixa quantidade de sêmen dos machos.

Figura 9 - Resultado das taxas de fertilização e eclosão da reprodução de tambaqui.



Fonte: Elaborado pelos Autores, 2025.

Manejo de tambaquis em sistema de recirculação de água

A ausência de controle sobre a densidade de estocagem e a realização de biometrias no RAS influenciou diretamente o manejo dos tambaquis. Estudos indicam que densidades elevadas reduzem o ganho de peso e podem comprometer o desempenho produtivo. No presente estudo, os peixes foram mantidos em quatro tanques de cultivo sem controle da densidade, enquanto a literatura sugere valores entre $11,24 \text{ kg/m}^3$ (Lopez; Anzoategui, 2013), $13,23 \pm 0,38 \text{ kg/m}^3$ (Lima *et al.*, 2019) e $15,1 \pm 3,1 \text{ kg/m}^3$ (Rodrigues *et al.*, 2023). A ausência de biometrias dificultou o monitoramento da biomassa, fator essencial para evitar a sobrecarga do sistema e garantir a eficiência na remoção de compostos nitrogenados (Kubitza, 2006; Silva *et al.*, 2013).

O manejo alimentar consistiu na oferta de ração extrusada com 28% PB e granulometria entre 6 e 8 mm, duas vezes ao dia, até a saciedade dos peixes, sem controle da taxa de arraçoamento. Esse procedimento pode ter levado ao excesso de matéria orgânica no sistema, comprometendo a qualidade da água. O fornecimento descontrolado de ração aumenta a demanda bioquímica de oxigênio e favorece a proliferação de microrganismos decompositores (Silva *et al.*, 2020). O recomendado é o arraçoamento de 1 a 2% do peso vivo (Corrêa *et al.*, 2018), reduzindo a carga orgânica no sistema.

Apesar da ausência de mortalidade durante o período avaliado, alguns peixes apresentaram anorexia e lesões, indicativos de infecções parasitárias ou bacterianas (Schalch *et al.*, 2009). Para controle, foram realizados banhos diários

de sal a 30 g/L, técnica que reduz o estresse e auxilia na recuperação dos peixes. Adicionalmente, utilizou-se permanganato de potássio a 1 mg/L para controle de ectoparasitas e infecções bacterianas, com relatos de eficácia em banhos de 2 mg/L para profilaxia (Thomas-Jinu; Goodwin, 2004). Prieto *et al.* (2005) demonstraram que juvenis de *Colossoma macropomum* submetidos a banhos de 250 mg/L de permanganato de potássio por 60 minutos apresentaram redução significativa na infestação por monogenóides *Anacanthorus spathulatus* e *Notozothecium janauchaensis*. Além desses, o permanganato também é eficaz no controle de protozoários como *Trichodina* spp., *Chilodonella* spp. e *Ichthyobodo necator*, além de parasitas crustáceos como *Argulus* spp. e *Dolops* spp., e bactérias gram-negativas (Schalch *et al.*, 2009).

Manutenção e limpeza do sistema de recirculação de água

Durante o estágio, observou-se a ausência de filtro mecânico no sistema de filtragem do RAS, tornando a remoção de sólidos dependente apenas da sifonagem e do enxágue das partículas decantadas no decantador e no tanque de decantação. Kubitz (2006) relata que 20 a 30% da ração fornecida se transforma em resíduos sólidos, e que decantadores removem apenas partículas acima de 100 micras, correspondendo a cerca de 50% do total de sólidos. Filtros mecânicos, por sua vez, retêm partículas menores, melhorando a eficiência do tratamento da água (Kubitz, 2006; Rezende *et al.*, 2021).

A ausência desse filtro compromete o sistema, pois o acúmulo de resíduos sólidos eleva a demanda de oxigênio, aumenta a carga de nutrientes e favorece o desenvolvimento de agentes patogênicos. Além disso, prejudica os processos de filtragem, reduzindo a eficiência geral do RAS (Bregnballe, 2022). O uso de filtros mecânicos auxilia na retenção de partículas, melhora a transparência da água e reduz a carga orgânica sobre o biofiltro, prevenindo a obstrução dos substratos bacterianos (Rezende *et al.*, 2021).

A limpeza do sistema de filtragem do RAS vermelho era realizada diariamente por enxágue (*flush*) do decantador e sifonagem do tanque de decantação. Além disso, após a alimentação, removiam-se sobras de ração e realizava-se a sifonagem dos tanques de cultivo. A instalação de um filtro mecânico poderia reduzir a frequência dessas operações. Rezende *et al.* (2021) destacam opções de baixo custo e fácil manutenção, como telas finas, filtros fechados com meio

filtrante de areia, cascalho ou plástico, e filtros de manta acrílica, que retêm impurezas de forma eficiente.

Alimentação de larvas no módulo de incubação

Nos primeiros seis dias, as larvas receberam náuplios de artêmia recém-eclodidos, preparados com 0,44 g de cistos em 600 ml de água e 13 g de sal, fornecidos seis vezes ao dia (50 ml por porção). A artêmia (*Artemia* spp.) é amplamente utilizada como alimento vivo em larvicultura devido ao seu alto valor nutricional, pequeno tamanho e facilidade de cultivo, sendo adequada para larvas de peixes marinhos e de água doce (Madkour *et al.*, 2022), promovendo boas taxas de sobrevivência e desenvolvimento em pós-larvas de tambaqui (Pedrosa *et al.*, 2015; Daltro *et al.*, 2021).

A preparação da artêmia com 13 g de sal em 600 ml de água resulta em uma salinidade de aproximadamente 21,67 g/L (2,17%), mais baixa que a salinidade padrão do mar (35 g/L) e até mesmo a faixa ideal para eclosão de artêmia, que varia de 30 a 35 g/L (Arun *et al.*, 2017). Embora a artêmia possa eclodir em uma ampla gama de salinidades, de 10 a 120 g/L (Wasonga; Olendi, 2017), a literatura sugere que salinidades mais altas podem melhorar a taxa de eclosão e a qualidade nutricional dos náuplios. Assim, é crucial investigar se essa salinidade mais baixa afeta negativamente a eclosão ou o conteúdo nutricional, especialmente quando a finalidade for alimentação de larvas de tambaqui, cuja dieta inicial é crítica para o sucesso da larvicultura.

A alimentação foi realizada seis vezes ao dia, com 50 ml por porção, totalizando 300 ml diários, frequência que pode ser trabalhosa e pouco prática em operações de larga escala. Estudos sugerem que larvas podem requerer até 100 náuplios/L para crescimento adequado (Wainwright; Bellwood, 2002), mas sem dados sobre o número de larvas ou volume do módulo, é difícil avaliar se 300 ml diários são suficientes. Explorar frequências reduzidas, como três vezes ao dia, enquanto se mantém taxas de crescimento, poderia melhorar a eficiência operacional.

Após seis dias, iniciou-se a transição para ração microextrusada com 50% de proteína bruta, substituindo 20% do alimento até a completa adaptação. A abordagem de substituição gradual é padrão em aquicultura para minimizar estresse e garantir a aceitação da ração (Malzahn *et al.*, 2022). O nível de 50% de proteína bruta está dentro da faixa típica para rações de larvas de peixes,

especialmente para espécies carnívoras ou onívoras como tambaqui (Miles; Chapman, 2007). No entanto, a literatura sobre os requisitos proteicos específicos de larvas de tambaqui é limitada. Estudos como Chen *et al.* (2022) indicam que níveis proteicos ótimos variam entre espécies, sugerindo a necessidade de pesquisas específicas para tambaqui.

A limpeza das caixas por sifonagem duas vezes ao dia é essencial para manter a qualidade da água, removendo resíduos e alimentos não consumidos, o que é crítico para a saúde das larvas (Bowden; Bricknell, 2013). Essa prática ajuda a prevenir o acúmulo de amônia e nitritos, que podem ser tóxicos. No entanto, a eficácia dessa frequência depende de fatores como densidade de larvas e volume do módulo. Monitorar parâmetros como amônia, nitrito e pH regularmente seria necessário para garantir que a sifonagem duas vezes ao dia seja suficiente, especialmente em sistemas automatizados.

