

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO HÍBRIDO PINTADO
AMAZÔNICO NA FASE INICIAL DE PRODUÇÃO EM
TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS (BFT)**

**Ricardo Henrique Bastos de Souza
Orientador: Prof. Dr. Jayme Aparecido Povh**

CAMPO GRANDE, MS

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO HÍBRIDO PINTADO
AMAZÔNICO NA FASE INICIAL DE PRODUÇÃO EM
TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS (BFT)**

Ricardo Henrique Bastos de Souza

Tese apresentada à Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul, como
requisito à obtenção do título de
Doutor em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção
Animal

CAMPO GRANDE, MS

2023



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Certificado de aprovação

RICARDO HENRIQUE BASTOS DE SOUZA

**DESEMPENHO PRODUTIVO DO HÍBRIDO PINTADO AMAZÔNICO NA FASE INICIAL DE
PRODUÇÃO EM TECNOLOGIA DE BIOFLOCOS (BFT)**
**PRODUCTIVE PERFORMANCE OF THE HYBRID PINTADO AMAZÔNICO IN THE INITIAL PHASE
OF PRODUCTION IN BIOFLOC TECHNOLOGY (BFT)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal. Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 29-09-2023

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Jayme Aparecido Povh
(UFMS) – Presidente

Dr. Julio Guerra Segura
(UFMS)

Dra. Milena Wolff Ferreira
(UCDB)

Dr. Ruy Alberto Caetano Correa Filho
(UFMS)

Dra. Susana Amaral Teixeira
(UFMS)

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Julio Guerra Segura, Usuário Externo**, em 07/10/2023, às 00:28, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com

fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Susana Amaral Teixeira, Professora do Magistério Superior**, em 07/10/2023, às 20:11, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Ruy Alberto Caetano Correa Filho, Professor do Magisterio Superior**, em 10/10/2023, às 09:37, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Milena Wolff Ferreira, Usuário Externo**, em 10/10/2023, às 09:37, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Jayme Aparecido Povh, Professor do Magisterio Superior**, em 10/10/2023, às 17:16, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4382321** e o código CRC **A03CE5BD**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

DEDICATÓRIA

*Com sentimento de gratidão por ser o elo
que conecta diferentes gerações, dedico
este trabalho com todo o meu amor ao
meu saudoso pai, à minha querida mãe e
aos meus filhos.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Jayme Aparecido Povh, pela oportunidade de aprimorar minha carreira sob sua orientação. Com você, tive a honra de vivenciar o melhor do mundo acadêmico em termo profissional e humano. Sua compaixão e incentivo estão impactando positivamente a vida de inúmeras pessoas, e o passo que estou dando agora em minha jornada é profundamente influenciado pela pessoa excepcional que você é.

Ao meu coorientador, Ruy Alberto Caetano Corrêa Filho, por sua disponibilidade em ajudar e seu entusiasmo em incentivar e estimular novos questionamentos. Essa capacidade de provocação, sem dúvida, faz com que seus orientandos se tornem sementes que germinam e produzem frutos valiosos. Obrigado!

Aos professores Jayme e Ruy pela demonstração de parceria e amizade, que não apenas incentiva, mas também cria valor para todos aqueles que têm a oportunidade de testemunhar sua colaboração conjunta.

À Juliana Ferraz, que durante os últimos anos me incentivou a avançar cada passo nessa conquista e, além disso, é a geradora dos grandes amores da minha vida: Luisa Yokoo, Pedro Bastos, Helena Bastos e Rafael Bastos. Foram muitos os sacrifícios e parcerias que independente das circunstâncias nos manterão unidos pelo resto de nossas vidas. Obrigado!

Aos meus filhos, Luísa Yokoo, Pedro Bastos, Helena Bastos e Rafael Bastos, por tornarem o sentido da minha vida cada vez mais claro e evidente!

Aos meus pais Nelson Coelho (*in memoriam*) e Maria Sales, meus irmãos Arinaldo Souza, Maria Alice, Neilson Souza (*in memoriam*), Jiovani Bastos (*in memoriam*), Nemilson Bastos e Eder Bastos, sou muito grato pela oportunidade de percorrer essa etapa evolutiva da minha vida mantendo laços tão profundos com cada um de vocês.

Aos amigos Giovana Stringhetta, Thiago Cotrin, Louise Spica, Karine Farias e Ana Carla pela parceria e incentivos nos momentos bons e difíceis, pois estes foram

elementos essenciais para concluir este ciclo. Foram poucos os encontros presenciais, porém compartilhamos muitas horas de conversas virtuais.

Aos amigos Newton Tavares e Newmar Tavares que abriram as portas da Piscicultura Verde Vale e de suas casas para tornar essa pesquisa possível. Nada disso faria sentido se não tivesse como objetivo final atender a aquele que necessita, incentiva e provoca novas oportunidades.

A Maurício Emerenciano, pela disponibilidade em colaborar com este trabalho e pela oportunidade de nos compartilhar valiosos conhecimentos.

À Dominique Bureau, agradeço a disponibilidade em me orientar no doutorado sanduiche e tornar uma etapa do meu doutorado uma experiência que enriqueceu toda a minha vida.

À Soowhan Kim, agradeço a parceria do dia a dia durante toda estadia no Canadá. Agradeço pelas aventuras gastronômicas que a mim renderam boas experiências e a você alguns quilogramas a mais. 감사해요

À Universidade Federal de Rondônia, À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e a University of Guelph por me conceder a oportunidade de qualificação profissional.

RESUMO

SOUZA, R. H. B. Desempenho produtivo do híbrido pintado amazônico na fase inicial de produção em tecnologia de bioflocos (BFT). 2023. 59p. Tese (Doutorado) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2023.

A aquicultura, setor em constante crescimento nos últimos anos, é uma importante fonte de proteína de origem animal para alimentação humana. No entanto, há desafios a serem enfrentados, uma vez que a produção atualmente se concentra em um número limitado de espécies e carece de tecnologias nos sistemas de produção que possam aperfeiçoar o cultivo de espécies neotropicais sul-americanas. O presente estudo avaliou o desempenho zootécnico de juvenis de Pintado amazônico (fêmea *Pseudoplatystoma spp* x macho *Leiarius marmoratus*) em dois sistemas de cultivo: sistema de tecnologia de bioflocos (BFT) e sistema de recirculação de água (RAS). O estudo utilizou um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos e quatro repetições. Cada repetição tinha um volume de 1000 litros e recebeu 250 alevinos com 0.072 ± 0.001 g (peso \pm dp). Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente três vezes ao dia (8:00, 13:00 e 18:00), com o programa de alimentação dividido em duas etapas ao longo de 28 dias: (i) do Dia 1 ao Dia 7 receberam rações microextrusadas (3 mm e 60% de proteína bruta), e (ii) ração extrusada (0,8–1,5 mm e 45% de proteína bruta) do Dia 8 ao Dia 28. Os bioflocos coletados no sistema BFT continham aproximadamente 36,86% de proteína bruta, 1,38% de lipídios e 34,30% de cinzas. Os sistemas de produção RAS e BFT apresentaram variáveis de qualidade da água semelhantes, embora tenha havido concentrações mais altas de nitrato e ortofosfato no BFT. O comprimento padrão dos peixes produzidos no sistema BFT foi maior ($P < 0,05$) do que os produzidos no RAS a partir dos 14 dias de produção, enquanto o peso dos peixes produzidos pelo BFT foi maior ($P < 0,05$) do que os peixes do RAS em todos os períodos de avaliação (7, 14, 21 e 28 dias). No entanto, as taxas de sobrevivência foram maiores ($P < 0,05$) nos peixes produzidos no RAS em comparação com aqueles produzidos no BFT. Não houve diferenças significativas na biomassa final, ganho de biomassa, índice de conversão alimentar, índice hepatossomático e índice viscosossomático entre BFT e RAS. Os peixes produzidos no BFT apresentaram composição de matéria seca, níveis de lipídios e teor de cinzas mais altos ($P < 0,05$), enquanto o RAS apresentou maior teor de proteína bruta ($P < 0,05$). Em relação à morfologia intestinal, não houve diferenças significativas no diâmetro médio do tubo, altura e largura média das vilosidades, nem na espessura média da mucosa e submucosa entre os peixes produzidos no BFT e RAS. O estudo atual revelou que a técnica de BFT é adequada para a larvicultura do Pintado amazônico, com os peixes apresentando melhor crescimento e ganho de peso em comparação com o sistema RAS. Esses resultados destacam a importância da pesquisa para identificar as melhores práticas de manutenção do BFT, com o objetivo de melhorar a sobrevivência do Pintado amazônico.

ABSTRACT

SOUZA, R. H. B. Productive performance of the hybrid Pintado amazônico in the initial phase of production in biofloc technology (BFT). 2023. 59p. Thesis (Ph.D.), Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2023.

Aquaculture, a sector that has been steadily growing in recent years, is a significant source of animal-origin protein for human consumption. However, there are challenges to be addressed as the production currently focuses on a limited number of species and lacks technologies in production systems that can enhance the cultivation of South American Neotropical species. The present study evaluated the zootechnical performance of Pintado amazônico juveniles (female *Pseudoplatystoma spp* x male *Leiarius marmoratus*) across two culturing systems: biofloc technology (BFT) system and a recirculating aquaculture system (RAS). The study had a completely randomized design with two treatments and four replicates. Each replicate had a volume of 1000 liters and received 250 fingerlings (weight \pm dp). The fish were fed to apparent satiation three times daily (8:00, 13:00, and 18:00), with their feeding program divided into two stages over 28 days: (i) From Day 1 to Day 7 they had micro-extruded rations (3 mm, and 60% crude protein), and (ii) extruded feed (0.8–1.5 mm and 45% crude protein) from Day 8-28. The bioflocs collected in the BFT comprise approximately 36.86% crude protein, 1.38% lipids and 34.30% ash. The RAS and BFT production systems showed similar water quality variables, although there were higher concentrations of nitrate and orthophosphate in the BFT. The standard length of fish produced in the BFT system was greater ($P<0,05$) than those produced in the RAS from 14 days of production, while the weight of the fish produced by BFT was greater ($P<0,05$) than the RAS fish in all evaluation periods (7, 14, 21 and 28 days). However, survival rates were greater ($P<0,05$) in fish produced in the RAS compared with those produced in the BFT. There were no significant differences in final biomass, biomass gain, feed conversion ratio, hepatosomatic index and viscerosomatic index between BFT and RAS. Fish produced in BFT had higher ($P<0,05$) dry matter composition, lipid levels and ash content, while RAS had higher ($P<0,05$) crude protein content. Regarding intestinal morphology, there were no significant differences in the mean diameter of the tube, height, and mean width of villi, or in the mean thickness of the mucosa and submucosa between the fish produced in BFT and RAS. The current study revealed that the BFT technique is suitable for larviculture of the Pintado amazônico, with the fish showing better growth and weight gain compared with the RAS system. These results underscore the importance of research to identify the best BFT maintenance practices, with a view to improving the survival of the Pintado amazônico.

SUMÁRIO

CAPITULO I	10
1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Aquicultura: estado da arte	10
1.2 Pintado amazônico	14
1.3 Sistema de recirculação de água (RAS)	17
1.4 Tecnologia de bioflocos (BFT)	18
2. OBJETIVO	24
CAPITULO 2	30
Resumo	31
1. Introdução	32
2. Material e Métodos	34
2.1. Local de Estudo e Peixes	34
2.3. Alimentação e qualidade de água	35
2.4. Desempenho produtivo	36
2.5. Composição proximal	37
2.7. Análises estatísticas	39
3. Resultados	39
3.1. Qualidade de água	39
3.2. Desempenho produtivo	41
3.3. Morfometria Intestinal	43
4. Discussão	45
5. Considerações finais	53
7. References	54

CAPITULO I

1. INTRODUÇÃO

1.1 Aquicultura: estado da arte

A aquicultura é uma importante fonte de proteína para o consumo humano (YUE & SHEN, 2022), sendo que o incremento no consumo de organismos aquáticos é resultado do notável crescimento na produção aquícola, enquanto a pesca extrativista permaneceu estagnada desde o final dos anos 1990; e a participação da aquicultura na produção total de pescado aumentou de 6% na década de 1960 para 50% na década de 2010 e 56% em 2020 (FAO, 2022). O desenvolvimento de novas tecnologias foi fundamental para seu rápido desenvolvimento nos últimos 50 anos (YUE & SHEN, 2022).

No Brasil, mais de 60 espécies de organismos aquáticos comestíveis e cerca de 250 espécies de peixes ornamentais, invertebrados e plantas aquáticas são cultivadas, embora comercialmente se destacam cinco grupos principais: peixes de água doce (incluindo várias espécies), camarão de água doce (*macrobrachium rosenbergii*), rã (*Lithobates catesbeianus*), camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*) e moluscos bivalves marinhos (ostra e mexilhão); além disso, outras espécies como tartarugas, jacarés, peixes marinhos e invertebrados marinhos são cultivadas em menor escala (VALENTI et al., 2021). O grupo mais cultivado no Brasil são os peixes de água doce, que está presente em todos os estados da federação, enquanto os demais grupos estão mais concentrados em algumas regiões ou estados (VALENTI et al., 2021; Figura 1).

