



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

LAURA ANDRADE DE MOURA

Caracterização espermática de lambari (*Astyanax lacustris*) mantidos em sistema de recirculação (RAS) e bioflocos (BFT).

Serra Talhada/PE

2026

LAURA ANDRADE DE MOURA

Caracterização espermática de lambari (*Astyanax lacustris*) mantidos em sistema de recirculação (RAS) e bioflocos (BFT).

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Nivaldo Ferreira do Nascimento.

Coorientador:

Serra Talhada/PE

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Danilo Trindade Barbosa – CRB-4 002285/O

M929c Moura, Laura Andrade de.

Caracterização espermática de lambari (*Astyanax lacustris*) mantidos em sistema de recirculação (RAS) e bioflocos (BFT) / Laura Andrade de Moura. – Serra Talhada, 2026.

39 f.

Orientador(a): Nivaldo Ferreira do Nascimento.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica Serra Talhada - UAST, Bacharelado em Ciências Biológicas, Serra Talhada, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Lambari (Peixe). 2. Aquicultura. 3. Peixes - Reprodução. 4. Bioflocos I. Nascimento, Nivaldo Ferreira do, orient. II. Título

CDD 574

LAURA ANDRADE DE MOURA

Caracterização espermática de lambari (*Astyanax lacustris*) mantidos em sistema de recirculação (RAS) e bioflocos (BFT).

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado em: _17_/_07_/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nivaldo Ferreira do Nascimento (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Mr. Eng. de Pesca Wik Maik Santos Barros (Examinador Externo)
Universidade Federal do Rio Grande

Mr. Eng. de Pesca Daniel Vasconcelos da Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal do Ceará

Dedico esta monografia a todos que
tornaram essa caminhada mais leve e
pela confiança em mim depositados.

AGRADECIMENTOS

Toda conquista carrega um pouco do esforço daqueles que nos acompanham durante nossa jornada. A conclusão desse trabalho representa muito mais do que um encerramento de um ciclo, representa também o meu crescimento pessoal e profissional, marcados por aprendizados e desafios.

Primeiramente, agradeço a Deus, por nunca ter me desamparado. Foi ele que me concedeu força, coragem e perseverança para continuar em todos os momentos. A minha mãe, Lucilene Andrade pelo incentivo, apoio e todo amor, a minha maior inspiração de força e determinação, ao meu pai Raimundo Francisco, pela compreensão e incentivo, a pessoa que mais me ensinou sobre a importância do trabalho árduo e aos meus irmãos Larissa e Raniedson por acreditarem que eu conseguiria vencer mais uma etapa da minha vida. Sou grata a minha cunhada Sabrina pelas conversas esclarecedoras e pela motivação.

Ao meu orientador Nivaldo Ferreira, pela confiança, conhecimentos passados, pela orientação e principalmente por acreditar no meu potencial. E ao meu coorientador, Gabriel Pereira, pela dedicação, disponibilidade e empenho no meu TCC. Ao Núcleo de Biotecnologia e Reprodução (NUBIOR), agradeço por ter sido muito mais do que um laboratório, foi um lugar de descobertas e ensinamentos. Agradeço aos colegas de laboratório pelas trocas de conhecimentos.

Agradeço às minhas amigas Sara, Renata e Islay que estiveram comigo nessa parte da minha vida que foi muito importante, compartilhando risadas, desabafos e sobretudo pelos ensinamentos que serão levados para o resto de nossas vidas. A Wik, Daniel e Andressa meu carinho e minha gratidão pela amizade e apoio que fizeram toda diferença, vocês me fizeram entender que sempre há espaço para novos encontros e histórias.

A Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), meus mais sinceros agradecimentos pela oportunidade. Agradeço a todos que contribuíram para que essa conquista fosse possível.

O professor é, naturalmente, um artista, mas ser um artista não significa que ele ou ela consiga formar o perfil, possa moldar os alunos. O que um educador faz no ensino é tornar possível que os estudantes se tornem eles mesmos (Freire; Horton, 2003).

“Os livros não são feitos para que alguém acredite neles, mas para serem submetidos à investigação. Quando consideramos um livro, não devemos perguntar o que diz, mas o que significa” (Eco, 1986).

RESUMO

O lambari *Astyanax lacustris* é uma espécie nativa de interesse para a aquicultura, e a qualidade espermática de seus reprodutores é determinante para a reprodução em cativeiro. Este trabalho avaliou a motilidade e a concentração espermática de machos de *A. lacustris* mantidos em sistema de recirculação (RAS) e em sistema de bioflocos (BFT), além do efeito de diferentes águas de ativação. O estudo foi conduzido em duas fases, com indução por extrato bruto de hipófise de carpa e coleta de sêmen por massagem abdominal. A motilidade foi estimada de forma subjetiva entre 10 e 50 segundos após a ativação; a concentração foi determinada em câmara de Neubauer; e as trajetórias (progressiva, não progressiva e estática) foram analisadas com os softwares VirtualDub e ImageJ. Os dados foram comparados por teste t e ANOVA ($p < 0,05$). Na motilidade, o BFT superou o RAS nos tempos iniciais, com diferença em todos os tempos na primeira avaliação e apenas aos 10 segundos na segunda. A concentração não diferiu entre os sistemas na primeira fase, mas foi maior no BFT em uma das coletas da segunda fase ($P = 0,038$); a distribuição das trajetórias não diferiu entre os sistemas. Conclui-se que o BFT favorece a motilidade espermática inicial do lambari, com potencial para a reprodução intensiva, sendo necessários estudos com amostras maiores para confirmar os efeitos sobre a concentração.

Palavras-chave: lambari; motilidade espermática; bioflocos; recirculação aquícola.