CONCLUSÕES

A experiência adquirida durante o estágio na EMBRAPA/CNPASA revelou desafios significativos, como a maturidade gonadal inadequada de algumas fêmeas, doses hormonais subótimas, impactando taxas de fertilização e eclosão. A ausência de monitoramento noturno contribuiu para perdas, enquanto a baixa quantidade de sêmen do macho indicou a necessidade de reduzir estresse e melhorar o manejo alimentar pré-reprodutivo. No manejo RAS, sugere-se a implementar filtros mecânicos para manutenção da qualidade de água. Para o manejo alimentar das larvas recomenda-se otimizar a salinidade para eclosão de artêmia e testar a redução da frequência de alimentação de larvas, para maior eficiência operacional.

Esta experiência reforça a importância de técnicas precisas e monitoramento contínuo em aquicultura intensiva, oferecendo lições valiosas para melhorar a produtividade e sustentabilidade do cultivo de tambaqui.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. L. Endocrinologia aplicada na reprodução de peixes. **CBRA-Rev. Bras. Reprod. Animal**, Belo Horizonte, v. 37, n. 2, p. 174-180, 2013.

ARUN, V.; SAHARAN, N.; RAMASUBRAMANIAN, V. *et al.* Multi-response optimization of Artemia hatching process using split-split-plot design based response surface methodology. **Scientific Reports**, v. 7, p. 40394, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep40394>.

BREGNBALLE, J. 2022. **A guide to recirculation aquaculture – An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems**. Rome. FAO and Eurofish International Organisation. <https://doi.org/10.4060/cc2390en>

BOYD, C. E. *et al.* Achieving sustainable aquaculture: historical and current perspectives and future needs and challenges. **Journal of World Aquaculture Society**, v. 51, p. 578-633, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/jwas.12714>.

BOWDEN, T.J.; BRICKNELL, I.R. 7 - Management of finfish and shellfish larval health in aquaculture hatcheries. In: ALLAN, Geoff; BURNELL, Gavin (Eds.). **Advances in Aquaculture Hatchery Technology**. Woodhead Publishing, 2013. p. 223-245. DOI: 10.1533/9780857097460.1.223.

CARVALHO, T. B. *et al.* Effect of body size heterogeneity on the aggressive behavior of larvae of matrinxã, *Brycon amazonicus* (Characiformes, Bryconidae). **Acta Amazonica**, v. 48, n. 4, p. 304-310, 2018.

CANEPELE, D.; HONJI, R. M.; HILSDORF, A. W.; MOREIRA, R. G. Induced spawning of the endangered Neotropical species *Steindachneridion paraguayae* (Siluriformes: Pimelodidae). **Neotropical Ichthyology**, v. 7, p. 759-762, 2009.

CHEN, Zheng; FEI, Shuzhan; DUAN, Yuanhui; LIU, Cui; LIU, Haokun; HAN, Dong; JIN, Junyan; YANG, Yunxia; ZHU, Xiaoming; XIE, Shouqi. Effects of dietary protein level on the growth, reproductive performance, and larval quality of female yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) broodstock. **Aquaculture Reports**, v. 24, 2022, p. 101102. ISSN 2352-5134. DOI: 10.1016/j.aqrep.2022.101102.

DALTRO, A. da C.; MACEDO, C. F.; SERAFIM-JUNIOR, M.; BRANDÃO, L. L. L.; GAUTHIER, N. B. The effect of fairy shrimp "branchoneta" (*Dendrocephalus brasiliensis*) as the initial diet of tambaqui postlarvae. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 43, n. 1, e53196, 2021.

DA SILVA, A. C. B. *et al.* Tambaqui e RAS: viabilidade de biofiltros com LECA para a piscicultura intensiva em sistema de recirculação de água. **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 3, p. e3730-e3730, 2024.

DALSGAARD, J. *et al.* Farming different species in RAS in Nordic countries: Current status and future perspectives. **Aquacultural engineering**, v. 53, p. 2-13, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.008>.

DE FARIAS LIMA, D. *et al.* Recirculating system using biological aerated filters on tambaqui fingerling farming. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, 54 (2019), Article e00294, DOI: <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00294>.

EDWARDS, P.; ZHANG, W.; BELTON, B.; LITTLE, D. C. Misunderstandings, myths and mantras in aquaculture: Its contribution to world food supplies has been systematically over reported. **Marine Policy**, v. 106, p. 103547, 2019.

EMBRAPA. **Produção de Juvenis de Tambaqui em Tanques-rede**. da SILVA, C. A. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2012. Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2012/folder_bercario_tambaqui.pdf. Acesso em: 18 jan. 2025.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action**. Roma, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4060/cd0683en>.

- GALO, J. M. *et al.* Oocyte quality of tambaqui (*Colossoma macropomum*) during the reproductive season. *Brazilian Journal of Biology*, v. 75, n. 2, p. 279-284, 2015.
- GARCEZ, J. R. *et al.* A incubação de ovos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) como indicador ecológico de berçários naturais de peixes nativos. *Revista Foco*, v. 17, n. 2, e4511, 2024.
- GOMES, L. D. C.; SIMÕES, L. N.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 3. ed. rev. ampl. Santa Maria: Ed. UFSM, 2020. Cap. 8, p. 147-160.
- IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2023>. Acesso em: 18 jan. 2025.
- KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do Tambaqui, do Pacu e de outros peixes redondos. **Panorama da Aquicultura**, São Paulo, v. 14, n. 82, p. 27, 2004.
- KUBITZA, F. Sistemas de Recirculação: sistemas fechados com tratamento e reúso da água. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 95, p. 15-22, 2006.
- LEITE, L. V. *et al.* Determination of insemination dose and embryonic development in the artificial fertilization of tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 421-429, 2013.
- LIMA, A. F. *et al.* Reprodução, larvicultura e alevinagem de peixes. In: RODRIGUES, A. P. *et al.* **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. Cap. 9, p. 301-329.
- LIMA, J. *et al.* Recirculating system using biological aerated filters on tambaqui fingerling farming. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e00294, 2019.
- LOPEZ, P; ANZOATEGUI, D. Engorde de la cachama (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816) cultivada en un sistema de recirculación de agua. *Zootecnia Trop.*, Maracay, v. 31, n. 4, p. 271-278, dic. 2013.
- MADKOUR, K.; DAWOOD, M.A.O.; SEWILAM, H. The use of Artemia for aquaculture industry: an updated overview. **Annals of Animal Science**, 2022. DOI: 10.2478/aoas-2022-0041.
- MALZAHN, A. M. *et al.* First feed matters: The first diet of larval fish programmes growth, survival, and metabolism of larval ballan wrasse (*Labrus bergylta*). *Aquaculture*, v. 561, 2022, 738586. ISSN 0044-8486. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738586>.
- MILES, R. D.; CHAPMAN, F. A. **The concept of ideal protein in formulation of aquaculture feeds. FA144**. School of Forest, Fisheries, and Geomatics Sciences, Program in Fisheries and Aquatic Sciences, UF/IFAS Extension, março 2007. DOI: 10.32473/edis-fa144-2007. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu>. Acesso em: 27 fev. 2023.
- MORAIS, I. D. S.; O'SULLIVAN, F. D. A. Biologia, habitat e cultivo do tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816). **Scientia Amazonia**, v. 6, n. 1, p. 81-93, 2017.
- MORO, G. V. *et al.* Espécies de peixe para piscicultura. In: RODRIGUES, A. P. *et al.* **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. Cap. 1, p. 29-37.
- O'SULLIVAN, F. L. A. *et al.* **Uso múltiplo de matrizes de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em um ciclo reprodutivo**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2022.
- PEDREIRA, M. M.; SCHOMORER, M.; FERREIRA, A. L. Use of different diets in first feeding of tambaqui larvae. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 2, p. 440-448, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000200018>.