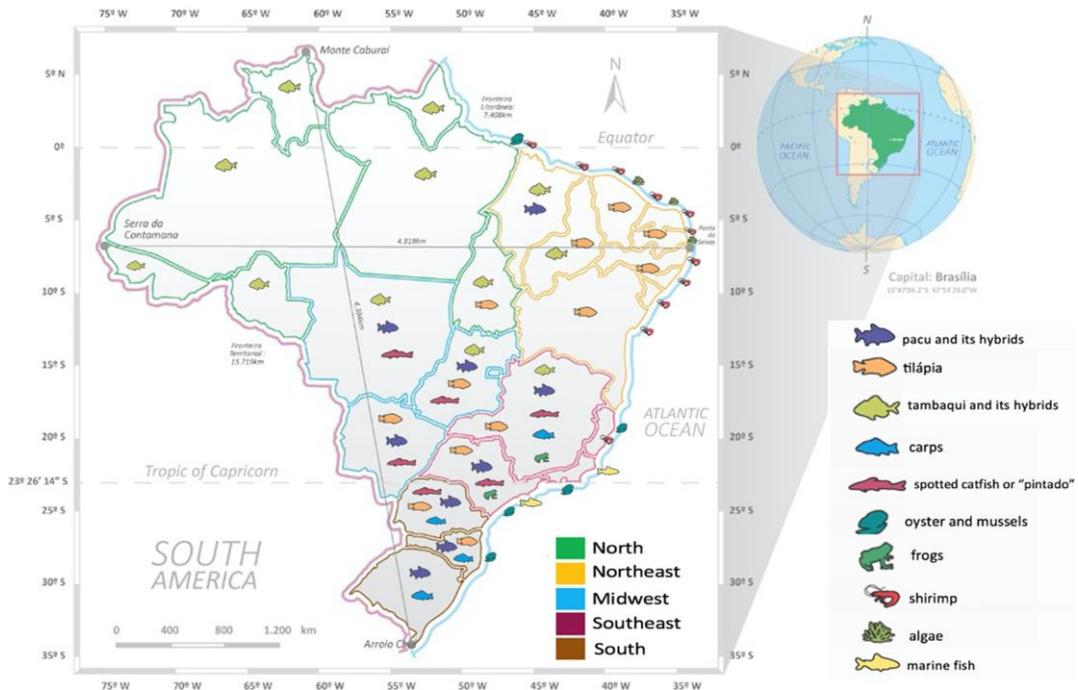


Figura 1. Distribuição dos principais grupos de espécies cultivadas no Brasil (Valenti et al., 2021).

O Brasil é o principal produtor de peixes de águas interiores na América do Sul (FAO, 2022). A produção da aquicultura brasileira atingiu 841 mil toneladas em 2021, sendo que a piscicultura foi responsável por aproximadamente 90% dessa produção. Deste, a tilápia ocupa a primeira posição no país, com um volume de 534.005 t, correspondendo a 63,5 % da aquicultura nacional em 2021 (PEIXEBR, 2022). Em 2019, quando a produção estimada foi de 800.000 toneladas representou uma receita bruta de aproximadamente US\$ 1 bilhão (VALENTI et al., 2021).

O anuário da PEIXEBR (2022), evidencia que produção de pescado no Brasil é concentrada principalmente nos Estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Santa Catarina, com a tilápia-do-Nilo como destaque; enquanto a produção de espécies nativas, a Região Norte lidera, sendo que o estado de Rondônia é responsável por 57% de toda a produção nacional, principalmente do tambaqui (*Colossoma macropomum*) que é a espécie mais cultivada. O anuário também

evidencia que as espécies aquícolas mais cultivadas no Brasil variam de acordo com a região: Norte - tambaqui, pirarucu (*Arapaimas gigas*) e pirapitinga (*Piaractus brachypomus*); Nordeste - tilápia-do-Nilo e camarão marinho; Centro-Oeste - tambaqui, pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e Pintado (*Pseudoplatystoma* spp. e híbridos provenientes destes); Sudeste - tilápia-do-Nilo, pacu e Pintado; Sul - carpa (*Cyprinus* spp.), tilápia-do-Nilo, jundiá (*Rhamdia quelen*), ostra e mexilhão.

Em relação aos peixes de água doce, as espécies nativas somam apenas 31,2% da produção nacional (PEIXEBR, 2022), enquanto que dados do IBGE (2022) (Figura 2), fica evidente este cenário da produção dos peixes nativos perante a tilápia-do-nilo, principalmente quando se exclui as espécies exóticas (carpa e tilápia-do-Nilo) da comparação (Figura 3). Este cenário, segundo Povh et al. (2022), ocorre principalmente devido: (i) ausência de um programa de melhoramento genético consolidado; (ii) falta de aplicação de tecnologia na produção (ex: aeradores para aumentar a produção); e (iii) falta de planejamento da produção, com um adequado cronograma de entrada e saída de peixes; este último fator tem prejudicado a disponibilidade dos peixes nativos, principalmente para o processamento nos frigoríficos, o que pode gerar prejuízo e aumentar o preço ao consumidor.

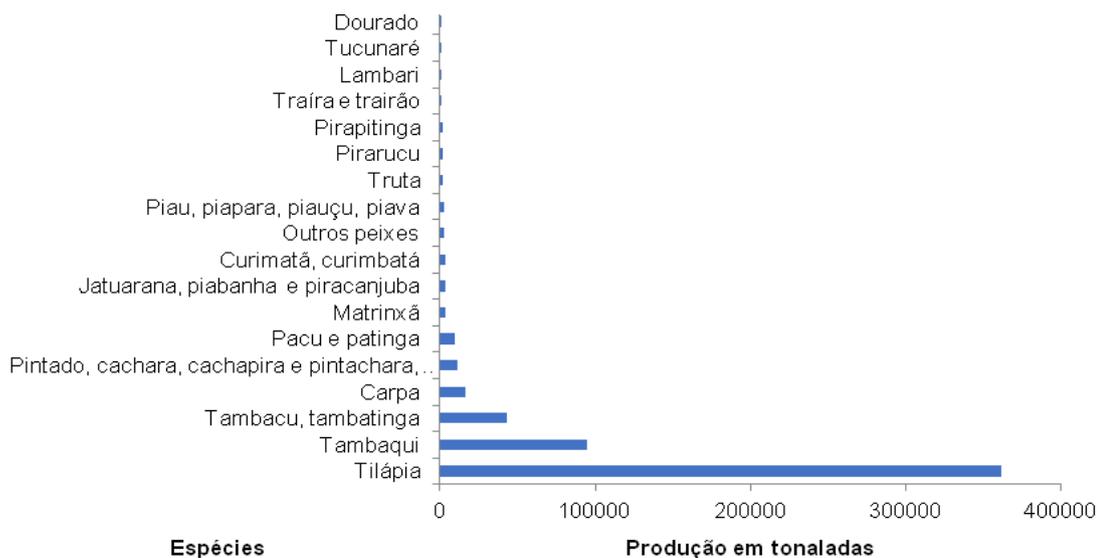


Figura 2: Produção de peixes no Brasil por espécie no ano de 2021 (IBGE, 2022).

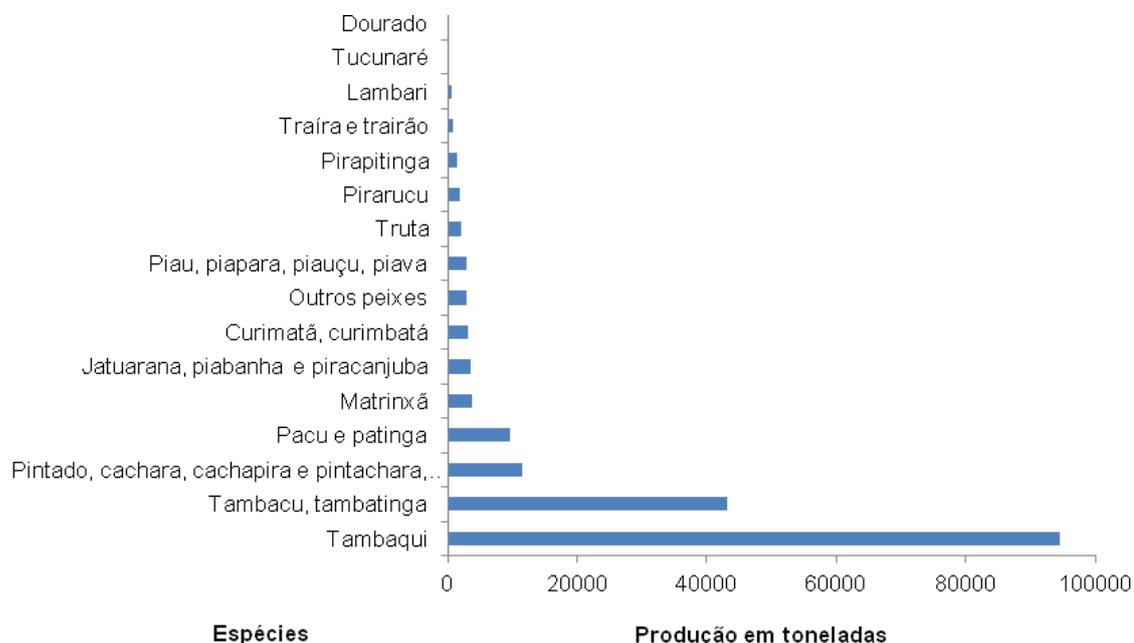


Figura 3: Produção de peixes nativos no Brasil por espécie no ano de 2021 (IBGE, 2022).

Interessante observar que os principais grupos de peixes nativos produzidos no Brasil são os peixes redondos (representado principalmente pelo tambaqui, pacu,

pirapitinga e híbridos destes) e o grupo dos pintados. O grupo dos peixes redondos desagrada parte do mercado consumidor devido à presença de espinha em "y", o que desperta preocupação por parte do mercado consumidor, principalmente em relação ao consumo por crianças (POVH et al., 2022). O segundo grupo, dos pintados, embora apresente os mesmos gargalos dos redondos, apresentam a vantagem de não apresentar espinha em "y"; e desvantagem de uma maior dificuldade de produção dos peixes jovens. Neste sentido, evidencia-se que os principais peixes nativos (peixes redondos e pintados) necessitam do desenvolvimento de tecnologias para que a produção destes possa ser mais expressiva que os peixes exóticos, que não apresentam os gargalos apontados para os nativos. Quanto aos pintados, algumas alternativas têm sido aplicadas para tentar melhorar alguns aspectos produtivos, principalmente para produção de juvenis e controle do hábito alimentar, que é o cruzamento de uma espécie do gênero *Pseudoplatystoma* com o jundiá da bacia amazônica (*Leiarius marmoratus*), que tem gerado um peixe com hábito alimentar onívoro (CAMPOS, 2010), e com maior facilidade na produção de juvenis.

1.2 Pintado amazônico

Embora o grupo dos pintados se destaque com um dos principais grupos de peixes dos países Sul-Americanos, quase a totalidade da produção deste grupo é representada pelo peixe híbrido caracterizado como Pintado amazônico. Este peixe é obtido por meio do cruzamento entre a fêmea do cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*), ou de alguma outra espécie do gênero *Pseudoplatystoma*, e o macho do jundiá (*Leiarius marmoratus*) (Figura 4).

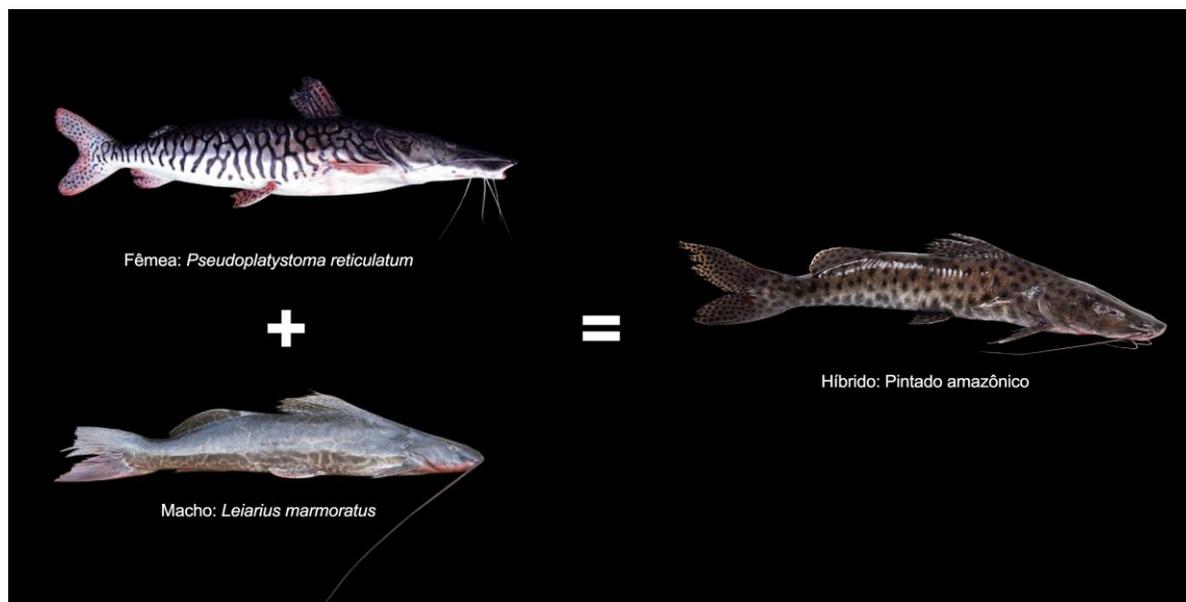


Figura 4: Pintado amazônico oriundo do cruzamento entre a fêmea de cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*) e o macho de jundiá (*Leiarius marmoratus*).

A hibridação neste caso proporciona características importantes para o cultivo perante as demais espécies do gênero *Pseudoplatystoma* puro (ou de algum cruzamento entre espécies desse gênero), que apesar de conhecida por sua rusticidade tem comportamento canibal intenso (LÓPEZ, 2014).

Durante os últimos anos, o Pintado amazônico tem recebido cada vez mais atenção devido à sua maior eficiência na produção em comparação com outros híbridos. Comparado ao seu parental *P. corruscans*, o Pintado amazônico demonstrou um desempenho produtivo superior em sistemas de recirculação de água (MIRANDA, 2012). Além disso, na fase de treinamento alimentar, o Pintado amazônico também apresenta um desempenho superior ao parental, relacionado à maior velocidade de crescimento intestinal durante o cultivo (BARBOSA et al., 2011). Outros aspectos importantes do Pintado amazônico estão relacionados a sua

flexibilidade alimentar, sendo onívoro, possibilita menores custos de produção, menor taxa de canibalismo na larvicultura e conseqüentemente, um aumento na produtividade de alevinos (ALVES et al., 2014).