ABSTRACT

The yellowtail tetra *Astyanax lacustris* is a native species of interest to aquaculture, and the sperm quality of its breeders is decisive for captive reproduction. This study evaluated sperm motility and concentration of male *A. lacustris* kept in a recirculating aquaculture system (RAS) and in a biofloc system (BFT), as well as the effect of different activation waters. The work was carried out in two phases, with induction by crude carp pituitary extract and semen collection by abdominal massage. Motility was subjectively estimated between 10 and 50 seconds after activation; concentration was determined in a Neubauer chamber; and trajectories (progressive, non-progressive and static) were analyzed with VirtualDub and ImageJ. Data were compared using Student's t test and ANOVA ($p < 0.05$). For motility, BFT outperformed RAS at the initial times, with differences at all times in the first assessment and only at 10 seconds in the second. Concentration did not differ between systems in the first phase but was higher in BFT in one of the second-phase collections ($P = 0.038$); trajectory distribution did not differ between systems. We conclude that BFT favors the initial sperm motility of lambari, with potential for intensive reproduction, and larger samples are needed to confirm the effects on concentration.

Keywords: lambari; sperm motility; biofloc; recirculating aquaculture system.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico 1 – Motilidade espermática de *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos em diferentes momentos de análise após ativação dos gametas com água destilada (10s, 20s, 30s, 40s e 50s). Análises realizadas em 08/04/2025. 25

Gráfico 2 – Motilidade espermática de *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos em diferentes momentos após ativação dos gametas com água destilada (10s, 20s, 30s, 40s e 50s). Análises de 21/04/2025. 25

Gráfico 3 – Concentração espermática em *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos. Análises de 08/04/2025 e 21/04/2025. 26

Gráfico 4 – Trajetória dos espermatozoides de *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos (progressivo, não progressivo e estático). 26

Gráfico 5 – Motilidade espermática em *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos analisados aos 10s, 20s, 30s, 40s e 50s após-ativação com diferentes águas (Controle, RAS e BFT). 27

Gráfico 6 – Motilidade espermática em *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos analisados aos 10s, 20s, 30s, 40s e 50s após-ativação com diferentes águas (Controle, RAS e BFT). 28

Gráfico 7 – Motilidade espermática em *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos analisados (progressivo, não progressivo e estático). Análise realizada em 21/11/2025. 30

Gráfico 8 – Motilidade espermática em *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos analisados (progressivo, não progressivo e estático). Análise realizada em 04/03/2026. 30

Gráfico 9 – Concentração espermática de *Astyanax lacustris* em sistema de recirculação e bioflocos na segunda fase do estudo. Coletas de 21/11/2025 e 04/03/2026. 31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BFT Sistema de bioflocos

EBHC Extrato bruto de hipófise de carpa

FSH Hormônio folículo estimulante

GnRH Hormônio liberador de gonadotrofinas

LH Hormônio luteinizante

RAS Sistema de recirculação aquícola

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Técnicas de indução hormonal e sua padronização para peixes nativos.....	16
2.2 Relação dos parâmetros físico-químicos da água com a qualidade espermática.....	17
2.3 Influência da nutrição na qualidade espermática.....	18
3 METODOLOGIA.....	20
3.1 Local do estudo.....	20
3.2 Procedimentos.....	20
3.2.1 Peixes utilizados nos experimentos.....	20
3.2.2 Indução hormonal.....	20
3.2.3 Coleta do sêmen.....	21
3.2.4 Ativação dos espermatozoides com diferentes águas.....	21
3.2.5 Análise da motilidade espermática.....	22
3.2.6 Concentração espermática.....	22
3.2.7 Contagem e classificação dos espermatozoides.....	22
3.3 Análise estatística.....	23
4 RESULTADOS.....	24
4.1 Primeira parte.....	24
4.2 Segunda parte.....	26
4.3 Análise da motilidade (progressivo, não progressivo e estático).....	29
5 DISCUSSÃO.....	32
6 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

Astyanax lacustris, popularmente conhecido como lambari ou piaba-do-rabo-amarelo, pertence à família Characidae e é uma espécie nativa amplamente distribuída no estado de Pernambuco (Schleger *et al.*, 2024). Este peixe apresenta corpo pequeno, coloração prateada, nadadeiras amareladas e morfologia alongada (França *et al.*, 2024). Em peixes, a coloração corporal cumpre papel relevante na camuflagem frente a predadores no ambiente aquático (Kelley *et al.*, 2017).

O cultivo de lambari contribui significativamente para a economia brasileira, além de valorizar o cultivo de espécies nativas. Onde a produção de peixes nativos, ainda assim, a produção de peixes nativos chegou a 257.070 t em 2025 (Peixe-Br, 2026), já a produção de lambari chegou a aproximadamente 1000 t (Valenti *et al.*, 2021). A principal forma de comercialização dessa espécie é como isca viva, mas também como aperitivo no consumo humano (Fonseca *et al.*, 2022, 2017; Valenti *et al.*, 2021). De acordo com o levantamento da Associação Brasileira da Piscicultura, o lambari é produzido em mais de 23 mil propriedades de piscicultura (Peixe-Br, 2020), isso se deve a determinadas características como o dimorfismo sexual, alta fecundidade e a maturação sexual em cativo (Brambila-Souza *et al.*, 2019; Gonçalves *et al.*, 2014).

Nos últimos anos, o lambari tem se consolidado como espécie modelo em diversos estudos científicos, abrangendo áreas como reprodução artificial (Yasui *et al.*, 2015), indução de triploidia (Adamov *et al.*, 2017), biologia reprodutiva (Siqueira-Silva *et al.*, 2017) e fisiologia (Branco *et al.*, 2019). Essa popularidade se deve, em parte, à sua elevada capacidade reprodutiva (Abimorad e Castellani, 2011), que favorece sua adaptação a sistemas intensivos de cultivo, como os sistemas de recirculação (RAS) e bioflocos (BFT).

Os sistemas de cultivo tradicionais mais utilizados (tanques-rede e viveiros escavados) apresentam determinadas limitações como baixa densidade de estocagem, ocasionada geralmente pela dependência da produção natural de alimento (Zaniboni-Filho, 1997). Além disso, esses sistemas contribuem para o processo de eutrofização de corpos d'água, pois lançam enormes concentrações de insumos provenientes da piscicultura, provocando alterações físicas e químicas e resultando na mortalidade dos peixes (Beveridge *et al.*, 1991; Talbot e Hole, 1994),

visto que utilizam alta quantidade de água. Em contrapartida, há os sistemas sustentáveis (RAS e BFT), que são fechados e nos quais ocorre a reutilização da água por processos microbiológicos.