PEDROZA FILHO, M. X.; RODRIGUES, A. P. O.; REZENDE, F. P. Dinâmica da produção de tambaqui e demais peixes redondos no Brasil. **Boletim Ativos da Aquicultura**, v. 7, p. 1-5, 2016.

PEIXE BR. **Anuário 2025**. Peixe BR da piscicultura, p. 16-86, 2025. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>.

PRIETO, A. *et al.* El empleo del medicina natural en el control de enfermedades de organismos acuáticos y potencialidades de uso en Cuba y México. **Rev. Especial. Cien. Químico Biológ.**, 8:38-49. 2005.

REZENDE, F. P. *et al.* Sistemas e infraestrutura de produção *In*: Rezende, F. P., & Fujimoto, R. Y. **Peixes Ornamentais no Brasil - legislação, sistemas de produção e sanidade** / Fabrício Pereira Rezende, Rodrigo Yudi Fujimoto, editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 3, 205-208 p

RODRIGUES, A. P. O. *et al.* **Crescimento do tambaqui em sistema de renovação contínua de água em tanques circulares** - Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2023. E-book (24p.) Disponível: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1157491>.

ROUBACH, R. *et al.* Eugenol as an efficacious anaesthetic for tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, v. 36, n. 11, p. 1056-1061, 2005.

SIDONIO, L. *et al.* Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **Agroindústria BNDES. Setorial**, n. 35, p. 421-463, 2012.

SANTOS, F.A.C. *et al.* Growth performance and physiological parameters of *Colossoma macropomum* in a recirculating aquaculture system (RAS): Importance of stocking density and classification. **Aquaculture**, v. 534, 736274, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736274>.

SCHALCH, S. H. C. *et al.* Principais métodos terapêuticos para peixes em cultivo. *In*: TAVARES-DIAS, M. (Org.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. p. 575-601.

SILVA, M. S. G. M. *et al.* **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes**– Jaguariúna, SP : Embrapa Meio Ambiente; n95. 2013. 39 p.

SILVA, T. D. C. *et al.* Caracterização das propriedades piscícolas de peixes redondos da Grande Dourados, MS. p. 36, 2017.

SILVA, C. A da; FUJIMOTO, R. Y. Crescimento de tambaqui em resposta a densidade de estocagem em tanques-rede. **Acta Amazonica**, v.45, p.323-333, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201402205>.

SILVA, T. B. F. *et al.* Creation of tambaqui associated to hydropony in a water recycling system. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e543997543, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7543.

SOLIS-MURGAS, L. D. *et al.* Importância da avaliação dos parâmetros reprodutivos em peixes nativos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 35, n. 2, p. 186-191, 2011.

STREIT JR., D. P. *et al.* **Recomendações técnicas para a reprodução do tambaqui**. EMBRAPA, 2012.

THOMAS-JINU, S.; GOODWIN, A. E. Acute columnaris infection in channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque): efficacy of practical treatments for warmwater aquaculture ponds. **J. Fish Dis.**, 27: 23-28. 2004.

VALENTI, W.C. *et al.* Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, v. 19, e100611, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100611>.

WAINWRIGHT, Peter C.; BELLWOOD, David R. **Ecomorphology of feeding in coral reef fishes.** In: SALE, Peter F. (Ed.). *Coral reef fishes*. 1. ed. San Diego: Academic Press, 2002. p. 33-55. ISBN 9780126151855. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-012615185-5/50004-9>.

WASONGA, A. G.; OLEINDI, R. J. Effect of different salinity levels on the hatchability and survival of brine shrimp, *Artemia salina* (Linnaeus, 1758) from Malindi, Kenya. **African Journal of Education, Science and Technology**, v. 3-5, 2017.

WOYNÁROVICH, A.; VAN ANROOY, R. **Field guide to the culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816).** FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, n. 624, p. I-121, 2019.

SUSTENTABILIDADE MARINHA: O PAPEL DA *Kappaphycus alvarezii* NA ECONOMIA AZUL

Valéria Cress Gelli

Instituto de Pesca-Governo do Estado de São Paulo

Edison Barbieri

Instituto de Pesca-Governo do Estado de São Paulo

RESUMO

A *Kappaphycus alvarezii*, uma macroalga cultivada principalmente na Ásia, está revolucionando a algicultura global com seu perfil nutricional e benefícios ambientais significativos. Alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, essa alga não só promove a segurança alimentar e a saúde, mas também atua como uma poderosa ferramenta na mitigação das mudanças climáticas e na biorremediação de águas poluídas. No Brasil, sua produção atingiu 666,40 toneladas em 2023, segundo o Ministério da Pesca e Aquicultura, mas o potencial é muito maior. Rica em minerais, aminoácidos e carboidratos, a *K. alvarezii* também possui propriedades bioativas impressionantes, como atividades antioxidantes, antitumorais, antibacterianas e anti-inflamatórias, abrindo portas para aplicações inovadoras nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. Além disso, seu cultivo sustentável contribui para o sequestro de carbono e a recuperação de ecossistemas marinhos, sem competir com terras agrícolas. No entanto, para que o Brasil se torne um líder global nesse setor, é essencial fortalecer a regulação ambiental, investir em tecnologias de cultivo mecanizadas e ampliar biobancos para preservar e melhorar as linhagens genéticas. A integração da *K. alvarezii* em sistemas multitróficos e o desenvolvimento de novos bioprodutos podem impulsionar a economia azul, gerando empregos e promovendo a sustentabilidade ambiental. Este artigo explora o potencial transformador da *K. alvarezii*, destacando como essa macroalga pode ser a chave para um futuro mais sustentável e próspero, tanto para os oceanos quanto para as comunidades costeiras.

Palavras-chave: aquicultura; economia azul; sustentabilidade; algicultura.

INTRODUÇÃO

A algicultura tem emergido como uma prática indispensável para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) (TROELL *et al.*, 2023, KHAN; SUDHAKAR; MAMAT, 2024).

No Brasil, sua contribuição é amplamente reconhecida em vários âmbitos: na geração de emprego e renda (ODS 1); na erradicação da fome e na oferta de alimentos saudáveis (ODS 2); como fonte de produtos nutracêuticos e farmacêuticos (ODS 3); na inclusão de mulheres na algicultura (ODS 5); como alternativa para a biorremediação de águas poluídas (ODS 6); e como fonte de biocombustíveis (ODS 7). A atividade também desempenha um papel essencial na promoção do crescimento econômico inclusivo e sustentável (ODS 8), além de incentivar a inovação com bioprodutos (ODS 9), a promoção de padrões sustentáveis de produção e consumo (ODS 12) e o combate às mudanças climáticas por meio da fotossíntese (ODS 13). Como locais de proteção e atratores de espécies (ODS 14), pode ser fonte de bioprodutos, como bioplásticos e ecoprodutos (ODS 15). Além disso, ao consultar e garantir o acesso às comunidades locais (ODS 16), promove a integração de vários setores (ODS 17). Todos objetos podem ser observados na figura 1.

Figura 1 - Contribuição da algicultura da macroalga *K. alvarezii* dentro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas.



Foto: Gelli (2025).

O cultivo de macroalgas, como a *K. alvarezii*, destaca-se por sua versatilidade e sustentabilidade. Essas algas são ricas em nutrientes essenciais, como proteínas, vitaminas e minerais, sendo utilizadas na alimentação humana e animal (OLIVEIRA *et al.*, 2019). Em comunidades costeiras, especialmente em regiões em desenvolvimento, a algicultura se torna uma fonte vital de renda e subsistência, exigindo baixos investimentos iniciais e gerando impacto econômico direto (GELLI *et al.*, 2020).