Embora o Pintado amazônico represente o principal pintado produzido nos países Sul-Americanos, poucos estudos referentes a este peixe em diferentes sistemas de produção têm sido aplicados. Neste sentido, pesquisas com este peixe em diferentes sistemas e fases de produção são necessários, principalmente na fase inicial que se trata da fase mais sensível deste peixe. A fase inicial dos diferentes peixes do grupo do pintado tem sido obtida em sistemas fechados, principalmente para um maior controle da sobrevivência e alimentação. Neste sentido, estudos com Pintado amazônico em sistemas de recirculação de água (RAS) e tecnologia de bioflocos (BFT) precisam ser desenvolvidos a fim de proporcionar melhor entendimento das necessidades nutricionais e ambientais do Pintado amazônico, bem como identificar quaisquer desafios e problemas que possam surgir durante o cultivo. Isso permitiria aos aquicultores desenvolver estratégias para maximizar a eficiência e a rentabilidade do cultivo, além de garantir a qualidade e a saúde dos peixes cultivados. Essas avaliações também permitiriam aos pesquisadores e cientistas contribuir para o conhecimento sobre o cultivo do híbrido Pintado amazônico e desenvolver novas técnicas e tecnologias para a cadeia produtiva da aquicultura.

O cultivo de espécies de peixes para ser competitivo é fundamental o desenvolvimento de tecnologias de produção que visem o melhor desenvolvimento das espécies, cuidado ambiental e viabilidade econômica (YUE & SHEN, 2022). Algo que tem sido bastante pesquisado para espécies exóticas, mas pouco estudados em peixes nativos. Neste sentido, o sistema de recirculação de água

(RAS) e a tecnologia de bioflocos (BFT) são tecnologias muito utilizadas para o cultivo de diversas espécies de peixes e crustáceos e um destes sistemas pode ser mais adequado para o Pintado amazônico na fase inicial.

1.3 Sistema de recirculação de água (RAS)

O sistema de recirculação de água (RAS) é um método tradicional de produção, utilizado principalmente nas fases iniciais, neste é possível reutilizar a água após filtragem (mecânica e biológica) reduzindo a demanda constante de água limpa de fora do sistema para manter a água em condição adequada para a criação de organismos aquáticos (AHMED & TURCHINI, 2021). O RAS consiste em uma série de etapas de tratamento da água, incluindo a remoção de matéria orgânica, cloro, amônia e outros poluentes, bem como a adição de oxigênio e outros nutrientes essenciais para o crescimento e saúde dos organismos aquáticos cultivados. Isso permite uma maior eficiência no uso da água e reduz a necessidade de inserir água nova no sistema, o que é especialmente útil em sistemas de cultivo de peixes e crustáceos (XIAO et al., 2019). Embora, diversas espécies de organismos aquáticos podem ser cultivadas em sistemas de recirculação de água (RAS), cada uma têm suas próprias necessidades específicas em termos de condições ambientais e nutricionais. Algumas das principais espécies cultivadas nesses sistemas incluem a tilápia-do-Nilo (EFFENDI, WAHYUNINGSIH E WARDIATNO, 2017), peixes ornamentais (PEREZ, SANTOS E MARTINS, 2022), salmão (YTRESTØYL et al., 2020) camarão (SUANTIKA et al., 2018).

Embora seja uma técnica muito utilizada, o RAS apresenta algumas limitações. Uma das principais está relacionada com o acúmulo de poluentes e

outros contaminantes. Como a água é reutilizada várias vezes, os poluentes podem se acumular rapidamente e atingir níveis prejudiciais para os animais. Isso pode incluir compostos orgânicos, metais pesados, nutrientes e outros contaminantes (ESPINAL E MATULIĆ, 2019). Além disso, o sistema de recirculação de água também pode ter problemas relacionados à qualidade da água, como baixa oxigenação, altas concentrações de dióxido de carbono e pH desequilibrado. Isso pode afetar negativamente o crescimento e a sobrevivência dos animais, além de aumentar o risco de doenças quando ocorre alguma contaminação (MOTA et al., 2019). Outra limitação é o uso de sistemas de filtragem e tratamento de água, que podem ser caros e requerem manutenção frequente. Além disso, esses sistemas podem não ser eficazes para remover todos os contaminantes e poluentes, o que pode aumentar o risco de doenças (BADIOLA et al., 2018).

Embora sejam evidentes algumas limitações associadas ao sistema de recirculação de água, muitos desses problemas já possuem soluções viáveis. Com relação à necessidade constante de manutenção e controle da qualidade de água, existem atualmente diversas tecnologias e profissionais qualificados que possuem a capacidade de suprir as necessidades básicas do sistema de recirculação, em diversos níveis produtivos (SANTOS, et al., 2020). Portanto, o RAS é uma tecnologia que pode oferecer ao produtor uma boa alternativa na produção de organismos aquáticos, na qual, é possível ter o controle da qualidade da água gerando um ambiente mais controlado, possibilitando cultivar espécies mais sensíveis ou de valor agregado, no entanto, também exige maior capacidade técnica para ser executado.

1.4 Tecnologia de bioflocos (BFT)

BFT é uma tecnologia de produção utilizada em sistemas de aquicultura que se baseia em criar um ambiente favorável para a proliferação de microrganismos (como bactérias, zooplânctons e fitoplânctons) que formam aglomerados (bioflocos) e têm a capacidade de consumir os resíduos orgânicos presentes na água, como excrementos e restos alimentares dos organismos cultivados (EMERENCIANO, GAXIOLA E CUZO, 2013; MUGWANYA et al., 2021). Além do nitrogênio oriundo dos excrementos e restos alimentares é importante considerar a inclusão de uma fonte de carbono para produção e manutenção dos microrganismos (EMERENCIANO et al., 2017). Isso promove uma melhoria na qualidade da água e reduz a necessidade de renovação frequente (OLIVEIRA, WASIELESKY E TESSER, 2022).

A qualidade de água em BFT ocorre devido à ação de bactérias heterotróficas que consomem amônia como fonte de nitrogênio (N), resultando na redução dos níveis de amônia na água para níveis não tóxicos (MUGWANYA et al., 2021). A concentração de nitrito também é mantida em um nível mínimo devido à atividade dos microrganismos que consomem nitrito, como as bactérias do gênero *Nitrospira* (LUO, XU E MENG, 2020). A presença de peixes no ambiente também contribui para esse equilíbrio, uma vez que eles consomem oxigênio e liberam dióxido de carbono, reduzindo o pH e favorecendo a oxidação do nitrito para nitrato, evitando, assim, a intoxicação (SOUZA et al., 2019).

As técnicas de cultivo utilizando bioflocos começaram a serem utilizadas na década de 1970 na França, mais especificamente na Polinésia Francesa, em um centro de pesquisa chamado IFREMER, localizado na ilha tropical de Taiti em colaboração com uma equipe francesa conhecida como AQUACOP, empresas multinacionais americanas aplicaram essa tecnologia em várias espécies, incluindo o camarão tigre (*Penaeus monodon*), o camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus*

vannamei) e o camarão azul (*L. stylirostris*) (MONROY-DOSTA et al., 2013). Deste então, a tecnologia de bioflocos tem se tornado uma alternativa a ser utilizada em todo o mundo, especialmente em países com alta densidade populacional e escassez de água, devido à sua eficiência na redução do uso de água e na minimização do impacto ambiental. Além disso, é uma alternativa econômica para a produção de peixes em comparação com sistemas tradicionais de aquicultura (KHANJANI, ALIZADEH & SHARIFINIA, 2022).

A BFT pode ser utilizada em diferentes escalas, desde a aquicultura caseira até grandes instalações comerciais (KUMAR et al., 2021). Também podem ser adaptados para diferentes espécies de peixes e crustáceos, com uma vasta literatura relacionada à tilápia-do-nilo (KHANJANI, SHARIFINIA & HAJIREZAEI, 2022) e camarão (EL-SAYED, 2021). De maneira geral, a tecnologia apresenta vários benefícios, sendo: (i) reduzem a necessidade de renovação de água, pois os bioflocos consomem os resíduos orgânicos presentes na água, o que economiza recursos e reduz o impacto ambiental (BOSSIER & EKASARI, 2017); (ii) os bioflocos são uma fonte adicional de alimento para os peixes e crustáceos, pois contêm altos níveis de proteína (HISANO et al., 2020); (iii) adicionalmente, a tecnologia é considerada mais econômica do que os sistemas tradicionais de aquicultura, uma vez que promove a melhoria no desempenho de crescimento (crescimento, taxa de crescimento específico e taxa de sobrevivência) das espécies criadas e como tal, esses parâmetros desempenham um papel vital na determinação dos custos de gestão da atividade (OGELLO et al., 2021).

O sistema de bioflocos tem sido amplamente estudado na literatura e tem mostrado resultados promissores no crescimento de peixes de água doce. Estudos puderam demonstrar que a BFT promoveu um melhor desempenho produtivo da

tilápia na BFT em comparação com o RAS, melhorando a conversão alimentar aparente e a eficiência protéica dos peixes. Esses resultados mostram que a conversão alimentar é melhor no sistema de bioflocos devido ao equilíbrio de nutrientes no ambiente de cultivo e à presença de bactérias que auxiliam na digestão dos alimentos pelos peixes HISANO (2021).

Ainda referente a tilápias, Ekasari et al., (2015) estudando o desempenho e robustez da larvicultura de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em sistemas baseados na tecnologia de bioflocos (BFT), relataram que a sobrevivência das larvas criadas em BFT (90-98%) foi maior do que a sobrevivência das larvas criadas em RAS (67-75%). Com relação ao desempenho do crescimento das larvas, estes autores sugerem ser mais uniforme quando as larvas foram mantidas no BFT. No entanto, o cultivo de pós-larvas no sistema BFT ainda é recente e apenas algumas espécies foram avaliadas neste sistema (OGELLO et al., 2021). Embora a maioria dos estudos com BFT são para camarão marinho e tilápia-do-Nilo, com evidências que a BFT é um sistema de produção que pode melhorar o desempenho produtivo e reprodutivo, poucos trabalhos com peixes Sul-Americanos foram realizados.

Entre as espécies nativas cultivadas em BFT, os principais resultados encontrados descrevem que este sistema proporciona melhores condições para o crescimento de juvenis de tambaqui (23-115 g) sem afetar o bem estar dos peixes quando comparados ao RAS (SANTOS et al., 2021). Ainda relacionado ao bem estar em condições ambientais e nutricionais, Pires et al., (2022) observaram que juvenis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) cultivado em BFT demonstrou adaptabilidade ao sistema mesmo quando alimentados com dietas com teores de proteína abaixo do recomendado para a espécie nesta fase. Esses resultados indicam o potencial de utilização da BFT como sistema de cultivo para peixes

redondos, e da necessidade em avançar em novos estudos. Já com relação outra espécie nativa, o Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), o BFT não proporcionou melhor desempenho produtivo para juvenis quando comparado ao SRA. Apesar de resultados positivos nestes peixes nativos, o Pintado amazônico não foi avaliado neste sistema, mas pode nesta avaliação produzir resultados importantes para o setor produtivo, principalmente considerando que a fase inicial do referido peixe é mais difícil.

Outra característica importante associada ao sistema de bioflocos é a sua influência no perfil de ácidos graxos dos peixes. Estudos mostraram que os peixes criados em sistemas de bioflocos apresentam níveis mais elevados de ácidos graxos poli-insaturados, especialmente o ácido graxo ômega-3, em comparação com os peixes criados em sistemas tradicionais de aquicultura (TOLEDO & CORR, 2016). Isso se deve à presença de bactérias aeróbias e anaeróbias nos bioflocos, que produzem ácidos graxos poli-insaturados como subproduto da degradação dos resíduos orgânicos (CRAB *et al.*, 2012). Além disso, os peixes criados em sistemas de bioflocos apresentam menores níveis de ácidos graxos saturados, que em humanos, são associados ao aumento do risco de doenças cardíacas (LUO *et al.*, 2013). Isso sugere que os peixes criados nesse sistema são uma fonte saudável de alimento (RAY, LEFFLER & BROWDY, 2019). No entanto, é importante notar que a qualidade do perfil de ácidos graxos dos peixes também depende do tipo de ração usada e da espécie de peixe. Alguns estudos mostraram que a adição de óleos vegetais e outros suplementos à ração podem aumentar ainda mais os níveis de ácidos graxos poli-insaturados nos peixes criados em sistemas de bioflocos (AYISI, ZHAO & RUIPIA, 2017).

Além da influência que a tecnologia exerce sob a concentração de ácidos graxos nos animais que compõe o sistema, estudos mostram que o uso de sistemas de bioflocos também exerce um efeito positivo na morfologia intestinal dos peixes. Em comparação com sistemas tradicionais de aquicultura, os peixes criados em sistemas de bioflocos apresentam um aumento na espessura da camada mucosa do intestino, sugerindo uma maior capacidade de absorção de nutrientes (Li *et al.*, 2022). Além disso, os peixes criados em sistemas de bioflocos apresentam uma maior quantidade de células caliciformes no intestino (HARAZ *et al.*, 2023), o que indica uma maior produção de muco, que é importante para a proteção contra patógenos. Outra vantagem do sistema de bioflocos é a presença de bactérias benéficas no intestino dos peixes, as quais ajudam a manter o equilíbrio da flora intestinal e a prevenir a colonização por patógenos (DENG *et al.*, 2021). Por fim, o uso de sistemas de bioflocos também foi associado a uma melhoria na digestão e absorção de nutrientes pelos peixes, devido à presença de enzimas digestivas produzidas pelos microorganismos presente no biofoco, que ajudam a degradar proteínas, carboidratos e lipídios (LIU *et al.*, 2018).

Estudos demonstram que para introduzir uma espécie no sistema de bioflocos é necessário envolver uma série de fatores que devem ser levados em consideração para garantir o sucesso do cultivo (MUGWANYA *et al.*, 2021). Primeiramente, é importante avaliar a adaptabilidade da espécie em questão às condições de cultivo em bioflocos. Isso inclui avaliar sua tolerância à densidade de estocagem, às variações na qualidade da água e à presença de outras espécies no mesmo ambiente (KHANJANI, SHARIFINIA E HAJIREZAEI, 2022). Além disso, é importante avaliar a capacidade da espécie de se alimentar de flocos microbianos e outros componentes do sistema de bioflocos. Também é importante considerar a

viabilidade econômica da introdução da nova espécie, levando em conta os custos de aquisição, manutenção.

2. OBJETIVO

Avaliar se o desempenho zootécnico de juvenis de Pintado amazônico (fêmea *Pseudoplatystoma spp* x macho *Leiarius marmoratus*) em sistema com a tecnologia de bioflocos (BFT) por ser melhor do que o obtido em sistema de recirculação de água (RAS).