O sistema de recirculação aquícola (RAS) é considerado uma alternativa sustentável, pois opera em circuito fechado, permitindo o reaproveitamento e a purificação contínua da água, o que reduz a necessidade de renovação frequente (Timmons e Ebeling, 2010). Além disso, o RAS possibilita a produção ao longo de todo o ano e reduz os riscos ambientais, impedindo a fuga de espécies cultivadas para o meio natural, sejam elas nativas ou exóticas (Sousa *et al.*, 2020; Medina *et al.*, 2021; Santos *et al.*, 2021).

Por sua vez, o sistema de bioflocos (BFT) utiliza o princípio da reciclagem de compostos nitrogenados, promovida pela adição de fontes de carbono, para gerar biomassa microbiana – os chamados flocos (Fóes, Gaona e Poersch, 2012). Esses flocos, após a maturação do sistema, tornam-se uma fonte de alimento natural para os peixes cultivados, representando uma vantagem adicional em relação ao RAS, que não gera alimento diretamente.

Entre os principais indicadores da viabilidade reprodutiva em peixes, destacam-se a motilidade e a concentração espermática, parâmetros essenciais para garantir a fertilização, uma vez que determinam a capacidade de deslocamento dos espermatozoides até os ovócitos no meio aquático (Merino *et al.*, 2022). Esses parâmetros podem ser influenciados por diversos fatores, especialmente pelas condições ambientais dos sistemas de cultivo, sendo relevante investigá-los em contextos de produção intensiva como o RAS e o BFT.

A alimentação dos peixes tem papel importante na reprodução, pois contribui para o desenvolvimento das gônadas e dos gametas (Navarro e Navarro, 2012; Crab *et al.*, 2012). Nesse sentido, o sistema de bioflocos possui os flocos, um alimento que fornece nutrientes (lipídios, proteínas, carboidratos) e auxilia na produção de gametas e no bem-estar animal. Já o sistema de recirculação permite um maior controle das variações do ambiente aquático (Timmons e Ebeling, 2010), que podem afetar a reprodução. Parâmetros como temperatura, oxigênio, pH, amônia, nitrito e nitrato influenciam na qualidade da água. Esses fatores estão diretamente ligados à sobrevivência dos reprodutores, ao crescimento, à produção de gametas e ao manejo dos peixes (Leira *et al.*, 2017), principalmente tratando-se

de espécies reofílicas, que necessitam de determinadas condições ambientais para se reproduzir.

Desta forma, objetivamos avaliar a qualidade espermática de machos de lambari (*A. lacustris*) mantidos em sistemas de recirculação (RAS) e bioflocos (BFT), verificando a motilidade e a concentração espermática nos dois sistemas, bem como o efeito de diferentes águas de ativação (água destilada, água do sistema RAS e água do sistema BFT) sobre a motilidade espermática.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Técnicas de indução hormonal e sua padronização para peixes nativos

Para que a piscicultura se expandisse no Brasil e no mundo foi necessário o desenvolvimento do pacote de tecnologias voltadas para o cultivo de espécies reofílicas, dentre essas, está a indução hormonal. No desenvolvimento de técnicas o Brasil se destaca pelo aperfeiçoamento de protocolos que garantisse o sucesso reprodutivo dessas espécies. No entanto, se tratando de espécies reofílicas que habitam águas correntes é essencial que haja certos estímulos externos como migração reprodutiva para que ocorram a maturação final das gônadas (Andrade e Yasui, 2003). Em sistemas de cultivo fechados como o RAS e BFT, esses estímulos não acontecem, o que dificulta a ovulação e a espermiacção, nas fêmeas e nos machos, impedindo a produção de alevinos (Nunes *et al.*, 2018).

Entretanto, atualmente existem induções hormonais que são capazes de desencadear estímulos na hipófise ou nas gônadas. Se tratando de estímulos na hipófise são utilizados substâncias como é o caso dos análogos de GnRH (hormônio liberador de gonadotrofinas), inibindo dopamina, domperidona, pimizida e metoclopramida (Andrade e Yasui, 2003). O GnRH vai atuar estimulando a hipófise a liberar hormônios luteinizantes (LH) e folículo estimulante (FSH), onde o FSH vai agir no estágio inicial da gametogênese nas fêmeas e nos machos na espermatogênese. Enquanto o LH vai atuar nas etapas finais, maturação dos gametas, ocorrendo ovulação nas fêmeas e nos machos a espermiacção (Sallum, 1999; Hafez, 2004; Zaniboni-Filho & Weingartner, 2007).

Ainda assim, o mais utilizado em laboratórios na indução continua sendo o extrato bruto de hipófise de carpa (EBHC), processo chamado de hipofisação. O EBHC, ao contrário dos análogos de GnRH, vai atuar nas gônadas fornecendo diretamente essas gonadotrofinas exógenas, favorecendo a maturação final dos gametas, promovendo a ovulação e a espermiacção, sem que haja intervenções na produção inicial dos mesmos (Órfão, 2013). A hipofisação funciona como um atalho do processo natural, onde a ovulação nos peixes é regulada pelos hormônios gonadotrópicos do animal, sendo produzidos e armazenados pela hipófise e logo após liberado na corrente sanguínea (Silva, 2019). No entanto, na hipofisação, o hormônio gonadotrópico é retirado da hipófise de um peixe doador e injetado no

receptor, e posteriormente ocorre a maturação final e ovulação nas fêmeas (Woynarovich; Horváth, 1983) e a espermiacção nos machos. Além disso, as induções podem auxiliar no aumento da produção seminal, antecipar ou restringir o período reprodutivo, permitindo a reprodução de alevinos em determinados períodos (Venturieri e Bernardino, 1999).