Além dos benefícios nutricionais e econômicos, a algicultura desempenha um papel crucial na sustentabilidade ambiental. A *K. alvarezii* possui alta capacidade de sequestro de carbono, absorvendo grandes quantidades de CO₂ da atmosfera e contribuindo para a redução da pegada de carbono global (SONDAK *et al.*, 2017). Essa característica é especialmente relevante no contexto das mudanças climáticas. Outra vantagem é que o cultivo de macroalgas não compete com terras agrícolas nem consome água potável, ao contrário da agricultura tradicional, posicionando-se como uma solução sustentável para atender à demanda global por alimentos.

As macroalgas também atuam como biofiltros naturais, absorvendo nutrientes em excesso, como nitrogênio e fósforo, de áreas costeiras afetadas por poluição eutrofizante (HAYASHI *et al.*, 2008). Essa capacidade contribui para a recuperação de ecossistemas marinhos e melhora a qualidade da água.

A dimensão social da algicultura é igualmente importante. Parcerias entre governos, instituições acadêmicas, organizações não governamentais e o setor privado são essenciais para maximizar os benefícios dessa prática, alinhando-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 17. Colaborações globais podem fortalecer a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico, garantindo que a expansão da algicultura seja equitativa, inovadora e ambientalmente responsável.

Em resumo, a algicultura de *K. alvarezii* vai além da produção de biomassa marinha. Ela oferece soluções integradas para desafios globais, como segurança alimentar, mudanças climáticas, conservação dos oceanos e desenvolvimento socioeconômico. Sua adoção em larga escala pode se tornar um pilar para a transição para uma economia azul mais inclusiva e sustentável, beneficiando tanto os ecossistemas marinhos quanto as comunidades humanas.

Panorama Atual da Algicultura Mundial e no Brasil

A nível global, a algicultura é uma indústria em ascensão, com produção de 36,5 milhões de toneladas, liderada por países asiáticos como China, Indonésia e Filipinas, que respondem por mais de 99% da produção mundial. Esses países se beneficiam de condições ambientais favoráveis, desenvolvimento tecnológico precoce e forte demanda por derivados como carragenana e ágar, amplamente utilizados em diversas indústrias. No Brasil, a algicultura ainda é incipiente, mas com grande potencial, especialmente no cultivo de *K. alvarezii*, concentrado nas regiões Sul e Sudeste devido às condições climáticas favoráveis e à legislação ambiental. No entanto, o setor enfrenta desafios como infraestrutura logística deficiente, regulamentações complexas e falta de investimento em pesquisa e desenvolvimento tecnológico.

A *K. alvarezii* foi introduzida no Brasil na década de 1990 pela USP, em um contexto global de crescente demanda por carragenana, um hidrocolóide amplamente utilizado nas indústrias alimentícia, cosmética, farmacêutica e biotecnológica. Em setembro de 1995, a espécie foi cultivada na Fazenda Marinha Experimental do Instituto de Pesca, com o objetivo de atender à demanda por esse produto, proteger a espécie nativa *Hypnea pseudomusciformis* (sobre-explorada) e gerar empregos em comunidades costeiras. No entanto, a expansão do cultivo enfrentou desafios, principalmente relacionados a preocupações ambientais, como o impacto sobre a biodiversidade local e o risco de bioinvasão. Estudos avaliaram sua compatibilidade ecológica, considerando competição com espécies nativas e alterações na dinâmica dos ecossistemas marinhos. Após a publicação da Instrução Normativa nº 1 (BRASIL, 2020), o cultivo de *K. alvarezii* no Brasil permanece em desenvolvimento, mas com potencial significativo para produção de bioestimulantes e outros produtos à base de algas.

Apesar dos obstáculos, o Brasil possui vantagens competitivas, como sua biodiversidade marinha e extensa zona costeira, que oferecem oportunidades para diversificar o cultivo de macroalgas e explorar novas aplicações biotecnológicas. Parcerias entre universidades, setor privado e governo são essenciais para transformar esse potencial em realidade, impulsionando a economia azul e promovendo a sustentabilidade ambiental. Com investimentos em pesquisa, inovação e políticas públicas adequadas, a algicultura brasileira pode se consolidar

como uma atividade econômica relevante, alinhada aos princípios de desenvolvimento sustentável.

A produção mundial da macroalga *K. alvarezii* está representada na Tabela 1 e revela que as Filipinas é o principal país produtor da referida espécie.

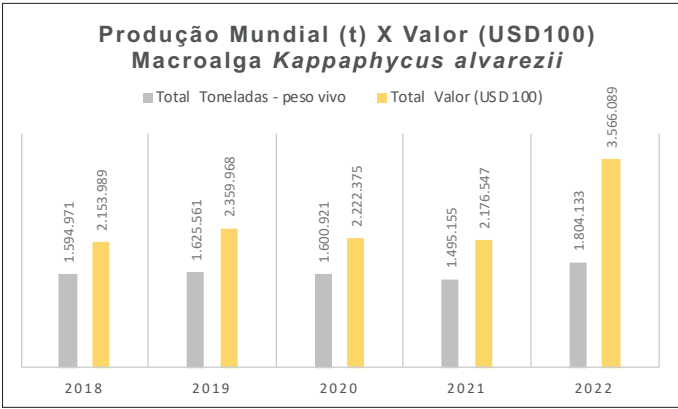
Tabela 1 - Produção mundial da macroalga *K. alvarezii* fresca de acordo com os dados da FAO, 2024.

País/ano	2018	2019	2020	2021	2022
Belize	2	4	4	4	4
Brasil	700	1.000	1.000	1.080	1.050
Equador	60	60	60	100	100
Malásia	174.083	188.110	182.061	178.873	307.965
Moçambique	0	0	0	0	0
Mianmar	1.356	11	0		
Papua Nova Guiné	750	500	500	500	600
Filipinas	1.405.413	1.423.168	1.404.743	1.296.454	1.476.349
São Cristóvão e Nevis	1	1	2	2	2
São Vicente e Granadinas	1	0	13	13	13
Ilhas Salomão	5.520	5.600	5.500	12.456	11.871
Sri Lanka	322	247	422	218	271
Tonga	0				
Tanzânia, Zanzibar	1.290	1.040	1.164	842	1.000
Venezuela	100	4.275	4.500	4.000	4.200
Vietnã	5.373	1.545	952	613	708
Total	1.594.971	1.625.561	1.600.921	1.495.155	1.804.133

Fonte: (FAO, 2024).

Ao longo dos últimos 5 anos a produção da macroalga *K. alvarezii* pode ser considerada estável de acordo com os dados FAO (2024). A produção em 2022 foi de 1,8 milhões de tonelada o que representou um valor de USD 356 milhões de dólares (Figura 2).

Figura 2 - Produção Mundial em toneladas (peso fresco) e seus valores comercializados em dólares (USD 100).



Fonte: (FAO, 2025).

De acordo com os registros do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), a produção nacional da *K. alvarezii* em 2023 foi estimada em 666,40 toneladas (BRASIL, 2024). Entretanto, esse volume pode estar subavaliado, uma vez que os levantamentos estatísticos consideram apenas áreas devidamente regularizadas, não refletindo a totalidade da produção aquícola nacional. Em contraste, dados da Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) apontam que, no mesmo período, a produção somente naquele estado foi de aproximadamente 1.100 toneladas (SANTOS, 2023).

Serviços Ecológicos da Algicultura Mundial

Em termos ambientais, a algicultura no Brasil pode também desempenhar um papel estratégico na bioremediação do ecossistema costeiro degradado. O cultivo de macroalgas tem a capacidade de reduzir a eutrofização e mitigar a acidificação dos oceanos, além de funcionar como um biofiltro para nutrientes em excesso provenientes de atividades humanas. A integração de práticas sustentáveis no manejo do cultivo também pode contribuir para o cumprimento de metas globais de conservação marinha.