3. REFERÊNCIAS

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

ALVES, A. L.; VARELA, E. S.; MORO, G. V.; KIRSCHNIK, L. N. G. **Riscos Genéticos da Produção de Híbridos de Peixes Nativos**. Palmas : Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 60 p. (Documentos / Embrapa Pesca e Aquicultura, ISSN 2318-1400; 3).

AYISI, C. L.; ZHAO, J.; RUPIA, E. J. Growth performance, feed utilization, body and fatty acid composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing elevated levels of palm oil. **Aquaculture and Fisheries**, v. 2, n. 2, p. 67–77, 2017.

BADIOLA, M; BASURKO, O. C.; PIEDRAHITA, R.; HUNDLEY, P.; MENDIOLA D. Aquacultural Engineering Energy use in Recirculating Aquaculture Systems (RAS): A review. **Aquacultural Engineering**, v. 81, n. November 2017, p. 57–70, 2018.

BARBOSA, O. N.; RAIZER, J.; GONDA, M. F.; SILVA, J. M. Desempenho e coeficiente intestinal de alevinos puros e híbridos de pintados em condicionamento alimentar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2621–2627, 2011.

BOSSIER, P.; EKASARI, J. Biofloc technology application in aquaculture to support sustainable development goals. **Microbial Biotechnology**, v. 10, n. 5, p. 1012–1016, 2017.

CAMPOS, J. L. O cultivo do Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*, Spix; Agassiz, 1829), outras espécies do gênero *Pseudoplatystoma* e seus híbridos. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. D. C. **Espécies nativas para piscicultura no**

Brasi. 2. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2010. p. 335–362.

CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Bio-floc technology in aquaculture : Beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, v. 356–357, p. 351–356, 2012.

DENG, Y.; KOKOU, F.; EDING, E. H.; VERDEGEM, M. C. J. Impact of early-life rearing history on gut microbiome succession and performance of Nile tilapia. **Animal Microbiome**, v. 3, n. 1, 2021.

EFFENDI, H.; WAHYUNINGSIH, S.; WARDIATNO, Y. The use of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivation wastewater for the production of romaine lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) in water recirculation system. **Applied Water Science**, v. 7, n. 6, p. 3055–3063, 2017.

EKASARI, J.; RIVANDI, D. R.; FIRDAUSI, A. P.; SURAWIDJAJA, E. H.; ZAIRIN, M. BOSSIER, P.; DE SCHRYVER, P. Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. **Aquaculture**, v. 441, p. 72–77, 2015.

EL-SAYED, A. F. M. Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. **Reviews in Aquaculture**, v. 13, n. 1, p. 676–705, 2021a.

EMERENCIANO, M. G. C.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MIRANDA-BAEZA, A. EMERENCIANO, M. G. C. A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. *In: Water Quality*. IntechOpen, 2017.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZO, G. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. *In: Biomass Now - Cultivation and Utilization*. [s.l.] InTech, 2013. v. 11p. 13.

ESPINAL, C. A.; MATULIĆ, D. Recirculating Aquaculture Technologies. *In: Aquaponics Food Production Systems*. V. 3. p. 35–76.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**. Towards Blue Transformation. Rome, FAO. 2022.

HARAZ, Y. G.; SHOURBELA, R.M.; EL-HAWARRY, W. N.; MANSOUR, A. M.; ELBLEHI, S. S. Performance of juvenile *Oreochromis niloticus* (Nile tilapia) raised in conventional and biofloc technology systems as influenced by probiotic water supplementation. **Aquaculture**, v. 566, n. July 2022, 2023.

HISANO, H.; FERRI, G. H.; CARDOSO, I. L.; FERREIRA, P. M. F. Dietary protein reduction for Nile tilapia fingerlings reared in biofloc technology. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 51, n. 2, p. 452–462, 2020.

HISANO, H.; BARBOSA, P. T. L.; ARRUDA HAYD, L.; MATTIOLI, C. C. Comparative study of growth, feed efficiency, and hematological profile of Nile tilapia fingerlings in

biofloc technology and recirculating aquaculture system. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, p. 1–8, 2021.

KHANJANI, M. H.; ALIZADEH, M.; SHARIFINIA, M. Effects of different carbon sources on water quality, biofloc quality, and the productivity of Nile tilapia reared in biofloc-based ponds. **Annals of Animal Science**, v. 22, n. 4, p. 1281–1289, 2022.

KHANJANI, M. H.; SHARIFINIA, M.; HAJIREZAEI, S. Recent progress towards the application of biofloc technology for tilapia farming. **Aquaculture**, v. 552, n. September 2021, p. 738021, 2022.

KUMAR, V.; ROY, S.; BEHERA, B. K.; SWAIN, H. S.; DAS, B. K. Biofloc Microbiome With Bioremediation and Health Benefits. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, n. November, 2021.

LI, L.; YANG, Z. Y.; QU, Z. H.; ZHU, R.; LI, D. L.; WANG, H. T.; WEI, X. F.; SHANG, G. J.; WU, L. F. Alleviative effect of biofloc technology (BFT) on extruded soybean meal (ESBM) -induced growth inhibition and intestinal barrier dysfunction in *Rhynchocypris lagowskii*. **Aquaculture**, v. 561, n. July, p. 738677, 2022.

LIU, G.; YE, Z.; LIU, D.; ZHAO, J.; SIVARAMASAMY, E.; DENG, Y.; ZHU, S. Influence of stocking density on growth, digestive enzyme activities, immune responses, antioxidant of *Oreochromis niloticus* fingerlings in biofloc systems. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 81, p. 416–422, 1 out. 2018.

LÓPEZ, T. M. M. **Reprodução induzida e desenvolvimento inicial do jundiá *Leiarius marmoratus* (Pisces: Siluridae)**. 2014. Tese (doutorado) - Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

LUO, G.; LIANG, W.; TAN, H.; YAO, C.; ZHANG, N.; LU, L. Effects of calcium and magnesium addition on the start-up of sequencing batch reactor using biofloc technology treating solid aquaculture waste. **Aquacultural Engineering**, v. 57, p. 32–37, 2013.

LUO, G.; XU, J.; MENG, H. Nitrate accumulation in biofloc aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 520, p. 734675, 2020.

MIRANDA, M. O. T. DE. **CULTIVO DE SURUBIM PINTADO (*Pseudoplatystoma corruscans*) E HÍBRIDO (*P. reticulatum* X *P. corruscans*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**. 2012. Tese (doutorado) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

MONROY-DOSTA, M. C.; LARA, R. A.; CASTRO-MEJÍA, J.; CASTRO-MEJÍA, G.; EMERENCIANO, M. G. C. Microbiology community composition and abundance associated to biofloc in tilapia aquaculture. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 48, n. 3, p. 511–520, 2013.

MOTA, V. C.; OLE, T.; GERWINS, J.; GALLO, M.; YTTEBORG, E.; BAEVERFJORD, G.; KOLAREVIC, J.; SUMMERFELT, S. T.; FYHN, B. The effects of carbon dioxide on growth performance , welfare , and health of Atlantic salmon post-smolt (*Salmo salar*) in recirculating aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 498, n. March 2018, p. 578–586, 2019.

POVH, J.A.; C. A. L. OLIVEIRA, R. P. RIBEIRO, L. SHIOTSUKI, S. A. TEXEIRA, D. C. FORNARI AND R. A. CORRÊA-FILHO. 2022. Perspectivas para o melhoramento genético de peixes nativos. Anais do 31º congresso brasileiro de zootecnia [livro eletrônico]: produtividade e conservação: o futuro da zootecnia / organização Fábio Jacobs Dias, Fábio Holder. 1. ed. São Carlos, SP.

MACIEL, H. M.; ARAÚJO, A. F.; DENTZ, B. A. V.; LIRA, K. C. S.; SIGNOR, A. A. Densidade de estocagem de peixes nativos e seus híbridos criados em tanques-rede. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, 2021.

MIRANDA, M. O. T. DE. **CULTIVO DE SURUBIM PINTADO (*Pseudoplatystoma corruscans*) E HÍBRIDO (*P. reticulatum* X *P. corruscans*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**. [s.l.] Universidade Federal de São Carlos, 2012.

MONROY-DOSTA, M. C.; LARA, R. A.; CASTRO-MEJÍA, J.; CASTRO-MEJÍA, G.; EMERENCIANO, M. G. C. Microbiology community composition and abundance associated to biofloc in tilapia aquaculture. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**, v. 48, n. 3, p. 511–520, 2013.

MOTA, V. C.; OLE, T.; GERWINS, J.; GALLO, M.; YTTEBORG, E.; BAEVERFJORD, G.; KOLAREVIC, J.; SUMMERFELT, S. T.; FYHN, B. The effects of carbon dioxide on growth performance , welfare , and health of Atlantic salmon post-smolt (*Salmo salar*) in recirculating aquaculture systems. **Aquaculture**, v. 498, n. March 2018, p. 578–586, 2019.

MUGWANYA, M.; DAWOOD, M. A.O.; KIMERA, F.; SEWILAM, H. Biofloc systems for sustainable production of economically important aquatic species: A review. **Sustainability (Switzerland)**, 2021.

OGELLO, E. O.; OUTA, N. O.; OBIERO, K. O.; KYULE, D. N.; MUNGUTI, J. M. The prospects of biofloc technology (BFT) for sustainable aquaculture development. **Scientific African**. Elsevier B.V., , 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01053>>

OLIVEIRA, L. K.; WASIELESKY, W.; TESSER, M. B. **Fish culture in biofloc technology (BFT): Insights on stocking density carbon sources, C/N ratio, fish nutrition and health****Aquaculture and Fisheries**Elsevier B.V., , 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.08.010>>PEIXE BR. Anuário 2022 Peixe BR da Piscicultura. In: **Anuario 2023**. [s.l.: s.n.]. p. 1–140.

PEREZ, I. L. B.; SANTOS, A. P. DOS; MARTINS, B. A. Maintenance Of The Butterflyfish *Chaetodon Striatus* (Perciformes: Chaetodontidae) In A Recirculation System. **Indonesian Aquaculture Journal**, v. 17, n. 1, p. 53 60, 2022.

PIRES, D. C.; BEZERRA, G. A.; WATANABE, A. L.; BUGLIONE NETO, C. C.;

BICUDO, Á. J. A.; HISANO, H. Optimal dietary protein level for pacu *Piaractus mesopotamicus* juveniles reared in biofloc system. **Aquaculture**, v. 556, n. April, p. 738274, 2022.

RAY, A. J.; LEFFLER, J. W.; BROWDY, C. L. The effects of a conventional feed versus a fish-free feed and biofloc management on the nutritional and human sensory characteristics of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture International**, v. 27, n. 1, p. 261–277, 2019.

SANTOS, R. B.; IZEL-SILVA, J.; FUGIMURA, M. M. S.; SUITA, S. M.; ONO, E. A.; AFFONSO, E. G. Growth performance and health of juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*, in a biofloc system at different stocking densities. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 8, p. 3549–3559, 2021.

SOUZA, J.; CARDOZO, A.; WASIELESKY, W.; ABREU, P. C. Does the biofloc size matter to the nitrification process in Biofloc Technology (BFT) systems? **Aquaculture**, v. 500, n. October 2018, p. 443–450, 2019.

SUANTIKA, G.; SITUMORANG, M. L.; NURFATHURAHMI, A.; TAUFIK, I.; ADITIAWATI, P.; YUSUF, N.; AULIA, R. Application of Indoor Recirculation Aquaculture System for White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Growout Super-Intensive Culture at Low Salinity Condition. **Journal of Aquaculture Research & Development**, v. 09, n. 04, 2018.

SANTOS, C. B. L.; OLIVÉ, I.; MOREIRA, M.; SILVA, A.; FREITAS, C.; ARAÚJO, R.; QUENTAL-FERREIRA, H.; MARTINS, M.; COSTA, M. M.; SILVA, J.; EMILIA, M.; SOARES, F.; POUSÃO-FERREIRA, P.; SANTOS, R. Seagrass meadows improve inflowing water quality in aquaculture ponds. **Aquaculture**, v. 528, n. October 2019, p. 735502, 2020.

TOLEDO, T. M.; SILVA, B. C.; VIEIRA, F. N.; MOURIÑO, J. L. P.; SEIFFERT, W. Q. Effects of different dietary lipid levels and fatty acids profile in the culture of white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in biofloc technology: Water quality, biofloc composition, growth and health. **Aquaculture Research**, v. 47, n. 6, p. 1841–1851, 2016.

VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES, V. P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O. Aquaculture in Brazil : past , present and future. **Aquaculture Reports**, v. 19, n. January, p. 100611, 2021.

XIAO, R.; WEI, Y.; AN, D.; LI, D.; TA, X.; WU, Y.; REN, Q. A review on the research status and development trend of equipment in water treatment processes of recirculating aquaculture systems. **Reviews in Aquaculture**, v. 11, n. 3, p. 863–895, 2019.

YTRESTØYL, T.; TAKLE, H.; KOLAREVIC, J.; CALABRESE, S.; TIMMERHAUS, G.; ROSSELAND, B. O.; TEIEN, H. C.; NILSEN, T. O.; HANDELAND, S. O.; STEFANSSON, S. O.; EBBESSON, L. O. E.; TERJESEN, B. F.; Performance and welfare of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. post-smolts in recirculating aquaculture

systems: Importance of salinity and water velocity. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 51, n. 2, p. 373–392, 2020.

YUE, K.; SHEN, Y. An overview of disruptive technologies for aquaculture. **Aquaculture and Fisheries**, v. 7, n. 2, p. 111–120, 2022.

CAPITULO 2

Desempenho produtivo do híbrido pintado amazônico na fase inicial de produção em tecnologia de bioflocos (BFT).