2.2 Relação dos parâmetros físico-químicos da água com a qualidade espermática

Um dos elementos mais relevantes e difíceis é o monitoramento da qualidade de água na aquicultura, que exige condições específicas para a criação de organismos aquáticos, sendo necessário o manejo efetivo (Macedo e Sipaúba-Tavares, 2010). Na piscicultura existem determinados parâmetros que irão impactar diretamente na qualidade de vida dos reprodutores e conseqüentemente no seu desenvolvimento. Dentre esses estão a temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia, nitrito, nitrato e alcalinidade.

A temperatura exerce um papel crucial nas atividade metabólicas dos peixes, sendo esses animais ectotérmicos, sobretudo os encontrados em regiões mais quentes, onde os mesmos são comumente mais ativos (Valandro, 2023). A temperatura da água é importante, pois os peixes regulam sua temperatura de acordo com a mesma, sendo que cada espécie possui uma temperatura ótima, onde conseguem se desenvolver melhor (Leira *et al.*, 2017). Além disso, é muito importante o monitoramento da temperatura, pois ela exerce grande influência sobre o desenvolvimento das atividades dos peixes, como a maturação gonadal, fertilização, desenvolvimento embrionário, entre outros estágios (Pankhurst e Munday, 2011).

Quando ocorre variações muito altas de temperatura pode ocasionar o choque térmico, provocando mortalidade não apenas nos peixes, mas também nos gametas, larvas e alevinos (Leira *et al.*, 2017), além disso, pode levar a deformidades. Tendo em vista que a temperatura desempenha papel importante na qualidade espermática, o controle da faixa térmica ideal para a espécie, ajuda na eficiência da hipofiseação, otimizando respostas aos protocolos de indução hormonal. Enquanto temperaturas inadequadas podem refletir na motilidade causando uma redução na mesma (Dadras *et al.*, 2017).

A temperatura influencia também na concentração do oxigênio na água, quanto maior a temperatura, menor a concentração do mesmo. O oxigênio é um gás extremamente importante, principalmente no meio aquático, por isso é um parâmetro decisivo para os peixes, pois pode causar atraso no crescimento, redução no consumo alimentar, aumento de doenças e mortalidade por asfixia (Leira *et al.*, 2017), resultando em um déficit na produção dos sistemas da piscicultura. A concentração irregular de oxigênio nas águas, prejudica o metabolismo dos seres vivos que dependem dele (aeróbicos), sendo essencial a quantificação nos processos ecológicos do ambiente aquático (Wetzel, 2001).

O responsável por determinar a concentração do pH na água é a quantidade de ácidos e bases presentes na água. O pH é um dos determinantes que afetam o desenvolvimento dos peixes, sendo que grande parte das espécies de peixes vivem melhor na faixa entre 6-9, além disso variações muito altas ou baixas de pH podem levar à mortalidade dos mesmos, principalmente pela dificuldade em estabelecer o equilíbrio osmótico ao nível das brânquias (Leira *et al.*, 2017). O pH possui influência sobre a qualidade espermática, onde pH baixo pode afetar a motilidade e a viabilidade do semên (Nynca *et al.*, 2012), além disso, quando os espermatozoides entra em contato com meio muito ácido, pode acarretar em danos irreversíveis aos espermatozoides (Peñaranda *et al.*, 2010; Santiso *et al.*, 2012), isso mostra a importância do meio de ativação desses gametas, principalmente em sistemas de cultivo. Dessa forma, diferentes águas de ativação, com diferentes características pode proporcionar diferentes resultados

2.3 Influência da nutrição na qualidade espermática

A alimentação dos reprodutores é um fator importante, pois vai impactar diretamente na qualidade dos gametas, influenciando a reprodução e o desenvolvimento larval. O aperfeiçoamento da nutrição pode contribuir de forma significativa na produção e na qualidade dos animais, além de favorecer a produtividade na piscicultura (Gama, 2024). Os principais nutrientes envolvidos na produção de hormônios sexuais e que contribui para o desenvolvimento das gónadas são os carboidratos, lipídios e principalmente as proteínas. Esses nutrientes desempenha papel fundamental na gametogênese ao fornecendo energia e precursores metabólicos, além de aminoácidos essenciais, contribuindo para a

maturação gonadal e para formação de gametas de alta qualidade (Gama, 2024; Honji *et al.*, 2020).

O sistema BFT é composto por comunidades de microrganismos que compõem os flocos, onde as bactérias são responsáveis pela conversão da amônia em nitrito e posteriormente em nitrato. O BFT conseqüentemente vai reduzir a necessidade de trocas de água, permitindo assim, uma menor perda de bactérias benéficas ao sistema, ocorrendo a conversão da matéria orgânica e minimizando a perda de nutrientes importantes, aumenta a qualidade da água (Abakari *et al.*, 2022; Khanjani *et al.*, 2022). Portanto, se trata de um sistema sustentável responsável por manter a qualidade da água em um longo período e pela disponibilidade de alimentação.

3 METODOLOGIA

3.1 Local do estudo

O experimento foi dividido em duas fases, sendo a primeira nos dias 08/04/2025 e 21/04/2025 e a segunda nos dias 21/11/2025 e 04/03/2026, sendo realizadas no Laboratório de Biotecnologia e Reprodução (NUBIOR), na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), na cidade de Serra Talhada, Pernambuco, Brasil. O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UFRPE (protocolo CEUA nº 5765091123).

3.2 Procedimentos

3.2.1 Peixes utilizados nos experimentos

Os peixes utilizados nos experimentos foram coletados no açude Saco, no IPA (Instituto Agrônomo de Pernambuco). Após biometria (peso e comprimento padrão), os peixes foram distribuídos nos sistemas RAS e BFT, tendo densidade de estocagem inicial de 100 peixes por caixa, com aeração e aquecedores individuais. Os peixes do sistema RAS foram alimentados com ração comercial com 32% de proteína até a saciedade aparente, na fase inicial os peixes do sistema BFT também foram alimentados com ração comercial até se adaptarem ao sistema.