Portanto, enquanto a algicultura global avança a passos largos, o Brasil tem diante de si uma janela de oportunidade única para estabelecer-se como um líder regional e global no setor. Isso requer uma abordagem integrada que combine inovação tecnológica, políticas públicas favoráveis e a capacitação das

comunidades costeiras envolvidas na atividade. A transição para uma economia azul sustentável depende, em grande parte, do desenvolvimento de setores como a algicultura, que alinhem crescimento econômico à preservação ambiental

A algicultura é uma prática que oferece uma ampla gama de serviços ecossistêmicos, desempenhando um papel crucial na manutenção e recuperação de ecossistemas marinhos. Esses serviços incluem:

a) Captura de Carbono

As macroalgas atuam como importantes sumidouros de carbono, contribuindo significativamente para a mitigação das mudanças climáticas. Elas possuem uma alta taxa de fixação de dióxido de carbono (CO₂) através da fotossíntese, promovendo a remoção de gases de efeito estufa da atmosfera. Além disso, parte do carbono assimilado pode ser transferido para os sedimentos marinhos, contribuindo para o armazenamento de longo prazo do carbono em processos conhecidos como “blue carbon”(GELLI, 2019).

Conforme o estudo de SONDAK *et al.*, 2017 a produção de macroalgas nos principais países produtores totalizou aproximadamente 26 milhões de toneladas em 2014. Essa biomassa teria o potencial de sequestrar cerca de 2,9 milhões de toneladas de CO₂ e gerar uma receita estimada em aproximadamente US\$ 28,7 milhões. Os resultados detalhados estão apresentados na Tabela 2.

Já nos trabalhos realizados por GELLI, 2019, estimou-se que a algicultura, se desenvolvida exclusivamente no litoral norte do estado de São Paulo, poderia ocupar cerca de 1,2 mil hectares e sequestrar aproximadamente 15,7 mil toneladas de CO₂.

Tabela 2 - Resultados das Estimativas das colheitas de algas, assimilação anual de carbono e potencial de sequestro de CO₂ em 2014.

País	Algas Colhidas (t peso úmido/ano)	Valor das Algas Colhidas (mil US\$)	Algas Colhidas (t peso seco/ano)	Estimativa de Assimilação de Carbono (t peso seco/ano)	Sequestro Potencial de CO ₂ (t peso seco/ano)	Preço do Carbono (mil US\$)
China	12.819.485	2.096.041	1.281.949	384.585	300	14.114
Índia	3.000	98	90	30	3	3
Indonésia*	10.076.992	1.513.253	1.007.699	302.310	330	11.095
Japão	343.300	706.239	34.330	10.299	374	374
Malásia	245.332	63.752	24.533	7.360	270	270
Coreia do Sul	1.082.027	485.430	108.203	32.461	1.191	1.191
Filipinas	1.549.576	256.293	154.958	46.487	1.706	1.706
Vietnã	14.327	1.863	1.433	430	16	16
Total	26.134.039	5.122.969	2.613.404	784.022	2.876.956	28.770

Fonte: Tabela modificada de SONDAK *et al.* (2017).

b) Biorremediação de Nutrientes

As macroalgas desempenham um papel vital na regulação da qualidade da água em áreas costeiras. Elas removem nutrientes em excesso, como nitrogênio e fósforo, provenientes de escoamentos agrícolas, esgotos e outras fontes antrópicas. Essa capacidade de biofiltração ajuda a prevenir a eutrofização, reduzindo a ocorrência de “zonas mortas” e promovendo a saúde dos ecossistemas marinhos. De acordo com ROLEDA; HURD, (2019), além do valor econômico das algas marinhas, a agricultura de algas marinhas pode ter impactos ambientais positivos porque faz uso de emissões de nutrientes de fazendas de peixes e outras fontes antropogênicas de nitrogênio e fósforo que entram no oceano. A algicultura marinha também pode absorver emissões antropogênicas de dióxido de carbono que causam acidificação do oceano. Portanto, a agricultura sustentável de algas marinhas é boa não apenas para a economia, mas também para a saúde do oceano.

c) Habitat para Espécies Marinhas

As estruturas de cultivo de macroalgas funcionam como habitats artificiais ou arrecifes artificiais, oferecendo abrigo, áreas de alimentação e locais de reprodução para uma ampla variedade de organismos marinhos, incluindo peixes, crustáceos e moluscos (GELLI; BARBIERI, 2015). Esse aumento na complexidade

estrutural contribui para a biodiversidade local, tornando as áreas de cultivo hotspots de diversidade biológica (Figura 3).

Figura 3 - Biodiversidade associada ao cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii*.



Foto: GELLI (2025).

d) Contribuições Adicionais

A algicultura também promove a integração com outras práticas de aquicultura em sistemas de produção multitróficos integrados (IMTA, na sigla em inglês). Nesse contexto, as macroalgas atuam como componentes essenciais para a sustentabilidade desses sistemas, absorvendo nutrientes provenientes de outras espécies aquáticas cultivadas, como peixes e moluscos (DA SILVA; CASTILHO-BARROS; HENRIQUES, 2022).

Esses serviços ecossistêmicos destacam a importância da algicultura não apenas como uma atividade econômica, mas também como uma ferramenta estratégica para a conservação e restauração de ecossistemas marinhos, com benefícios diretos e indiretos para a biodiversidade e o bem-estar humano.

Aspectos biológico e tecnológicos do cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii*

Classificação biológica da espécie em estudo:

De acordo (PAULA; PEREIRA; OHNO, 2002) segue a classificação

Espécie: *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C.Silvae Echem

DIVISÃO Rhodophyta

Classe Florideophyceae

Ordem Gigartinales

Família Solieriaceae

Algicultura da macroalga *K. alvarezii*

a) Características biológicas:

- ✓ **Rápido Crescimento:** A macroalga *K. alvarezii* apresenta taxas de crescimento excepcionalmente altas de 3 a 9 % ao dia, permitindo ciclos de cultivo curtos (30 a 60 dias) e um retorno rápido sobre o investimento. Na Tabela 3 observa-se as diferentes taxas de crescimento das linhagens de cor de acordo com os trabalhos de SOLORZANO-CHAVEZ *et al.*, 2019.

Tabela 3 - Taxa de Crescimento (%·dia⁻¹) de diferentes linhagens da macroalga *K. alvarezii*.

Linhagem	Faixa de Taxa de Crescimento (%·dia ⁻¹)
Vermelha	5,0 – 8,5
Marrom	5,3 – 9,0
Verde	4,8 – 9,0
EP	3,3 – 6,6

Fonte: Tabela modificada SOLORZANO-CHAVEZ (*et al.*, 2019).

- ✓ **Alta Produtividade por Área Cultivada:** Comparada a outras culturas terrestres, a *K. alvarezii* oferece uma produtividade significativamente maior por unidade de área. A Tabela 4 apresenta a produtividade diária da macroalga de acordo com os trabalhos de SOLORZANO-CHAVEZ *et al.*, 2019.

Tabela 4 - Produtividade das diferentes linhagens da macroalga *K. alvarezii*.

Linhagem	Faixa de Produtividade (g·m ⁻² ·dia ⁻¹)
Vermelha	39,4 – 144,0
Marrom	45,4 – 181,0
Verde	39,5 – 156,7
Edison de Paula	19,3 – 70,5

Fonte: Tabela modificada SOLORZANO-CHAVEZ (*et al.*, 2019).

b) Aspectos Econômicos do Cultivo de *Kappaphycus alvarezii*

- O cultivo da macroalga *K. alvarezii* oferece diversas vantagens econômicas, tornando-a uma alternativa atrativa para a aquicultura sustentável. Com baixo custo de cultivo, a atividade requer infraestrutura simples e de fácil manutenção, sendo acessível até para pequenos produtores. Além disso, gera trabalho e renda em comunidades costeiras, promovendo inclusão social e desenvolvimento econômico, especialmente em regiões vulneráveis..