Resumo

O presente estudo avaliou o desempenho produtivo de juvenis de Pintado amazônico (fêmea de *Pseudoplatystoma spp* x macho *Leiarius marmoratus*) em dois sistemas de cultivo: sistema de tecnologia de bioflocos (BFT) e sistema de recirculação de água (RAS). O estudo teve delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos e quatro repetições. Cada réplica teve volume de 1000 litros e recebeu 250 alevinos pesando $0,072 \pm 0,001$ g (peso \pm dp). Os peixes foram alimentados até a saciedade aparente três vezes ao dia (8h, 13h e 18h), com seu programa de alimentação dividido em duas etapas ao longo de 28 dias: (i) Do dia 1 ao 7 os peixes receberam ração micro extrusada (3 mm e 60% de proteína bruta) e (ii) ração extrusada (0,8–1,5 mm e 45% de proteína bruta) do dia 8 ao 28. Os bioflocos coletados no BFT ao final do experimento continham aproximadamente 36,86% de proteína bruta, 1,38% de lipídeos e 34,30% de cinzas. Os sistemas de produção RAS e BFT apresentaram variáveis de qualidade da água semelhantes, embora tenham ocorrido maiores concentrações de nitrato e ortofosfato no BFT. Os resultados de desempenho mostraram maiores taxas de sobrevivência ($P < 0,05$) nos peixes produzidos na RAS (78,4%) em comparação aos produzidos na BFT (40,2%). Essas diferenças na sobrevivência provavelmente levaram a um peso final e comprimento padrão final significativamente mais elevados no BFT. Não houve diferenças significativas na biomassa final, ganho de biomassa, conversão alimentar, índice hepatossomático e índice viscerossomático entre BFT e RAS. Os peixes produzidos em BFT apresentaram maior ($P < 0,05$) composição de matéria seca, teor de lipídios e teor de cinzas, enquanto o RAS apresentou maior ($P < 0,05$) teor de proteína bruta. Em relação à morfologia intestinal, não houve diferenças significativas no diâmetro médio do tubo, altura e largura média das vilosidades, nem na espessura média da mucosa e submucosa entre os peixes produzidos em BFT e RAS. O presente estudo revelou que a técnica BFT pode ser aplicada na larvicultura de Pintado amazônico, porém estudos futuros precisam avaliar estratégias de manejo e práticas otimizadas visando melhorar as taxas de sobrevivência nas condições de BFT.

Palavras-chave: juvenil, desempenho produtivo, *Pseudoplatystoma*; *Leiarius marmoratus*, aquicultura sustentável, sistema de produção aquícola

1. Introdução

O Pintado amazônico é um peixe híbrido obtido através do cruzamento entre cachara (*Pseudoplatystoma spp.*) e bagre (*Leiarius marmoratus*). Este híbrido tem sido amplamente utilizado na aquicultura nos países da América do Sul, principalmente devido ao seu rápido crescimento, adaptação ao cultivo intensivo, tolerância a baixas concentrações de oxigênio e aceitabilidade de dieta baseada em ingredientes vegetais (PRIETO-GUEVARA et al., 2015); e também por ser um peixe onívoro, diferentemente das espécies do gênero *Pseudoplatystoma* que são carnívoros, proporcionando menor índice de canibalismo na larvicultura (ALVES et al., 2014; CAMPOS, 2010) e crescimento mais uniforme em relação aos progenitores (BARBOSA et al., 2011). Também reduz os custos com alimentação, pois sua necessidade proteica é menor que a dos peixes carnívoros, sendo este o ingrediente mais caro da dieta. Essas características tornam o Pintado amazônico um peixe mais adequado para produção em comparação às espécies de cachara pura e bagres (CREPALDI et al., 2007).

O período inicial de desenvolvimento é caracterizado pela ocorrência de maiores taxas de mortalidade e canibalismo em muitas espécies de peixes (CREPALDI et al., 2007), que podem ser minimizadas dependendo do sistema de manejo e produção adotado nesta fase do cultivo (SOARES et al., 2007). 2002). Nesse sentido, a larvicultura tem sido foco de extensas pesquisas, pois muitas vezes tem sido facilitada para garantir maior controle da produção (DEMIR & SARIGÖZ, 2016). Contudo, considerando que o sucesso da aquicultura depende do fornecimento contínuo de juvenis, é fundamental implementar na fase inicial um sistema de produção que favoreça uma maior eficiência na produção de juvenis.

Um sistema alternativo para potencializar a produção de alevinos é a tecnologia de bioflocos (BFT) (BESEN et al., 2021). O cultivo BFT consiste em um sistema altamente oxigenado e com pouca ou nenhuma troca de água, pois as condições favoráveis de cultivo são mantidas pela presença de comunidades bacterianas aeróbicas e heterotróficas, permitindo o controle da qualidade da água e favorecendo o desenvolvimento de microrganismos como fitoplâncton, bactérias, nematóides, protozoários e copépodes ciliados e flagelados (EMERENCIANO, GAXIOLA & CUZO, 2013) transformando nitrogênio em biomassa microbiana.

A principal vantagem do BFT sobre os sistemas de produção tradicionais (ex. tanque escavado; tanque-rede; e sistema de recirculação - RAS) é que a biomassa bacteriana também pode servir como fonte de alimento para peixes cultivados (FAIZULLAH ET AL., 2019; KHANJANI, SHARIFINIA & HAJIREZAEI, 2022). O BFT também pode ser utilizado no cultivo de diferentes espécies de peixes e crustáceos, em especial, há pesquisas que mostram melhora no crescimento e sobrevivência de larvas de *Rhandia quellen* (POLI, SCHVEITZER & OLIVEIRA NUÑER, 2015). Neste contexto, os peixes cresceram mais e apresentam maior eficiência alimentar do que os peixes mantidos em água limpa com acesso apenas às dietas fornecidas, resultando em melhor desempenho produtivo e menor demanda por proteína via ração em comparação com RAS (NGUYEN et al., 2021; PÉREZ-FUENTES et al., 2018). Porém, poucas pesquisas foram aplicadas em peixes neotropicais sul-americanos em BFT, mas nenhuma informação foi observada a respeito da produção de Pintado amazônico em BFT. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho produtivo de alevinos de Pintado amazônico em BFT.

2. Material e Métodos

2.1. Local de Estudo e Peixes

O estudo foi realizado no Laboratório de Reprodução e Larvicultura da Piscicultura Verde Vale no município de Ouro Preto do Oeste, Rondônia, Brasil (Latitude: 10°46'40,30"S, longitude: 62°16'50,49"W). O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA/UNIR (nº 030/2021).

Juvenis Pintado amazônico (fêmeas de *Pseudoplatystoma spp.* x machos de *Leiarius marmoratus*) foram obtidos através de reprodução induzida utilizando a metodologia de Woynarovich & Horváth (1983). Após a reprodução, as larvas foram mantidas em incubadoras por três dias e depois transportadas para sistema de recirculação de água com filtração biológica, onde foram alimentadas com náuplios de *Artemia* (13,5 a 14,5 náuplios/mL) por 15 dias. Após 15 dias, os peixes foram distribuídos em unidades experimentais.

2.2. Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos: (I) BFT e (II) RAS. Cada tratamento foi composto por quatro unidades experimentais, totalizando quatro repetições por tratamento. Cada unidade experimental foi representada por uma caixa d'água de PVC de 1 m³, e cada unidade experimental da RAS possuía filtro mecânico (rede coletora de plâncton 0,3 - 0,4 mm) e biológico (cascalho calcário 0,4 - 0,6 cm). As unidades experimentais foram oxigenadas utilizando um compressor radial (WEG/2 HP) e mangueira porosa (Aquadrop/M25).

Durante o experimento não foi realizada troca de água, entrando água apenas para repor as perdas por evaporação. As unidades experimentais foram mantidas em ambiente isolado, recebendo apenas iluminação natural durante o dia com fotoperíodo de 12h12 (claro: escuro).

No tratamento BFT, 15 dias antes do início do experimento, foram utilizados 250 L de água de um BFT previamente maturado (cultivando pirarucu - *Arapaima gigas*; características: 12 mL/L de sólidos sedimentáveis, 34,29% de matéria mineral, 36,71% de proteína bruta, 1,38% de extrato etéreo e 3.639,94 Kcal/Kg de energia bruta), sendo o volume final (650 L) completado com água limpa.

Foram utilizados 2.000 juvenis de Pintado amazônico pesando $0,072 \pm 0,001$ e medindo $1,73 \pm 0,09$ cm, na densidade de 0,25 juvenis por litro, sendo 250 juvenis por unidade experimental. O experimento teve duração de 28 dias.

2.3. Alimentação e qualidade de água

A alimentação foi realizada com ração comercial até aparente saciedade em três tratamentos diários (08h00, 13h00, 18h00). Após 10 minutos em que os peixes não buscaram alimento a refeição foi considerada terminada. O programa de alimentação foi dividido em duas etapas durante 28 dias. (I) Do dia 1 ao Dia 7 eles receberam ração microextrusadas (3 mm e 60% de proteína bruta; Bernaqua MeM Prime, Olen, Antuérpia, Bélgica) e (II) ração extrusada (0,8–1,5 mm e 45% de proteína bruta; Presense Nutripiscis Starter, Paulínia, São Paulo, Brasil) do dia 8 ao 28. Para monitorar o crescimento, foram realizadas biometrias em uma amostragem de 25 peixes de cada unidade experimental a cada sete dias, e os peixes foram devolvidos às suas unidades.

As variáveis físico-químicas: pH da água, temperatura e oxigênio dissolvido, condutividade elétrica foram monitoradas duas vezes ao dia (manhã e tarde) durante o período experimental por meio de parâmetros múltiplos (AKSO, AK88, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil). O volume de flocos foi medido diariamente em cada unidade experimental usando cone Imhof, a fim de manter os sólidos sedimentáveis entre 5 e 10 mL/L, e quando a técnica de clarificação foi aplicada (RAY et al., 2010).

Nitrogênio amoniacal total, nitrito, nitrato e ortofosfato foram medidos semanalmente por espectrofotometria. A dureza total e a alcalinidade foram medidas semanalmente por titulação (APHA, 2005). No BFT e no RAS a alcalinidade foi mantida acima de 100 mg/L CaCO₃, com adição de bicarbonato de sódio (NaHCO₃) à água do sistema (FURTADO et al., 2015) quando foram observados valores abaixo deste. A salinidade foi mantida entre 2 e 3 g/L de acordo com protocolo para manejo de peixes neotropicais (JOMORI et al., 2013). No BFT, a inclusão de carbono seguiu como referência os níveis de amônia (nitrogênio amoniacal total TAN), por ex. uma vez que a amônia excedia 1,0 mg/L dextrose foi adicionado à água até que os valores caíssem abaixo de 1,0 mg/L (TAN), conforme metodologia de Avnimelech, (1999)

2.4. Desempenho produtivo

No início do experimento 50 peixes foram pesados e medidos individualmente quanto ao comprimento padrão. Durante o experimento as biometrias foram realizadas a cada sete dias até o vigésimo oitavo dia. Antes da realização das medições, os peixes foram anestesiados com eugenol na concentração de 21 mg/L (OLIVEIRA et al., 2019).

Aos 28 dias de experimento, foram avaliados ganho de peso ($GP = \text{peso final} - \text{peso inicial}$), consumo aparente de ração ($CRA = \text{peso total inicial de ração} - \text{peso final de sobra de ração}$), conversão alimentar aparente ($CAA = CRA/GP$), taxa de crescimento específico $\{ [TCE = (\ln Pf - \ln Pi / t) * 100]$, em que $Pf = \text{peso final do peixe em gramas}$, $Pi = \text{peso inicial do peixe em gramas}$, $t = \text{tempo em dias}$ e $\ln = \text{log natural}$ }, e sobrevivência (após transformação angular) $[S = (\text{número final de peixes} / \text{número inicial de peixes}) * 100]$ foram todos avaliados.

Na biometria final, dez peixes de cada unidade experimental ($n=40$ animais por tratamento) foram anestesiados com eugenol na concentração de 100 mg L^{-1} e eutanasiados por decapitação. Posteriormente, o fígado e as vísceras foram pesados para obtenção do índice hepatossomático $[(IHS = \text{peso do fígado/peso corporal}) * 100]$ e índice viscerossomático $[(IVS = \text{peso das vísceras/peso corporal}) * 100]$, respectivamente.

2.5. Composição proximal

A composição centesimal do peixe inteiro foi analisada no dia 28, coletando-se um conjunto de amostras de dez peixes suficientes para formar 50 g do peso úmido de cada unidade experimental. Também foi coletado uma amostra composta de bioflocos das quatro unidades experimentais ao final do experimento e realizada a decantação, adaptado de Ray et al., (2010). Posteriormente, a amostra foi seca em estufa de ventilação forçada a $55 \text{ }^\circ\text{C}$. A composição centesimal dos peixes seguiu a metodologia da AOAC (2016).

2.6. Morfologia Intestinal

Nos dias 7, 14, 21 e 28 do experimento, após jejum de 12 horas, três peixes por unidade experimental foram eutanasiados (n=12 animais por tratamento). Após a eutanásia dos peixes, foi feito um corte superficial no abdômen dos espécimes para fixação em formalina tamponada a 10% (pH 7,2) por 24 horas. Os alevinos foram então transferidos para uma solução de álcool 70%. A necropsia e a retirada de cortes do fragmento do intestino anterior foram realizadas com auxílio ocasional de lupa (7, 14, 21 e 28 dias) para o estudo. A porção intestinal foi submetida a procedimento histotécnico de rotina para preparação de blocos em parafina e realização de cortes de 3 μm em micrótomo rotativo (Zeiss HYRAX M25, Alemanha).

Para a análise histométrica, as lâminas foram coradas em hematoxilina e eosina (H&E), e cinco imagens de vilosidades foram capturadas digitalmente de três espécimes por tanque experimental, totalizando 60 vilosidades por tratamento. As imagens foram obtidas com uma câmera OptiCam LOPT14003, acoplada a um microscópio de campo claro (Zeiss Primo Star), nas magnitudes 100 e 400x. Altura das vilosidades (μm); largura média das vilosidades (μm^2); a espessura da camada mucosa (μm) e a espessura da camada submucosa (μm) foram consideradas para a análise histométrica, enquanto o Motic Images Plus 2.0 foi utilizado para mensurar as análises (Figura 1).