3.2.2 Indução hormonal

A primeira fase dos experimentos foram realizados nos dias 08 e 21 de abril de 2025. Em cada data, foram avaliados 10 peixes, sendo 5 mantidos no sistema de bioflocos (BFT) e 5 no sistema de recirculação (RAS), totalizando 20 indivíduos ao longo do estudo. A segunda fase foi realizada nos dias 21 de novembro de 2025 e 04 de março de 2026. Em cada data, foram selecionados 6 peixes, sendo 3 do sistema de recirculação (RAS) e 3 do sistema de bioflocos (BFT); considerando as duas datas, totalizaram-se 12 peixes nessa segunda fase. As datas foram escolhidas de acordo com o período reprodutivo dessa espécie, com temperaturas mais elevadas.

Os machos de lambari foram selecionados com base na presença de espículas na nadadeira anal, característicos da maturação sexual. Em seguida, os animais foram anestesiados com Eugenol (100 mg/L) até que o peixe mostrasse perda de equilíbrio, sendo submetidos à indução hormonal com extrato de hipófise de carpa. Para o preparo do hormônio, 2 mg de hipófise foram macerados em cadinho, diluídos em 5 mL de soro fisiológico, e administrados por via intraperitoneal em dose única de 0,1 mL por peixe.

3.2.3 Coleta do sêmen

Cinco horas após a indução hormonal, os peixes foram novamente anestesiados com solução de Eugenol (10%), onde houve o acompanhamento de horas-grau (135 HG) para a realização da coleta de sêmen. O sêmen foi obtido por massagem céfalo-caudal na região abdominal dos reprodutores, induzindo sua liberação pelo poro urogenital, em seguida com o auxílio de uma pipeta de 1000 µL, o sêmen foi coletado e imediatamente transferido para microtubos Eppendorf contendo 1000 µL de solução de Ringer (NaCl 128,3 mM, KCl 23,6 mM, CaCl₂ 3,6 mM, MgCl₂ 2,1 mM), com o objetivo de imobilizar os espermatozoides. Em seguida, uma alíquota de 1 µL foi depositada em lâminas histológicas previamente tratadas com soro fisiológico e solução de albumina bovina (BSA), a fim de evitar a adesão das células. Na primeira fase a ativação dos gametas foi realizada apenas com adição de 19 µL de água destilada, e a motilidade espermática foi analisada em microscópio óptico acoplado a uma câmera (*Nikon Digital Sight 1000*), com registro em vídeo para posterior análise.

3.2.4 Ativação dos espermatozoides com diferentes águas

Nessa segunda fase, os peixes selecionados em cada data (3 do sistema RAS e 3 do sistema BFT), identificados pela presença da espícula na nadadeira anal, foram induzidos com hipófise de carpa. Cinco horas após a indução, o sêmen foi coletado com o auxílio de uma pipeta e ativado com diferentes tipos de água: água destilada (controle), água do sistema RAS e água do sistema BFT, a fim de avaliar o efeito da água de cada sistema sobre a ativação dos gametas masculinos

3.2.5 Análise da motilidade espermática

Após a gravação dos vídeos, a análise da motilidade espermática foi realizada de forma subjetiva por um avaliador treinado, por meio da observação direta das imagens. A avaliação consistiu em estimar, visualmente, a porcentagem de espermatozoides móveis nos tempos de 10, 20, 30, 40 e 50 segundos após a ativação, visto que os espermatozoides perdem a motilidade com o passar do tempo. Os resultados foram expressos em valores percentuais (%).

3.2.6 Concentração espermática

Em seguida, o sêmen coletado foi diluído na proporção de 1 μL para 100 μL da solução de Ringer, utilizando-se microtubos Eppendorf e pipeta automática para a manipulação. Após a diluição, uma alíquota de 19 μL foi transferida para a câmara hematómetrérica de Neubauer e levada ao microscópio óptico para a realização da contagem espermática. As contagens foram realizadas nos cinco quadrantes da câmara (os quatro cantos e o quadrante central). Com base nesses dados, foi estimada a concentração total de espermatozoides considerando os 25 quadrantes da grade, e os resultados foram processados com auxílio do *software Microsoft Excel*.

3.2.7 Contagem e classificação dos espermatozoides

Além da análise subjetiva realizada 10 segundos após a ativação, foi feito um recorte dos vídeos nesse mesmo tempo utilizando o *software VirtualDub*. A partir desse recorte, foram capturadas sequências de 100 imagens, que serviram como base para a análise das trajetórias dos espermatozoides. Essas imagens foram organizadas em uma pasta e processadas no *software ImageJ*, permitindo a reconstrução das trajetórias. Em seguida, foi selecionada uma área retangular no canto superior esquerdo da imagem para a contagem e classificação dos espermatozoides, que foram categorizados em três tipos: progressivos (movimento em linha reta), não progressivos (movimento em curva) e estáticos. A contagem foi realizada com base em um total de 100 espermatozoides.

3.3 Análise estatística

Os dados obtidos foram expressos como média $\pm$ erro padrão da média (EP) e analisados estatisticamente por meio do teste T de Student e ANOVA, adotando-se um nível de significância de 5% ($P < 0,05$), com o auxílio do *software Statistica*, versão 10.0 (StatSoft, EUA).