- A *K. alvarezii* pode ser cultivada em áreas costeiras degradadas, sem competir com a agricultura tradicional, contribuindo para a recuperação de ambientes marinhos. Sua integração com a maricultura, em sistemas multitróficos que incluem peixes e moluscos, otimiza o uso de recursos e melhora a qualidade da água. Como sequestradora de CO₂, a alga pode gerar pagamento por serviços ambientais por meio de mercados de carbono, criando uma nova fonte de renda verde.
- O cultivo também diversifica a economia costeira, reduzindo a dependência da pesca extrativa e promovendo resiliência econômica. Produtos derivados podem ser comercializados localmente, inclusive na gastronomia. A atividade ainda atrai investimentos públicos e privados em pesquisa e inovação tecnológica, fortalecendo a economia azul.
- Com alta produtividade, a *K. alvarezii* cresce rapidamente, permitindo colheitas frequentes e retorno financeiro ágil. Além disso, fornece matéria-prima abundante para indústrias alimentícia, cosmética e de biocombustíveis, consolidando-se como uma opção viável e sustentável para o futuro

c) Benefícios Ambientais:

O cultivo da macroalga oferece uma gama de benefícios ambientais, que se alinham aos princípios de sustentabilidade e conservação ecológica. Entre os principais efeitos positivos, destacam-se:

- ✓ **Mitigação da Eutrofização:** A *K. alvarezii* desempenha um papel importante na absorção de nutrientes excessivos, como nitrogênio e fósforo, substâncias responsáveis pela eutrofização das águas costeiras.
- ✓ **Sequestro de Carbono:** Como uma planta marinha, *K. alvarezii* se destaca pelo seu potencial de sequestro de carbono.
- ✓ **Aumento da Produtividade Marinha:** Além de melhorar as condições de qualidade da água, o cultivo de *K. alvarezii* favorece a biodiversidade marinha, proporcionando habitats adequados para diversas espécies marinhas.
- ✓ **Integração Sustentável com a Maricultura:** O cultivo de *K. alvarezii* pode ser integrado a sistemas multitróficos marinhos (IMTA), onde algas, moluscos e peixes coexistem e se beneficiam mutuamente.

- ✓ **Alívio da Pressão sobre Ecossistemas Naturais:** Ao oferecer uma alternativa ao cultivo de algas nativas e à exploração pesqueira excessiva.
- ✓ **Refúgio para Organismos Marinhos:** O cultivo de *K. alvarezii* serve como abrigo e local de desova para uma variedade de espécies marinhas, o que aumenta a diversidade biológica e contribui para a regeneração de ecossistemas marinhos.

Técnicas de Cultivo da Macroalga *Kappaphycus alvarezii*

No Brasil, o cultivo de *K. alvarezii* é realizado na superfície do mar, utilizando sistemas como balsas flutuantes (a) ou espinheis (b) (Figura 4). Cultivos podem ser consorciados em tanques escavados de camarões, como vem acontecendo no Equador, porém ainda há a necessidade de estudos específicos para a regulamentação junto ao IBAMA (BRASIL, 2020).

A temperatura da água é um dos principais fatores abióticos que mais influenciam a taxa de crescimento diário da espécie elas podem variar valores médios mensais de 19,9 a 29,0°C e valores extremos de 17,0 a 33,0°C. Relatos de mortalidade ocorreram no Brasil a temperatura já abaixo de 16 °C (PAULA; PEREIRA; OHNO, 2002, HAYASHI *et al.*, 2011)

Figura 4 - Diferentes sistemas de cultivo da macroalga *K. alvarezii* realizados no Brasil (a) balsa flutuante e (b) espinhel.



Foto: GELLI (2023).

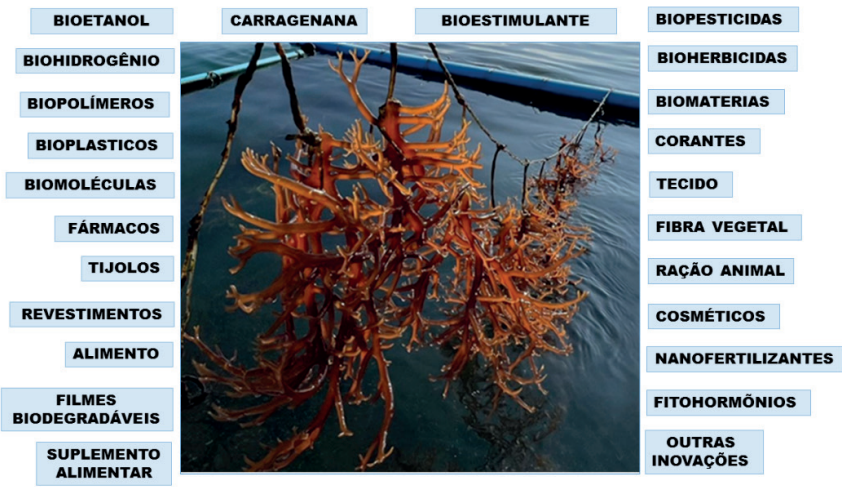
A macroalga *K. alvarezii* se propaga assexuadamente por fragmentação do talo (Paula *et al.*, 1998), utilizando fragmentos de 70 a 100 g fixados a intervalos de 20 cm em linhas de cultivo. O ciclo de crescimento varia de 30 a 60 dias, com as estruturas submersas até 50 cm de profundidade. Considerada espécie introduzida no Brasil (BRASIL, 2019), apresenta baixo potencial bioinvasivo devido

à sua densidade superior à da água, dificultando sua sobrevivência fora do cultivo. A ausência de estruturas de fixação e a predação por herbívoros também limitam sua dispersão natural (ARAUJO *et al.*, 2020).

Usos da Macroalga *K. alvarezii* – Pesquisas e Inovação

A macroalga *K. alvarezii* é amplamente reconhecida como uma das mais importantes fontes de biomassa marinha para diversas aplicações industriais, científicas e tecnológicas. Seus derivados, especialmente a carragenana, têm despertado interesse crescente devido à sua versatilidade e sustentabilidade. Além das aplicações tradicionais, avanços na pesquisa têm expandido o espectro de usos dessa alga. Na Figura 5 observa-se as principais aplicações e usos da macroalga *K. alvarezii*.

Figura 5 - Principais usos e aplicações econômicas da macroalga *Kappaphycuss alvarezii*.



Aspectos Nutricionais da Macroalga *Kappaphycus alvarezii*

A *K. alvarezii* é uma macroalga de interesse crescente devido ao seu perfil nutricional e potencial para aplicações em diversas indústrias. A macroalga possui diversas propriedades bioativas, sendo amplamente estudada por seus potenciais benefícios à saúde. Ela apresenta propriedades bioativas como antitumoral, antibacteriana, antiviral, antioxidante, anti-inflamatória, entre outras.

Estudos realizados por ADHARINI *et al.*, 2020 forneceram dados detalhados sobre a composição química, destacando as diferentes linhagens e podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 4 - Composição nutricional das cepas verde e vermelha de *Kappaphycus alvarezii*.

Componente	<i>K. alvarezii</i> (verde)	<i>K. alvarezii</i> (vermelha)
Teor de umidade (%)	90,66±0,15	89,48±0,17
Cinzas (%)	4,37±0,10	4,62±0,04
Lipídios (%)	0,03±0,00	0,05±0,00
Fibra bruta (%)	0,62±0,09	0,40±0,05
Proteína (%)	1,79±0,01	1,94±0,01
Carboidratos (%)	4,55±0,27	5,24±0,12
Vitamina C (mg.100 g ⁻¹)	3,42±0,03	3,26±1,42

Fonte: (ADHARINI *et al.*, 2020).

Nos trabalhos de ARAÚJO *et al.* (2022) são apresentadas as médias dos conteúdos de minerais (mg (100 g)⁻¹ peso seco) e aminoácidos (μg g⁻¹ peso seco) de *K. alvarezii* por estação e ingestão recomendada de valores minerais por dia (Tabela 6).