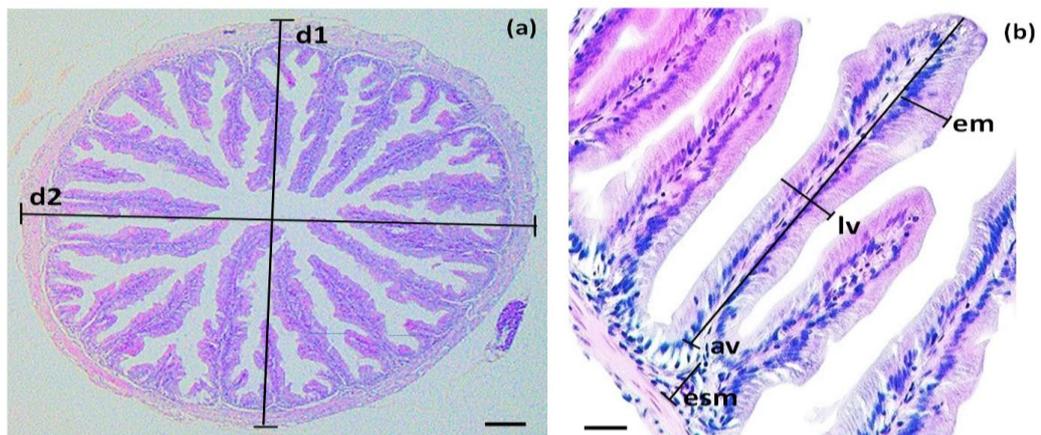


Figura 1. Corte histológico do intestino anterior de Pintado amazônico corado com HE para medidas morfométricas. a) Representação do tubo intestinal, diâmetro 1 (d1) e diâmetro 2 (d2). Escala de barra = 200 μm . b) Medidas lineares para altura das vilosidades (av), largura das vilosidades (lv), espessura da mucosa (em), espessura da submucosa (esm). Barra de escala = 50 μm

2.7. Análises estatísticas

Todas as variáveis dependentes foram analisadas com testes de normalidade de Shapiro-Wilk e Levene para homogeneidade de variâncias. Dependendo do resultado do teste de Levene, as variáveis dependentes foram analisadas por meio de teste t de Student bilateral para variâncias homogêneas ou teste t de Student para variâncias heterogêneas. O teste de normalidade de Shapiro-Wilk foi não significativo ($P > 0,05$) para todas as variáveis dependentes e o teste de Levene foi significativo apenas ($P < 0,05$) para a variável Índice Vicerossômico. A variável sobrevivência foi submetida à transformação angular. Todas as análises foram realizadas utilizando o Sistema de Análise Estatística (SAS, 2002) seguindo as recomendações de (ZAR, 2010).

3. Resultadoss

3.1. Qualidade de água

As variáveis de qualidade da água não diferiram significativamente no BFT em relação ao RAS, exceto nitrato e ortofosfato, cujas concentrações foram maiores ($p < 0,05$) no BFT. O volume de sólidos suspensos no BFT variou de 3 ml/L no início do experimento a 10 ml/L no final (média de $6,44 \pm 1,31$) (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de qualidade da água de juvenis de Pintado amazônico (*Pseudoplatystoma spp* x *Leiarius marmoratus*) em sistema de recirculação

de água (RAS) e tecnologia de bioflocos (BFT). Médias \pm desvio padrão (mínimo e máximo).

Parametro	RAS	BFT	CV ⁽¹⁾	Valor p ⁽²⁾
Temperatura - manhã (°C)	27,30 \pm 0,69	27,29 \pm 0,72	0,13	0,83
	(26,1 – 29,0)	(26,0 – 29,0)		
Temperatura - tarde (°C)	27,6 \pm 0,58	27,59 \pm 0,59	0,12	0,57
	(26,5 – 29,2)	(26,5 – 29,3)		
OD - manhã (mg/L)	7,33 \pm 0,28	7,27 \pm 0,26	0,48	0,06
	(6,5 – 8,3)	(5,9 – 7,8)		
OD – tarde (mg/L)	7,09 \pm 0,29	7,11 \pm 0,27	0,98	0,56
	(6 – 7,6)	(6,4 – 7,8)		
pH – manhã	8,48 \pm 0,07	8,48 \pm 0,08	0,20	0,96
	(8,35 – 8,75)	(8,35 – 8,71)		
pH – tarde	8,44 \pm 0,12	8,43 \pm 0,1	0,25	0,93
	(8,17 – 8,74)	(8,08 – 8,68)		
Condutividade elétrica - manhã (mS/cm)	6,17 \pm 0,36	6,21 \pm 0,28	1,09	0,57
	(5,13 – 7,19)	(5,59 – 6,77)		
Condutividade elétrica - tarde (mS/cm)	6,21 \pm 0,48	6,26 \pm 0,39	1,47	0,57
	(4,54 – 7,26)	(5,15 – 7,25)		
Salinidade (g/L)	3,46 \pm 0,22	3,48 \pm 0,22	1,07	0,30
	(2,92 – 4,17)	(2,97 – 4,09)		
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	-	6,44 \pm 1,31 (3 - 10)	-	-
Alcalinidade - CaCO ₃ (mg/L)	180,64 \pm 40,13	183,14 \pm 50,77	22,33	0,93
	(125 – 262,5)	(137,5 – 293,8)		
Ortofodfato (mg /L)	1,33 \pm 0,71	2,4 \pm 1,3	8,52	0,001
	(0,37 – 3,07)	(0,21 – 4,23)		
Nitrogênio ammoniacal total (mg/L)	0,11 \pm 0,06	0,12 \pm 0,05	28,68	0,94

	(0,03 – 0,24)	(0,03 – 0,22)		
Nitrito (mg/L)	0,02 ± 0,008 (0,01 – 0,05)	0,03 ± 0,01 (0,01 – 0,04)	15,77	0,88
Nitrato (mg/L)	3,48 ± 1,21 (1,89 – 5,52)	4,21 ± 1,33 (2,03 – 7,24)	10,86	0,04

(1) CV – Coeficiente de variação

(2) *p* -value - Student 's t-test ($P < 0.05$).

3.2. Desempenho produtivo

O comprimento padrão do Pintado amazônico não diferiu significativamente quando produzido em BFT e RAS por 7 dias. Porém, aos 14, 21 e 28 dias, o pintado amazônico apresentou maior ($P < 0,05$) comprimento padrão no BFT.

O peso dos peixes produzidos no BFT foi significativamente maior ($P < 0,05$) que o dos peixes RAS em todos os períodos de avaliação (7, 14, 21 e 28 dias) (Tabela 2). A diferença entre os tratamentos aumentou de 1,1 vezes após sete dias para 1,6 vezes após 14 dias, 1,9 vezes após 21 dias e 1,8 vezes após 28 dias (Tabela 2; Figura 2).

Table 2. Desempenho de juvenis de Pintado amazônico (*Pseudoplatystoma* spp x *Leiarius marmoratus*) criados em sistema de recirculação de água (RAS) e sistema de tecnologia de bioflocos (BFT) após 28 dias de produção.

Variáveis	RAS	BFT	CV ⁽¹⁾	Valor <i>p</i> ⁽²⁾
Peso inicial (g)		0,072	-	-
Comprimento padrão inicial (cm)		1,73	-	-
Comprimento padrão final (cm)	6,26	7,69	4,67	0,0008

Peso final (g)	3,56	6,30	8,32	0,0003
Sobrevivência (%) ⁽³⁾	78,4	40,2	11,9	0,0017
Biomassa final (g)	681,24	632,11	8,75	0,2723
Ganho em biomassa (g)	663,32	614,19	8,99	0,2723
Conversão alimentar aparente	0,55	0,60	9,24	0,2560
Índice hepatossomático ⁽⁴⁾	3,09	2,52	25,22	0,2963
Índice Vicerossomatico	12,56	9,36	21,86	0,1076

(3) CV – coeficiente de variação

(4) p -value - Student 's t-test ($P < 0.05$).

(5) Valores de sobrevivência apresentados em porcentagem (%) após a transformação inversa da transformação angular.

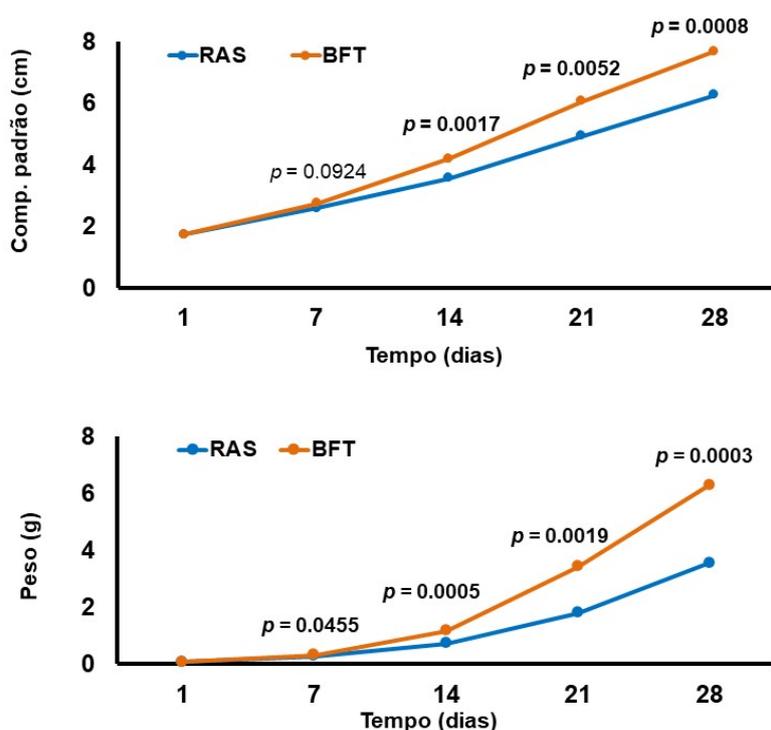


Figure 2. Evolução do comprimento e peso padrão do Pintado amazônico (*Pseudoplatystoma spp x Leiarius marmoratus*) em sistema de recirculação de água (RAS) e sistema de tecnologia de bioflocos (BFT) nos dias 7, 14, 21 e 28 de produção.

A sobrevivência foi significativamente maior ($P < 0,05$) nos peixes produzidos em RAS (78,4%) em comparação com aqueles produzidos em BFT (40,2%). Durante a

biometria final foram observados casos de canibalismo durante o manejo dos peixes. A biomassa final, o ganho de biomassa, a conversão alimentar, o índice hepatossomático e o índice viscerossomático não apresentaram diferenças significativas entre os peixes BFT e RAS ($P>0,05$).

A composição aproximada da matéria seca, o teor de proteína bruta e os níveis de lipídios foram maiores ($P<0,05$) nos peixes RAS, enquanto o teor de cinzas foi maior ($P<0,05$) nos peixes BFT (Tabela 3). O bioflocos coletado no BFT apresentaram 36,86% de proteína bruta, 1,38% de lipídios e 34,30% de cinzas.

Table 3. Composição centesimal da carcaça de juvenis de Pintado amazônico (*Pseudoplatystoma spp x Leiarius marmoratus*) criada em sistema de recirculação e água (RAS) e sistema de tecnologia de bioflocos (BFT) após 28 dias de produção.

Variables	RAS	BFT	CV ⁽¹⁾	Valor - p ⁽²⁾
Matéria seca (%)	84,76	85,51	0,22	0,0014
Matéria mineral	9,62	11,19	1,76	0,0001
Proteína bruta	64,65	63,72	0,78	0,04
Extrato etéreo	19,26	20,06	1,99	0,02

(1) CV – Coeficiente de variação

(2) p -value - Student 's t-test ($P<0.05$).

3.3. Morfometria Intestinal

O diâmetro médio do tubo, a altura e a largura média das vilosidades não diferiram significativamente entre os peixes produzidos em BFT e RAS. Da mesma forma, a espessura média da mucosa e submucosa não diferiu significativamente entre os grupos (Tabela 4).

Table 4. Morfometria intestinal do Pintado amazônico (*Pseudoplatystoma spp x Leiarius marmoratus*) criado em sistema de recirculação de água (RAS) e sistema de tecnologia de bioflocos (BFT): medidas de diâmetro médio do tubo (DMT), altura média das vilosidades (AV), largura média das vilosidades (LMV), espessura média (EM) e espessura média da submucosa (ESM) aos 7, 14, 21 e 28 dias.

Variáveis	Time	RAS	BFT	CV ⁽¹⁾	Value - p ⁽²⁾
Diâmetro médio do tubo (µm)	7	725,15	624,58	16,14	0,240
	14	738,6	673,6	21,38	0,565
	21	859,50	934,20	16,92	0,512
	28	1280,30	1335,9	15,51	0,712
Altura média do vilo (µm)	7	153,43	135,33	14,28	0,259
	14	181,83	168,85	14,38	0,494
	21	218,13	237,35	21,42	0,598
	28	284,08	309,45	7,96	0,180
Largura média do vilo (µm)	7	42,15	41,73	13,54	0,919
	14	49,28	49,20	11,49	0,986
	21	49,18	48,40	13,17	0,870
	28	62,95	66,00	10,07	0,531
Espessura média da mucosa (µm)	7	16,70	16,95	15,29	0,895
	14	15,68	16,95	8,38	0,235
	21	16,43	15,80	20,83	0,801
	28	25,25	22,05	11,38	0,144
Espessura média da sub mucosa (µm)	7	6,05	4,97	22,41	0,265
	14	5,20	4,60	31,05	0,631
	21	4,30	5,35	26,90	0,296
	28	9,65	8,15	14,89	0,160

(1) CV – Coeficiente de variação.

(2) p-value Student 's t-test (P<0.05).

4. Discussão

O desempenho produtivo do Pintado amazônico na fase inicial quando a grando de peso e crescimento foi melhorado no cultivo BFT comparado ao cultivo RAS tradicional, e os índices hepatossomático e viscerossomático e as morfologias intestinais não foram comprometidos. Porém, como a taxa de sobrevivência também foi reduzida é necessário ajustar a metodologia de produção utilizando BFT na fase inicial de crescimento do Pintado amazônico, seja controlando determinadas variáveis ou mesmo controlando a uniformidade durante o cultivo, o que poderia evitar casos de canibalismo.