4 RESULTADOS

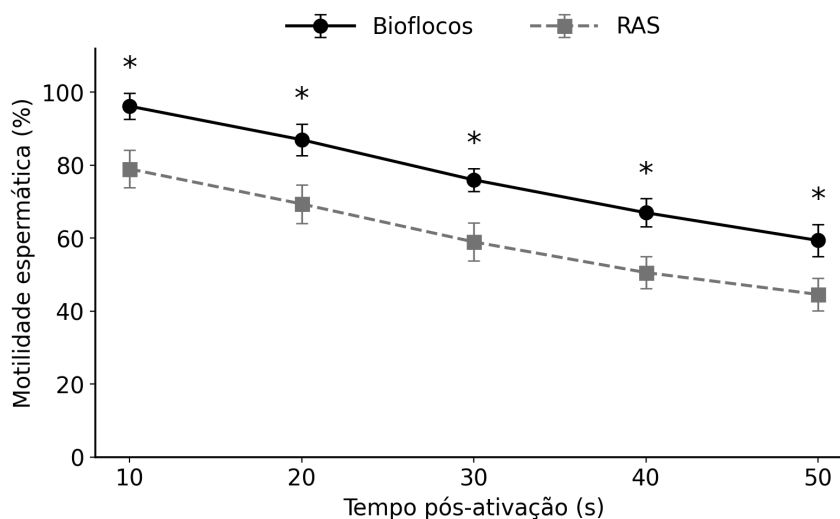
4.1 Primeira parte

A motilidade espermática em *A. lacustris* foi realizada em duas datas distintas: 08/04/2025 (Gráfico 1) e 21/04/2025 (Gráfico 2). Em ambos os experimentos, comparou-se a motilidade espermática de machos mantidos em dois sistemas de cultivo, sistema de recirculação (RAS) e sistema de bioflocos, ao longo de cinco tempos de análise (10s, 20s, 30s, 40s e 50s) após a ativação dos gametas.

Na primeira análise (Gráfico 1), em todos os tempos de avaliação (10s, 20s, 30s, 40s e 50s), o sistema de bioflocos apresentou motilidade espermática significativamente superior ao sistema RAS ($P < 0,05$). Por exemplo, aos 10 segundos, a motilidade foi de $96,20 \pm 3,63\%$ para bioflocos e $79,00 \pm 5,16\%$ para RAS ($P = 0,008$); e aos 50 segundos, os valores foram $59,40 \pm 4,44\%$ para bioflocos e $44,60 \pm 4,40\%$ para RAS ($P = 0,0158$). Por outro lado, na segunda análise (Gráfico 2), os resultados indicaram que os machos mantidos no sistema de bioflocos apresentaram motilidade espermática significativamente superior ao RAS apenas no tempo de 10 segundos, com média de $98,00 \pm 2,30\%$ para o bioflocos e $73,80 \pm 10,48\%$ para o RAS ($P = 0,0497$). Embora os valores médios de motilidade tenham permanecido mais altos no bioflocos nos demais tempos (20s a 50s), essas diferenças não foram estatisticamente significativas ($P > 0,05$). Para a concentração espermática (espermatozoides/mL), não foi observada diferença entre os tratamentos nessa primeira fase do estudo (Gráfico 3).

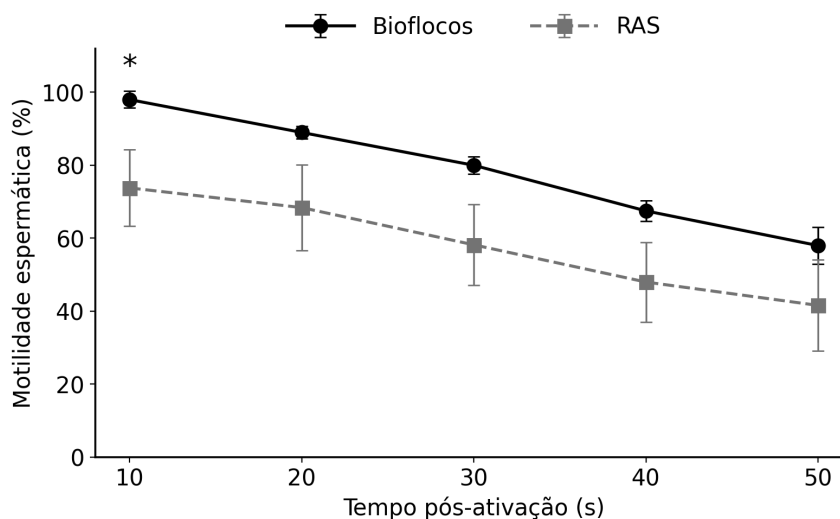
Na análise realizada pelo *software VirtualDub* (Gráfico 4), observou-se que, na trajetória progressiva, os espermatozoides apresentaram os seguintes resultados: $41,6 \pm 2,10\%$ no sistema RAS e $40,8 \pm 1,79\%$ no sistema com bioflocos, não havendo diferença significativa entre os tratamentos ($P = 0,7188$). O mesmo padrão foi observado nas demais trajetórias: na não progressiva, com $34,8 \pm 2,59\%$ para o RAS e $37,8 \pm 2,13\%$ para o bioflocos ($P = 0,2825$); e na estática, com $23,6 \pm 2,29\%$ para o RAS e $21,4 \pm 2,29\%$ para o bioflocos ($P = 0,4070$).

Gráfico 1 – Motilidade espermática de *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos em diferentes momentos de análise após ativação dos gametas com água destilada (10s, 20s, 30s, 40s e 50s). Análises realizadas em 08/04/2025. O asterisco indica diferença significativa entre os tratamentos (teste t, $P < 0,05$).



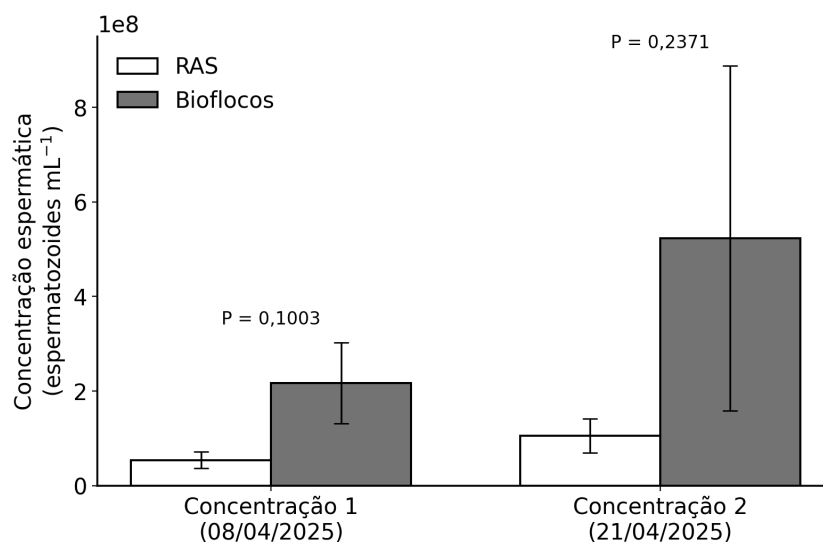
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Gráfico 2 – Motilidade espermática de *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos em diferentes momentos de análise após ativação dos gametas com água destilada (10s, 20s, 30s, 40s e 50s). Análises realizadas em 21/04/2025. O asterisco indica diferença significativa entre os tratamentos (teste t, $P < 0,05$).