Tabela 5 - Média do teor de minerais (mg. (100 g)⁻¹ peso seco) e aminoácidos (μg.g⁻¹ peso seco) de *Kappaphycus alvarezii* por estação e valores recomendados de ingestão diária de minerais (Otten *et al.* 2016). Os valores representam média ± desvio padrão (sd) (Tabela modificada)

Minerais	Verão 2017	Outono 2017	Inverno 2017	Primavera 2017	Verão 2018	Ingestão diária recomendada (mg/dia)
Ferro (Fe)	0,72±1,45 ^a	8,39±2,15 ^b	3,25±1,24 ^a	6,76±1,65 ^b	8,40±2,07 ^b	11,5
Cálcio (Ca)	197,25±6,73	187,25±13,69	183±55,37	163,5±,02	201±24,75	1.100
Magnésio (Mg)	460,12±49,46 ^b	397,25±50,17 ^{ab}	355,87±105,82 ^a	315,37±99,45 ^a	365,12±36,92 ^{ab}	326
Sódio (Na)	2.154,87±124,14 ^B	1.629,37±397,79 ^A	1.572,25±192,07 ^A	1.592,75±413,49 ^A	1.818±123,56 ^{AB}	1.500
Potássio (K)	9.748,25±2.290,99	8.152±955,06	8.867,87±2.491,50	8.371,5±448,61	7.738,37±1.504,90	4.700
Total de Minerais	12.561,20±2.190,72^A	10.374,30±1.373,56^B	10.982,30±2.239,04^A	10.449,90± 237,19^A	10.130,90±1.613,78 ^B	-
Total de Aminoácidos	586,00±462,76 ^{bc}	106,91±46,03 ^a	190,88±121,55 ^{ab}	384,23±326,45 ^{abc}	743,70±625,33 ^c	

Notas : Letras sobrescritas diferentes (a, b, c, d) indicam diferenças estatisticamente significativas entre os valores na mesma linha. A tabela mostra variações sazonais nos minerais e aminoácidos presentes e *Kappaphycus alvarezii*.

Fonte: (ARAÚJO *et al.*, 2022).

E ainda os mesmos autores apresentaram a composição de composição de carboidratos, minerais totais e aminoácidos em diferentes cepas de *K. alvarezii* na estação de verão do ano de 2018 (Tabela 7).

Tabela 6 - Composição de carboidratos, minerais totais e aminoácidos em diferentes cepas de *K. alvarezii* na estação de verão2018 (ARAUJO *et al.*, 2022).

Cepa	Carboidratos	Minerais Totais	Aminoácidos	AOX	Média
Verde	78,80	70,46	6,59	63,15	54,75
Vermelha	100,00	85,58	4,78	74,21	66,14
Marrom	90,63	69,54	26,56	61,53	62,06
G11	86,40	61,28	35,53	51,61	58,70
Média	88,96	71,72	18,36	62,62	60,41

Fonte: Tabela modificada ARAUJO (*et al.*, 2022).

Os resultados dos trabalhos acima sugerem que a composição nutricional e antioxidante de *K. alvarezii* depende da linhagem e da estação do ano e ainda ressaltam que essas informações são valiosas para aplicações em alimentos funcionais, suplementos e cosméticos, otimizando o uso comercial da macroalga.

Considerações finais e propostas para o Desenvolvimento Sustentável do Cultivo de *Kappaphycus alvarezii*

O cultivo de *K. alvarezii* apresenta um enorme potencial para impulsionar a algicultura brasileira de forma sustentável, mas requer superação de desafios por meio de estratégias eficazes e políticas públicas adequadas. A regulamentação clara é essencial para garantir práticas sustentáveis, minimizar impactos ambientais e preservar a biodiversidade marinha. Isso inclui a certificação de mudas, o registro de produtos derivados (como biofertilizantes) e o ordenamento espacial das áreas costeiras para otimizar o uso dos recursos marinhos.

Incentivos financeiros, como linhas de crédito e subsídios, são cruciais para viabilizar infraestrutura e inovação tecnológica, especialmente para pequenos e médios produtores. A capacitação técnica, por meio de treinamentos e parcerias com instituições, é fundamental para aprimorar técnicas de cultivo e promover a inclusão socioeconômica. Além disso, o desenvolvimento tecnológico, com uso de biotecnologia, monitoramento remoto e melhoramento genético, pode aumentar a produtividade e a resiliência dos cultivos.

A criação de biobancos, como o já existente no Instituto de Pesca de São Paulo, é vital para conservar e melhorar linhagens genéticas, garantindo a diversidade e inovação no setor. A redução da dependência do mercado internacional pode ser alcançada com o desenvolvimento de novos usos para a biomassa,

como biofertilizantes, biomateriais e ingredientes para as indústrias alimentícia e cosmética, agregando valor ao produto.

O cultivo consorciado com espécies nativas de interesse econômico pode aumentar a sustentabilidade, diversificar a produção e reduzir impactos ambientais. Por fim, a mecanização do cultivo, com tecnologias automatizadas para plantio, colheita e secagem, melhora a eficiência, reduz custos e protege a saúde dos trabalhadores, além de garantir a padronização e qualidade da biomassa.

Em resumo, com investimentos em regulamentação, tecnologia, capacitação e inovação, o cultivo de *K. alvarezii* pode se tornar um pilar da economia azul brasileira, promovendo desenvolvimento sustentável, geração de empregos e conservação ambiental.

REFERÊNCIAS

ADHARINI, R. I. *et al.* Comparison of Nutritional Composition in Red and Green Strains of *Kappaphycus alvarezii* Cultivated in Gorontalo Province, Indonesia. **E3S Web of Conferences**, v. 147, p. 3–7, 2020.

ARAÚJO, P. G. *et al.* Monitoring environmental risk of the exotic species *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta), after two decades of introduction in southeastern. **Botanica Marina**, p. 1–8, 2020.

ARAÚJO, P. G. *et al.* Seasonal variation of nutritional and antioxidant properties of different *Kappaphycus alvarezii* strains (Rhodophyta) farmed in Brazil. **Journal of Applied Phycology**, v. 1, p. 23, 21 abr. 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10811-022-02739-6>>. Acesso em: 22 abr. 2022.

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA No 16, DE 4 DE JUNHO DE 2019- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Diário Oficial [da] União**, 2019.

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA No 1, DE 21 DE JANEIRO DE 2020. **Permiti o cultivo de *Kappaphycus alvarezii* no litoral de Santa Catarina, do Rio de Janeiro e São Paulo**. Disponível em: <http://www.lexeditora.com.br/legis_27971695_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_1_DE_21_DE_JANEIRO_DE_2020.aspx>. Acesso em: 2 fev. 2020.

BRASIL. Boletim da aquicultura em águas da uniao -2023. **Ministério da Pesca e Aquicultura**, p. 1–99, 2024.

DA SILVA, E. G.; CASTILHO-BARROS, L.; HENRIQUES, M. B. Economic feasibility of integrated multi-trophic aquaculture (mussel *Perna perna*, scallop *Nodipecten nodosus* and seaweed *Kappaphycus alvarezii*) in Southeast Brazil: A small-scale aquaculture farm model. **Aquaculture**, v. 552, p. 738031, abr. 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0044848622001478>>.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2024**. [s.l.] FAO, 2024.

FAO. **FAO Fisheries and Aquaculture Division - Fishery Statistical Collections - Global Aquaculture Production**. Disponível em: <<https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/aquaculture>>. Acesso em: 4 fev. 2025.

GELLI, V. C. **Desenvolvimento ordenado e potencial da produção da macroalga *Kappaphycus alvarezii* no estado de São Paulo para a produção do biofertilizante**. 2019. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/Acervo/Detalhe/1092073>>.

GELLI, V. C. *et al.* Production of the *Kappaphycus alvarezii* extract as a leaf biofertilizer: technical and economic analysis for the north coast of São Paulo-Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 46, n. 2, p. 1-12, 9 out. 2020. Disponível em: <<https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/1504/1461>>.