Os peixes cultivados com BFT apresentaram maior peso em todas as biometrias avaliadas (7, 14, 21 e 28 dias) e maior comprimento padrão a partir de 14 dias, indicando que o BFT foi um meio aceitável para produção de peixes com bom desempenho produtivo. Estudos com Pintado amazônico não foram observados nesta fase e sim em estudos comparativos com outras espécies.

O teor total de nitrogênio amoniacal e nitrito estava em níveis semelhantes para ambos os sistemas de produção e em níveis seguros para o cultivo de peixes. As concentrações de ortofosfato e nitrato foram maiores para o RAS porque a água não foi renovada na cultura e os menores valores observados no RAS se devem ao maior volume útil do sistema, considerando também o volume do filtro. Todos os demais parâmetros de qualidade da água foram semelhantes entre os dois sistemas e permaneceram dentro dos valores recomendados para o cultivo de peixes tropicais em sistema tradicional de troca de água, RAS (BOYD & TUCKER 1998) ou BFT (EMERENCIANO et al., 2017).

O maior desempenho produtivo do Pintado amazônico na fase inicial em BFT, evidenciado a partir da primeira biometria para peso e a partir de 14 dias de cultivo para comprimento padrão, indica que este sistema foi adequado para o referido peixe e fase de produção. De acordo com esse resultado, melhor desempenho produtivo em BFT foi observado para *Rhamdia quelen* (peso final 88,6 mg, 200 sólidos suspensos totais) (POLI, SCHVEITZER E OLIVEIRA NUÑER, 2015); e *Clarias gariepinus* (peso inicial de 9,68 g variando entre 508 e 570 ml/L de sólidos suspensos totais) (ROMANO et al., 2018). Entretanto, resultados piores em BFT foram observados para *Brycon orbignyanus* (peso inicial 35,45 g; 4,29 mL/L de sólidos sedimentáveis (SGNAULIN et al., 2018) e *Mugil cephalus* (0,65 g; 360 SST de sólidos sedimentáveis) (VINATEA et al., 2018). Alguns estudos não mostraram diferença significativa quando peixes foram produzidos com BFT, como *Clarias gariepinus* (DAUDA et al., 2018). Essas diferenças podem estar relacionadas a (i) características inerentes à espécie, como a capacidade de utilizar os microrganismos que a compõem o biofilme como fonte de alimento (AVNIMELECH, 1999; Cole, 1982; EMERENCIANO et al., 2011); (ii) diferentes condições de produção em BFT (por exemplo, o volume de sólidos sedimentáveis); (iii) qualidade da água distinta e/ou adequada para a espécie; e (iv) características do floco microbiano que podem variar de acordo com a fonte de carbono utilizada no sistema (KHANJANI, ALIZADEH E SHARIFINIA, 2022).

A conversão alimentar semelhante entre os tratamentos indica que a suplementação de BFT como fonte alimentar contínua não afetou o aspecto quantitativo. Porém, considerando que o peso e o comprimento finais foram maiores nos peixes produzidos em BFT, sugere que houve efeito nos aspectos qualitativos do BFT. A menor conversão alimentar ocorreu provavelmente porque o BFT poderia

servir como alimento complementar para peixes. Porém, esses valores também foram encontrados no RAS, indicando que ambos os tratamentos obtiveram a mesma eficiência com a utilização de ração exógena. A conversão alimentar aparente menor que 1 é corroborada por outras pesquisas em estágio inicial para o bagre (*Clarias gariepinus*) tanto em BFT quanto em RAS, onde foi observado CAA de 0,72 e 0,97, respectivamente (FAUJI, BUDIARDI E EKASARI, 2018). Além disso, quando avaliados sob diferentes densidades de estocagem em bioflocos, foi encontrado CAA entre 0,89 e 1,15 para a mesma espécie (PUSPITA E SARI, 2018). Esses resultados corroboram com estudos realizados com truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), indicando que para cada grama de proteína retida, o peixe retém aproximadamente quatro gramas de água (DUMAS et al., 2007).

Uma hipótese para a baixa taxa de sobrevivência do Pintado amazônico em BFT é que a alimentação até a saciedade aparente três vezes ao dia não foi suficiente para atender plenamente as necessidades nutricionais dos peixes. Além disso, a interrupção do fornecimento de Artemia, realizada após 15 dias (prática habitualmente utilizada em pisciculturas), pode ter potencializado o efeito do canibalismo. Bars et al. (2011) demonstraram que o canibalismo de *Pseudoplatystoma punctifer* pode ser mitigado durante os primeiros estágios da vida ao aumentar a frequência de alimentação para 6–7 refeições de náuplios de Artemia por dia, portanto esta hipótese também pode ser avaliada.

No BFT, os peixes consomem bioflocos (constantemente disponíveis no sistema) para complementar sua dieta, o que pode ter favorecido o desempenho produtivo em termos de ganho de peso e comprimento, mas sem reduzir a mortalidade. Neste sentido, talvez para este peixe (e outros com comportamento

alimentar semelhante) uma alternativa de ajuste para uma maior concentração de sólidos sedimentáveis; mas isso exigiria pesquisas que avaliassem diferentes concentrações de sólidos no desempenho produtivo e na sobrevivência, o que poderia permitir um aumento na quantidade de bioflocos constantemente disponíveis para os peixes. O consumo de bioflocos pelos peixes está relacionado a diversos fatores, incluindo o tamanho e densidade do floco e o tamanho do peixe (CRAB et al., 2012).

A variação do tamanho dos peixes ficou evidente para o Pintado amazônico, o que resulta no crescimento desigual desses animais e favorece o comportamento canibal (ONWUTEAKA E ONYINYE PRINCE, 2015). Embora o Pintado amazônico não seja considerado um peixe carnívoro com espécies puras do gênero *Pseudopatystoma*, uma classificação dos peixes por tamanho tem sido comumente aplicada no setor produtivo nesta fase a fim de maximizar a sobrevivência e proporcionar ao setor produtivo maior uniformidade de alevinos. Portanto, uma alternativa que poderia ser aplicada para aumentar a sobrevivência seria a classificação por tamanho durante do período aplicado nesta pesquisa; e neste sentido são necessárias pesquisas que corroborem esta hipótese.

Pelo exposto, talvez o maior desempenho produtivo dos peixes no BFT tenha influenciado na menor sobrevivência dos peixes neste sistema de produção devido à variação de tamanho, sendo necessária neste caso uma classificação por tamanho em período anterior à avaliação (>28 dias). A menor taxa de sobrevivência dos peixes no BFT (40,2%) em comparação ao RAS (78,4%) corrobora com estudos de outras espécies de peixes. Por exemplo, Vinatea et al., (2018), identificaram taxas

de sobrevivência mais elevadas em *Mugil cephalus* e *Tinca tinca* cultivadas em RAS quando comparadas com BFT. No entanto, Popoola et al., (2021) observaram maiores taxas de sobrevivência de *Clarias gariepinus* em BFT quando comparado a um tratamento controle. O alto desempenho no BFT foi associado à capacidade do bioflocos em fornecer reforço nutricional e imunológico aos peixes.

Pelo exposto, talvez o maior desempenho produtivo dos peixes no BFT tenha influenciado na menor sobrevivência dos peixes neste sistema de produção devido à variação de tamanho, sendo necessária neste caso uma classificação por tamanho em período anterior à avaliação (>28 dias). A menor taxa de sobrevivência dos peixes no BFT (40,2%) em comparação ao RAS (78,4%) corrobora com estudos de outras espécies de peixes. Por exemplo, Vinatea et al., (2018), identificaram taxas de sobrevivência mais elevadas em *Mugil cephalus* e *Tinca tinca* cultivadas em RAS quando comparadas com BFT. No entanto, Popoola et al., (2021) observaram maiores taxas de sobrevivência de *Clarias gariepinus* em BFT quando comparado a um tratamento controle. O alto desempenho no BFT foi associado à capacidade do bioflocos em fornecer reforço nutricional e imunológico aos peixes.

A maior taxa de alimentação (de 0 a 4 a 8 a 10%) do bagre (*Clarias gariepinus*) também aumentou o desempenho produtivo e diminuiu a sobrevivência, o que Al-Hafedh e Ali (2004) sugerem que pode ser devido ao canibalismo, o que corrobora com o que foi observado no presente estudo. Isso indica que o maior desempenho produtivo também pode estar associado ao crescimento mais desigual do lote, principalmente à ausência de melhoramento genético aplicado. Nestas circunstâncias, uma alternativa a este controle, seria a biometria e a classificação por tamanho mais frequentes, pelo que é necessário, portanto, determinar o

momento mais adequado para o mesmo. É interessante notar que, diferentemente do presente estudo, os autores também observaram piora na conversão alimentar.

Os resultados deste estudo podem sugerir que o manejo alimentar influenciou o desempenho zootécnico do Pintado amazônico, juntamente com o sistema de cultivo. Além disso, os resultados indicam que o canibalismo varia significativamente ao longo do tempo (AL-HAFEDH E ALI, 2004), o que não foi detectável neste experimento, pois só avaliou a sobrevivência após 28 dias de cultivo. Esse comportamento se acentua com a heterogeneidade do lote, pois ao avaliar o canibalismo em juvenis do híbrido *Heterobranchus longifilis* x *Clarias gariepinus*, observou-se que indivíduos com peso e comprimento, respectivamente, 2,95 e 1,47 vezes maiores que a média, deveriam ser considerados canibais e devem ser separados do lote para melhorar a sobrevivência (UMANAH, 2021). Esta separação, que é uma prática comum nas pisciculturas comerciais, deve continuar até que a diferença de tamanho entre os peixes maiores e os mais pequenos seja reduzida abaixo destes limites, a fim de suprimir o canibalismo. Em outro estudo, embora tenha havido maior mortalidade associada ao aumento da densidade no BFT, o número final de peixes ainda foi maior nas maiores densidades do BFT do que no tratamento sem adição de nenhuma fonte de carbono (FAUJI, BUDIARDI E EKASARI, 2018).

Quando *Carassius auratus* foi cultivado em bioflocos, melhor crescimento e sobrevivência das larvas e aumento na densidade de estocagem reduziram o crescimento larval, mas resultaram em maior biomassa (BESEN et al., 2021). No presente estudo, onde a densidade inicial foi de 0,25 alevinos por litro, as maiores taxas de sobrevivência foram encontradas no RAS (78,4%), o que, embora não

significativamente superior ao BFT (40,2%), corrobora com os outros estudos que também avaliaram a biomassa final entre os tratamentos, que no presente estudo foi maior no RAS (681,24 g) do que no BFT (632,11 g).

A utilização da densidade de 0,25 alevinos por litro pode estar diretamente ligada à redução da taxa de sobrevivência em ambos os tratamentos. É importante ressaltar que, segundo Inoue et al (2009), a densidade adequada para alevinos de 2 a 3 cm está entre três e quatro alevinos por litro. No presente estudo, os alevinos iniciaram com tamanho menor ($1,73 \pm 0,09$ cm), o que sugere que uma densidade ainda maior poderia ser utilizada, corroborando a afirmação de que altas densidades de lotação resultam em melhores índices de desempenho (MACIEL et al., 2021). A redução do desempenho em baixas densidades pode estar associada ao surgimento de classes hierárquicas, dominantes e subordinadas, com os dominantes monopolizando as zonas de alimentação, diferenciando o crescimento entre essas duas classes (MACLEAN E METCALFE, 2001). Este efeito pode ser ainda mais prejudicial em espécies onde ocorre o canibalismo, onde as classes dominantes podem canibalizar os subordinados. Embora o BFT não tenha demonstrado reduzir o canibalismo, o cultivo de Pintado amazônico em BFT precisa ser avaliado sob diferentes fatores, como densidade, taxas de alimentação e volume de flocos. Isso porque o BFT poderia contribuir para a redução do canibalismo, uma vez que a larvicultura desses peixes apresenta melhores resultados quando realizada em ambientes turvos e com baixa intensidade luminosa (BEHR et al., 1999).

O cultivo do Pintado amazônico em BFT aumentou os teores de matéria mineral, lipídios totais e matéria seca na carcaça, quando comparado ao SRA, enquanto o teor de proteína bruta foi maior na carcaça dos peixes cultivados em

SRA. Resultado semelhante para proteína também foi observado por (KIM et al., 2020) quando avaliou alevinos de tilápia em BFT e SRA. Contudo, os resultados demonstram com mais frequência que ocorre aumento do conteúdo proteico e lipídico em peixes cultivados em BFT quando comparados a SRA (LONG et al., 2015; ZAFAR, TALHA & RANA, 2022). A maior assimilação de lipídios pode estar associada ao fato do BFT também contribuir para a fração de lipídios (1,38% neste estudo) que, uma vez consumida pelo peixe, reflete na sua composição corporal.

Embora efeitos semelhantes não tenham sido encontrados no presente estudo, o BFT pode ter um efeito positivo na morfologia intestinal dos peixes. Em comparação com os sistemas tradicionais de aquicultura, os peixes criados em sistemas de bioflocos apresentaram aumento do espessamento da camada mucosa intestinal, sugerindo maior capacidade de absorção de nutrientes (LI et al., 2022). Além disso, peixes criados em sistemas de bioflocos apresentam maior quantidade de células calciformes no intestino (HARAZ et al., 2023), o que indica maior produção de muco, importante para proteção contra patógenos. Outra vantagem do sistema de bioflocos é a presença de bactérias benéficas no intestino dos peixes, o que ajuda a manter o equilíbrio da flora intestinal e evita a colonização por patógenos (LI et al., 2022).

Finalmente, o uso de sistemas de bioflocos também tem sido associado à melhoria da digestão e absorção de nutrientes nos peixes. Isso pode ser devido à presença de enzimas digestivas produzidas por microrganismos que compõem o biofoco, que auxiliam na quebra de proteínas, carboidratos e lipídios (LIU et al., 2018). Esses resultados podem estar relacionados ao efeito positivo que os bioflocos exercem na imunidade e sobrevivência dos peixes, considerando a

presença de compostos imunoestimulantes para bactérias e seus produtos (CRAB et al., 2009). No presente estudo esses resultados foram evidenciados no melhor desempenho dos peixes cultivados em BFT. Porém, os valores da morfometria intestinal, diferentemente do esperado, não apresentaram efeito significativo entre os tratamentos, o que pode ser explicado pelo seguinte: (i) o tempo de avaliação não foi suficiente; (ii) o manejo alimentar (frequência e/ou taxa de alimentação) não foi adequado para BFT; (iii) ajustes na concentração de sólidos sedimentáveis; e (iv) necessidade de classificação por tamanho antes do período de avaliação experimental (> 28 dias de cultivo).