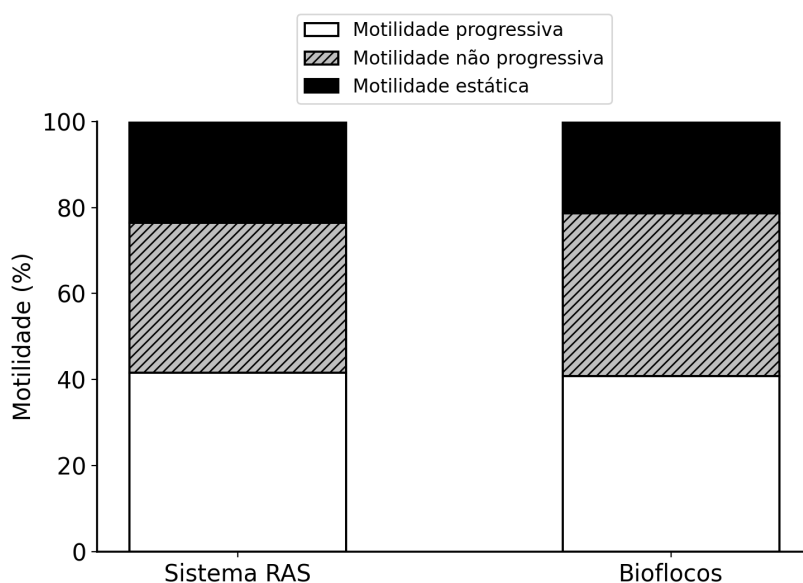
Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Gráfico 3 – Concentração espermática em *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos. Análises realizadas em 08/04/2025 e 21/04/2025. Não houve diferença significativa entre os tratamentos (teste t, $P > 0,05$).



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Gráfico 4 – Trajetória dos espermatozoides de *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos (progressiva, não progressiva e estática). Não houve diferença significativa entre os tratamentos (teste t, $P > 0,05$).



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

4.2 Segunda parte

Na primeira parte da segunda fase do experimento (21/11/2025), a motilidade espermática apresentou redução progressiva ao longo do tempo pós-ativação em todos os tratamentos avaliados (Figura 1). Aos 10s pós-ativação, os valores médios de motilidade variaram de 56,3 a 95,0%, enquanto aos 50s os percentuais reduziram para valores entre 12,0 e 60,0%.

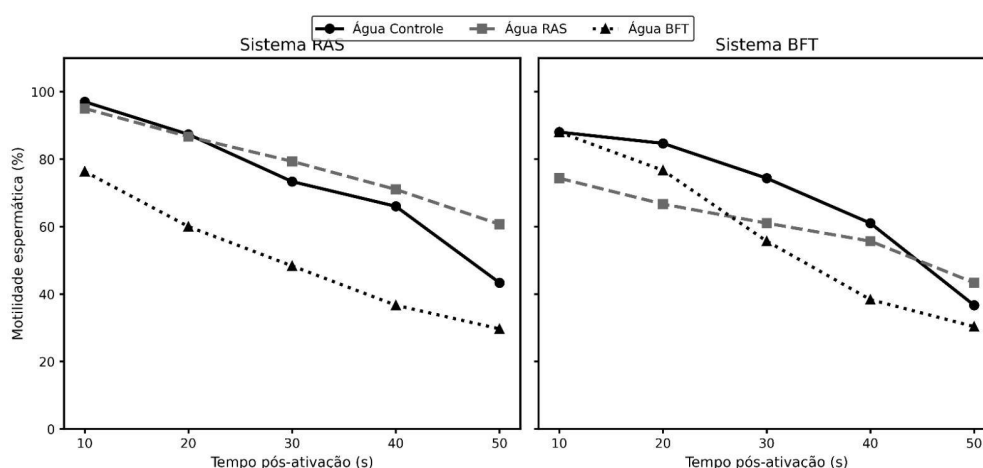
Apesar das diferenças visuais observadas entre algumas curvas, especialmente nos grupos ativados com água BFT provenientes do sistema RAS, não foram detectadas diferenças estatísticas significativas entre os sistemas de origem dos peixes ($P > 0,05$), tratamentos de ativação ($P > 0,05$) ou interação sistema $\times$ tratamento ($P > 0,05$) em nenhum dos tempos avaliados.

Aos 10s pós-ativação, os peixes provenientes do sistema RAS ativados com água controle apresentaram motilidade média de 97,0%, enquanto os grupos ativados com água RAS e água BFT apresentaram médias de 95,0 e 76,3%, respectivamente. No sistema BFT, as médias iniciais variaram entre 74,3 e 88,0%.

Com o avanço do tempo pós-ativação, ocorreu redução gradual da motilidade em todos os grupos experimentais. Aos 30s, os valores médios variaram entre 48,3 e 79,3%, enquanto aos 50s foram observadas médias entre 12,0 e 60,7%. Os menores valores foram registrados principalmente em grupos ativados com água BFT, incluindo amostras que apresentaram motilidade próxima de zero aos 40 e 50s pós-ativação.

Nesse primeiro ensaio da segunda fase, a queda da motilidade acompanhou sobretudo o tempo pós-ativação; o meio usado na ativação não produziu efeito consistente entre os tratamentos.