GELLI, V. C. *et al.* Temperature as determinant factor on the generation of new strains of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) cultivated in subtropical waters. **Journal of Applied Phycology**, n. 0123456789, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10811-023-03108-7>>.

GELLI, V. C.; BARBIERI, E. CULTIVO E APROVEITAMENTO DA MACROALGA *Kappaphycus alvarezii* PARA PEQUENOS MARICULTORES. In: PEDRO & JOÃO EDITORES, 2015. 345P. ISBN. 978-85-7993-272-4 (Ed.). **Aquicultura no Brasil: Novas Perspectivas**. [s.l.: s.n.]1p. 641-658.

HAYASHI, L. *et al.* Nutrients removed by *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) in integrated cultivation with fishes in re-circulating water. **Aquaculture**, v. 277, n. 3-4, p. 185-191, 3 jun. 2008.

HAYASHI, L. *et al.* *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Areschougaceae) cultivated in subtropical waters in Southern Brazil. **Journal of Applied Phycology**, v. 23, n. 3, p. 337-343, 22 jun. 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10811-010-9543-5>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

KHAN, N.; SUDHAKAR, K.; MAMAT, R. **Macroalgae farming for sustainable future: Navigating opportunities and driving innovation** Heliyon Elsevier Ltd, , 15 abr. 2024. . Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844024042397>>. Acesso em: 17 jan. 2025.

OLIVEIRA, L. E. *et al.* Red Macroalgae *Kappaphycus alvarezii* as feedstock for nutraceuticals, pharmaceuticals and fourth generation biofuel production. **Renewable Energy and Power Quality Journal (RE&PQJ)**, v. 1, p. 1-5, 2019.

PAULA, E. J. de; PEREIRA, R. T. L.; OHNO, M. Growth rate of the carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) introduced in subtropical waters of São Paulo State, Brazil. **Phycological Research**, v. 50, n. 1, p. 1-9, mar. 2002. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1046/j.1440-1835.2002.00248.x>>.

PAULA, E. J., PEREIRA, R. T. L. AND OSTINI, S. Introdução de espécies exóticas de *Eucheuma* e *Kappaphycus* (Gigartinales, Rhodophyta) para fins de maricultura no litoral brasileiro: abordagem teórica e experimental. In E. J. Paula, M. Cordeiro-Marino, D. Pupo Santos, M. Fujii, E. M. Plastino and N. Yokoya, (Eds) **IV Congresso Latino Americano de Ficologia, II Reunião Ibero-Americana de Ficologia e VII Reunião Brasileira de Ficologia**. Sociedade Brasileira de Ficologia, São Paulo p. 340 – 57. 1998.

ROLEDA, M. Y.; HURD, C. L. Seaweed nutrient physiology: application of concepts to aquaculture and bioremediation. **Phycologia**, v. 58, n. 5, p. 552-562, 3 set. 2019.

SANTOS, A. A. dos. Produção da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em Santa Catarina, safra 2022/2023. **Agropecuária Catarinense**, v. 36, p. 7-9, 2023.

SOLORZANO-CHAVEZ, E. G. *et al.* Evaluation of the *Kappaphycus alvarezii* growth under different environmental conditions and efficiency of the enzymatic hydrolysis of the residue generated in the carrageenan processing. **Biomass and Bioenergy**, v. 127, n. July 2018, 2019.

SONDAK, C. F. A. *et al.* Carbon dioxide mitigation potential of seaweed aquaculture beds (SABs). **Journal of Applied Phycology**, v. 29, n. 5, p. 2363-2373, 5 out. 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10811-016-1022-1>>. Acesso em: 4 dez. 2018.

TROELL, M. *et al.* Perspectives on aquaculture's contribution to the Sustainable Development Goals for improved human and planetary health. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 54, n. 2, p. 251-342, 2023.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Elias Fernandes de Medeiros Junior

Engenheiro de Pesca formado pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais pela Universidade Federal Rural da Amazônia. Doutor em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial pela Universidade Federal do Vale do São Francisco-UNIVASF. Tenho experiência na Área de Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, com ênfase em Tecnologia do pescado; Aquicultura; Extensão Aquícola. Na área de meio ambiente tenho trabalhado com Educação Ambiental para a conservação de recursos hídricos, assim como, tenho estudado a relação dos agroecossistemas na produção aquícola agroecológica e orgânica.

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0786887446926735>

Fabricio Nilo Lima da Silva

Técnico em Aquicultura pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), *Campus Belém* (2010). Graduado em Aquicultura pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), *Campus Castanhal* (2013). Especialista em Gestão Ambiental pela Universidade Federal do Pará (UFPA), *Campus Belém* (2015). Especialista em Docência para a Educação Profissional, Científica e Tecnológica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), *Campus Breves* (2017). Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), *Campus Belém* (2015). Doutor em Ciência Animal (Ecologia Aquática e Aquicultura), pela Universidade Federal do Pará (UFPA), *Campus Castanhal* (2019). Atualmente, é Professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico (EBTT) do IFPA *Campus Avançado Vigia*.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1728474813538054>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Algicultura: 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 155

Aquaponia: 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 116

Aquicultura: 9, 10, 11, 13, 18, 19, 24, 25, 41, 42, 43, 59, 60, 62, 63, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 111, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 134, 135, 137, 138, 141, 146, 149, 150, 156, 157

Arraçoamento: 100, 132

C

Crescimento: 10, 14, 15, 16, 17, 23, 25, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 36, 45, 47, 87, 88, 90, 93, 95, 101, 102, 113, 114, 121, 134, 138, 142, 147, 150, 152

E

Economia Azul: 18, 140, 141, 143, 144, 147, 151, 156

Estágio: 49, 59, 77, 78, 100, 102, 111, 114, 115, 120, 122, 123, 128, 133, 135

F

Fertilização: 91, 120, 125, 130, 131, 132, 135

H

Higiene: 42, 67

I

Ictioparasitologia: 41, 43

Indução Hormonal: 120, 124, 129

Infestações: 41, 51, 54, 59, 60, 61

Inovação: 9, 18, 86, 93, 96, 142, 144, 146, 151, 153, 155, 156

L

Larvicultura: 25, 26, 93, 99, 100, 104, 109, 117, 118, 119, 120, 134, 137

M

Microbiologia: 41, 43

N

Nanopartículas: 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96

Nitrogênio: 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 34, 36, 143, 148, 151

O

Organismos Aquáticos: 8, 34, 50, 64, 65, 67, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 96

P

Piscicultura: 10, 14, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 54, 55, 56, 60, 62, 63, 64, 100, 101, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 136, 137, 138

Piscicultura: 10, 14, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 54, 55, 56, 60, 62, 63, 64, 100, 101, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 136, 137, 138

Produção: 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 24, 25, 33, 41, 42, 50, 54, 56, 58, 60, 62, 64, 68, 86, 87, 88, 91, 92, 94, 96, 100, 101, 102, 110, 112, 114, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 136, 137, 138, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 149, 156, 157

R

RAS: 100, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 113, 114, 115, 116, 117, 120, 122, 123, 126, 127, 132, 133, 135, 136, 138

Região Norte: 100, 101, 121

S

Saúde Pública: 67, 69

Segurança Alimentar: 10, 14, 15, 18, 40, 41, 42, 47, 62, 86, 87, 88, 93, 101, 121, 141, 143

Segurança do Alimento: 67

Sobrevivência: 23, 25, 27, 28, 31, 33, 34, 36, 90, 91, 93, 115, 134, 153

Surtos Alimentares: 67, 69

Sustentabilidade: 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 42, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 135, 140, 141, 143, 144, 149, 151, 153, 156

T

Tecnologia de Bioflocos: 23, 24, 34, 35



científica digital



VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS



www.cientificadigital.org | contato@cientificadigital.org