É notável a capacidade do BFT em influenciar o desempenho zootécnico do Pintado amazônico, pois pode aumentar seu crescimento e ganho de peso. Novos estudos são necessários para avaliar quais variáveis do BFT interferem na sobrevivência para viabilizar o uso desta tecnologia na fase de larvicultura do Pintado amazônico.

5. Considerações finais

A baixa sobrevivência na BFT indica que há necessidade de melhorias na gestão da qualidade da água, por exemplo: (i) avaliar níveis adequados de sólidos; e (ii) concentração de alcalinidade. Alta concentração de bicarbonato de sódio para manter a alcalinidade >100mg/L pode impactar a concentração iônica da água com equilíbrio inadequado. Além disso, (iii) o microbioma da água e o perfil bacteriano adequado também podem ter impactado os resultados;

O desempenho zootécnico do pintado amazônico na BFT indica para a possibilidade de utilização dos flocos microbianos como fonte alimentar pelos peixes. No entanto,

é necessário realizar estudos avaliando outros regimes alimentares de modo a obter maior controle da dieta ingerida;

A menor densidade de peixes na BFT pode ter afetado a taxa de sobrevivência, o que, por sua vez, pode ter levado ao aumento do peso e comprimento dos peixes nesse tratamento, devido à redução do número de peixes por tanque e, assim, proporcionando maior disponibilidade de alimento para cada indivíduo. Desta forma, é necessária a realização de estudos para determinar a melhor densidade estocagem de juvenis de pintado amazônico em BFT.

Em conclusão, o presente estudo revelou que a BFT pode ser aplicada na fase inicial de cultivo de pintado amazônico, porém estudos futuros precisam avaliar estratégias de manejo como: densidade, regime alimentar e características do BFT com o objetivo de melhorar as taxas de sobrevivência em condições de BFT.

7. References

AL-HAFEDH, Y. S.; ALI, S. A. Effects of feeding on survival, cannibalism, growth and feed conversion of African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell) in concrete tanks. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 20, n. 3, p. 225–227, 2004.

ALVES, A. L.; VARELA, E. S.; MORO, G. V.; KIRSCHNIK, L. N. G. **Riscos genéticos da produção de híbridos de peixes nativos**. Palmas : Embrapa Pesca e Aquicultura, 2014. 60 p. : il. color. (Documentos / Embrapa Pesca e Aquicultura, ISSN 2318-1400; 3).

BARBOSA, O. N.; RAIZER, J.; GONDA, M. F.; SILVA, J. M. Desempenho e coeficiente intestinal de alevinos puros e híbridos de pintados em condicionamento alimentar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2621–2627, 2011.

BESEN, K. P.; DA CUNHA, L.; DELZIOVO, F.R.; MELIM, E. W. H.; CIPRIANI, L. A.; GOMES, R.; SKORONSKI, E.; FABREGAT, T. EL H. P. Goldfish (*Carassius auratus*) larviculture in biofloc systems: Level of *Artemia* nauplii, stocking density and concentration of the bioflocs. **Aquaculture**, v. 540, n. February, p. 736738, 2021.

BOYD, C. E., AND C. S. TUCKER. 1998. **Pond aquaculture water quality management**. Boston: Kluwer Academic Publishers

CAMPOS, J. L. O cultivo do Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*, Spix; Agassiz, 1829), outras espécies do gênero *Pseudoplatystoma* e seus híbridos. *In*: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. D. C. (Ed.). . **Espécies nativas para piscicultura no Brasi**. 2a ed ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2010. p. 335–362.

COLE, J. J. Interactions between bacteria and algae in aquatic ecosystems. **Annual review of ecology and systematics**. V. 13, p. 291–314, 1982.

CRAB, R. *et al*. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. **Aquacultural Engineering**, v. 40, n. 3, p. 105–112, 2009.

CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Bio-floc technology in aquaculture : Beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, v. 356–357, p. 351–356, 2012.

CREPALDI, D. V.; FARIA, P. M. C.; TEIXEIRA, E. A.; RIBEIRO, L. P.; P, Â. A.; MELO, D. C.; CINTRA, A. P. R.; PRADO, S. A.; COSTA, F. A. A.; DRUMOND, M. L.; LOPES, V. E.; MORAES, V. E. O surubim na aquacultura do Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, V. 30. p. 150–158, 2007.

DAUDA, A. B.; ROMANO, N.; EBRAHIMI, M.; TEH, J. C.; AJADI, A.; CHONG, C. M.; KARIM, M.; NATRAH, I.; KAMARUDIN, M. Influence of carbon/nitrogen ratios on biofloc production and biochemical composition and subsequent effects on the growth, physiological status and disease resistance of African catfish (*Clarias gariepinus*) cultured in glycerol-based biofloc systems. **Aquaculture**, v. 483, n. August 2017, p. 120–130, 2018.

DEMIR, O.; SARIGÖZ, S. Development of a Feeding Program for Early Larval Stage of Goldfish (*Carassius auratus*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 16, n. 4, p. 953–959, 2016.

DUMAS, A. L.; CORNELIS, F.M.; FRANCE, J.; BUREAU, D. P. Quantitative description of body composition and rates of nutrient deposition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 273, n. 1, p. 165–181, 2007.

EL-SAYED, A. F. M. Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. **Reviews in Aquaculture**, v. 13, n. 1, p. 676–705, 2021.

EMERENCIANO, M.; BALLESTER, E. L. C.; CAVALLI, R. O.; WASIELESKY, W. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance , floc composition and salinity stress. **Aquaculture International**. p. 891–901, 2011.

EMERENCIANO, M. G. C.; MARTÍNEZ-CÓRDOVA, L. R.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MIRANDA-BAEZA, A. EMERENCIANO, M. G. C. *et al*. Biofloc Technology (BFT):

A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. In: **Water Quality**, 18 jan. 2017.

EMERENCIANO, M.; GAXIOLA, G.; CUZO, G. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. In: **Biomass Now - Cultivation and Utilization**. [s.l.] InTech, 2013. v. 11p. 13.

FAIZULLAH, M.; RAJAGOPALSAMY, C.; AHILAN, B.; DANIEL, N. Application of biofloc technology (BFT) in the aquaculture system. ~ **204 ~ Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 7, n. 4, p. 204–212, 2019.

FAUJI, H.; BUDIARDI, T.; EKASARI, J. Growth performance and robustness of African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) in biofloc-based nursery production with different stocking densities. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 3, p. 1339–1346, 1 mar. 2018.

HARAZ, Y. G.; SHOURBELA, R.M.; EL-HAWARRY, W. N.; MANSOUR, A. M.; ELBLEHI, S. S. Performance of juvenile *Oreochromis niloticus* (Nile tilapia) raised in conventional and biofloc technology systems as influenced by probiotic water supplementation. **Aquaculture**. v. 566, n. July 2022, 2023.

INOUE, L. A. K. A.; HISANO, H.; ISHIKAWA, M. M.; ROTTA, M. A.; SENHORINI, J. A. **Princípios Básicos para Produção de Alevinos de Surubins (Pintado e Cachara)**. Dourados. Embrapa. 2009: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/783899/1/DOC100.pdf>>. (acesso: 07 de agosto de 2023).

JOMORI, R. K.; LUZ, R. K.; TAKATA, R.; PEREZ FABREGAT, T. E. H.; PORTELLA, M. C. Água Levemente Salinizada Aumenta a Eficiência Da Larvicultura De Peixes Neotropicais. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 809–815, 2013.

KHANJANI, M. H.; ALIZADEH, M.; SHARIFINIA, M. Effects of different carbon sources on water quality, biofloc quality, and the productivity of Nile tilapia reared in biofloc-based ponds. **Annals of Animal Science**, v. 22, n. 4, p. 1281–1289, 2022.

KHANJANI, M. H.; SHARIFINIA, M.; HAJIREZAEI, S. Recent progress towards the application of biofloc technology for tilapia farming. **Aquaculture**, v. 552, n. September 2021, p. 738021, 2022.

KIM, K.; HUR, J. W.; KIM, S.; JUNG, J. Y.; HAN, H. S. Biological wastewater treatment: Comparison of heterotrophs (BFT) with autotrophs (ABFT) in aquaculture systems. **Bioresource Technology**, v. 296, n. October 2019, p. 122293, 2020.

LI, L.; YANG, Z. Y.; QU, Z. H.; ZHU, R.; LI, D. L.; WANG, H. T.; WEI, X. F.; SHANG, G. J.; WU, L. F. Alleviative effect of biofloc technology (BFT) on extruded soybean meal (ESBM) -induced growth inhibition and intestinal barrier dysfunction in *Rhynchocypris lagowskii*. **Aquaculture**, v. 561, n. July, p. 738677, 2022.

LIU, G.; YE, Z.; LIU, D.; ZHAO, J.; SIVARAMASAMY, E.; DENG, Y.; ZHU, S. Influence of stocking density on growth, digestive enzyme activities, immune responses, antioxidant of *Oreochromis niloticus* fingerlings in biofloc systems. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 81, n. July, p. 416–422, 2018.

LONG, L.; YANG, J.; LI, Y.; GUAN, C.; WU, F. LONG, L. *et al.* Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 448, p. 135–141, 2015.

MACIEL, H. M.; ARAÚJO, A. F.; DENTZ, B. A. V.; LIRA, K. C. S.; SIGNOR, A. A. Densidade de estocagem de peixes nativos e seus híbridos criados em tanques-rede. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, 2021.

MACLEAN, A.; METCALFE, N. B. Social status, access to food, and compensatory growth in the juvenile Atlantic salmon. **Journal of Fish Biology**, Malden, v. 58, n. 5, p. 1331-1346, 2001.

NGUYEN, H. Y. N.; TRINH, T. L.; BARUAH, K.; LUNDH, T.; KIESSLING, A. Growth and feed utilisation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed different protein levels in a clear-water or biofloc-RAS system. **Aquaculture**, v. 536, n. October 2020, 2021.

OLIVEIRA, C. P. B.; LEMOS, C. H. P.; VIDAL, L. V. O.; COUTO, R. D.; PEREIRA, D. S. P.; COPATTI, C. E. Anaesthesia with eugenol in hybrid Amazon catfish (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*) handling: Biochemical and haematological responses. **Aquaculture**, v. 501, n. April 2018, p. 255–259, 2019.

ONWUTEAKA, J.; ONYINYE PRINCE, C. Cannibalism of Juvenile Catfish (*Clarias Gariepinus Burchell*). **IOSR Journal of Environmental Science Toxicology and Food Technology Ver. I**, v. 9, n. 2, p. 2319–2399, 2015.

PÉREZ-FUENTES, J. A.; PÉREZ-ROSTRO, C. I.; HERNÁNDEZ-VERGARA, M. P.; MONROY-DOSTA, M. C. Variation of the bacterial composition of biofloc and the intestine of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, cultivated using biofloc technology, supplied different feed rations. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 11, p. 3658–3668, 2018.

POLI, M. A.; SCHVEITZER, R.; OLIVEIRA NUÑER, A. P. DE. The use of biofloc technology in a South American catfish (*Rhamdia quelen*) hatchery: Effect of suspended solids in the performance of larvae. **Aquacultural Engineering**, v. 66, p. 17–21, 2015.

POPOOLA, O. M.; OGUNTADE, S. T.; ADEBAYO, O. T. Growth performance and immunological response of african catfish (*Clarias gariepinus*) juveniles reared in biofloc system. **Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics**, v. 122, n. 1, p. 137–145, 2021.

PRIETO-GUEVARA, M. J.; SILVA, R. F.; COSTA, L. S.; PEREIRA, R. T.; ROSA, P. V. Effect of fixed feeding time on growth , body composition , and hepatic histology of hybrid catfish (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *Leiarius marmoratus*) fed with

carbohydrates and lipids ratios. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, vol.28, n.1, pp.83-92. 2015.

PUSPITA, E. V.; SARI, R. P. EFFECT OF DIFFERENT STOCKING DENSITY TO GROWTH RATE OF CATFISH (*Clarias gariepinus*, Burch) CULTURED IN BIOFLOC AND NITROBACTER MEDIA. **AQUASAINS**, v. 6, n. 2, p. 583, 17 mar. 2018.

RAY, A. J.; LEWIS, B. L.; BROWDY, C. L.; LEFFLER, J. W. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. **Aquaculture**, v. 299, n. 1–4, p. 89–98, 2010.

SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM User's guide. Cary: SAS Institute, 2002. 525p. (Version 9.00)

SGNAULIN, T.; DE MELLO, G. L.; THOMAS, M. C.; GARCIA, J. R. E.; OCA, G. A. R. M.; EMERENCIANO, M. G. C. Biofloc technology (BFT): An alternative aquaculture system for piraicanjuba *Brycon orbignyanus*? **Aquaculture**, v. 485, p. 119–123, 2 fev. 2018.

UMANA, S. I. Morphometric basis of cannibalism in African catfish *Heterobranchus longifilis* x *Clarias gariepinus* hybrid fingerlings / juveniles Morphometric basis of cannibalism in African catfish *Heterobranchus longifilis* x *Clarias gariepinus* hybrid fingerlings / juv. **Journal of Wetlands and Waste Management**, n. December 2019.

VINATEA, L.; MALPARTIDA, J.; CARBÓ, R.; ANDREE, K. B.; GISBERT, E.; ESTÉVEZ, A. A comparison of recirculation aquaculture systems versus biofloc technology culture system for on-growing of fry of *Tinca tinca* (*Cyprinidae*) and fry of grey *Mugil cephalus* (*Mugilidae*). **Aquaculture**, v. 482, n. September 2017, p. 155–161, 2018.

ZAFAR, M. A.; TALHA, M. A.; RANA, M. M. Effect of biofloc technology on growth performance, digestive enzyme activity, proximate composition, and hematological parameters of Asian stinging catfish (*Heteropneustes fossilis*). **Journal of Applied Aquaculture**, v. 34, n. 3, p. 755–773, 2022.

ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. 5 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 2010. 944 p.