Gráfico 5 – Motilidade espermática em *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos analisados aos 10s, 20s, 30s, 40s e 50s após-ativação com diferentes águas (Controle, RAS e BFT). Análise realizada em 21/11/2025.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Na segunda parte desse experimento (04/03/2026), novamente foi observada redução progressiva da motilidade espermática ao longo do tempo pós-ativação em todos os grupos experimentais (Figura 2). Entretanto, diferentemente do primeiro

ensaio, foi observado efeito significativo do tratamento aos 10s pós-ativação ($P = 0,0418$), independentemente do sistema de origem dos peixes.

Nesse período inicial, os peixes provenientes do sistema RAS ativados com água BFT apresentaram a maior motilidade média (87,7%), seguidos pelos grupos controle (89,3%) e água RAS (79,3%). Já no sistema BFT, as médias iniciais variaram entre 76,7 e 95,3%.

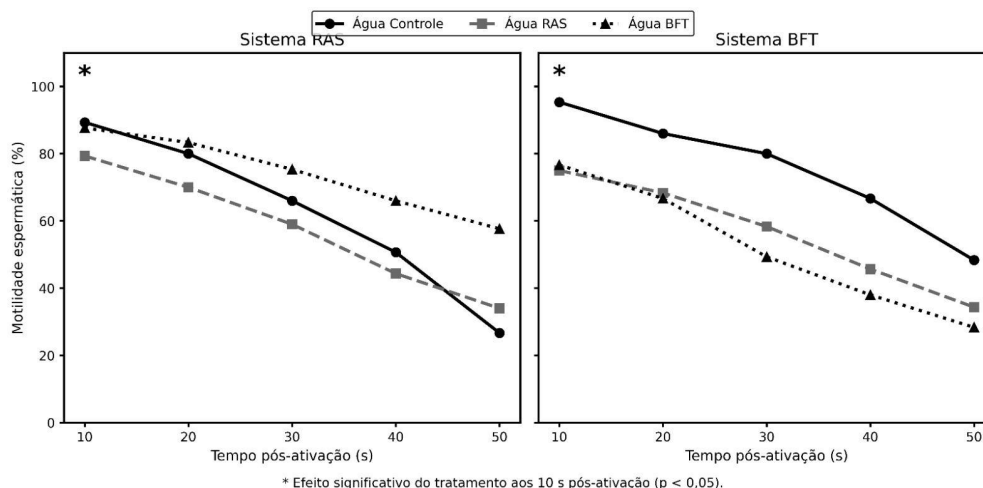
Apesar da significância estatística observada aos 10s, não houve efeito significativo do sistema de origem dos peixes ($P = 0,2871$), nem interação significativa entre sistema e tratamento ($P = 0,3765$), indicando que o efeito dos meios de ativação ocorreu de forma semelhante nos dois sistemas de produção.

Aos 20s pós-ativação, as médias de motilidade variaram entre 58,3 e 87,7%, enquanto aos 30s os valores oscilaram entre 49,3 e 80,3%. A partir dos 40s pós-ativação, ocorreu redução mais acentuada da motilidade em praticamente todos os grupos, com médias entre 18,0 e 74,0%.

Aos 50s, os valores médios variaram entre 17,0 e 57,7%, sendo observada elevada variabilidade entre algumas amostras, principalmente nos grupos ativados com água BFT. Apesar disso, não foram detectadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos nos tempos de 20, 30, 40 e 50s ($P > 0,05$).

No ensaio de março, o tempo pós-ativação voltou a ser o fator dominante na queda da motilidade. O meio de ativação só pesou no início, aos 10 s; a partir daí, as diferenças entre os tratamentos desapareceram.

Gráfico 6 – Motilidade espermática em *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos analisados aos 10s, 20s, 30s, 40s e 50s após-ativação com diferentes águas (Controle, RAS e BFT). Análise realizada em 04/03/2026.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

4.3 Análise da motilidade (progressivo, não progressivo e estático)

Os parâmetros de motilidade espermática não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados em nenhum dos momentos experimentais ($P > 0,05$). Na primeira avaliação experimental (21/11/2025), a motilidade progressiva variou de 32,33% a 46,67% entre os grupos experimentais (Figura 3). Os maiores valores foram observados nos peixes provenientes do sistema BFT ativados com água controle (46,67%), enquanto os menores ocorreram nos peixes do sistema BFT ativados com água RAS (32,33%). Entretanto, não foram observados efeitos significativos do sistema de origem ($P = 0,8663$), do tratamento ($P = 0,5003$) ou da interação entre os fatores ($P = 0,6694$).

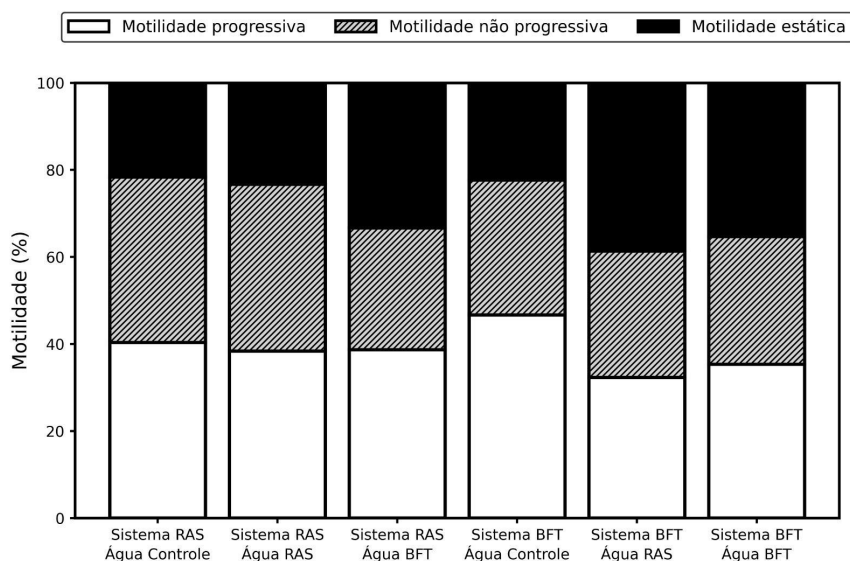
Para a motilidade não progressiva, os valores oscilaram entre 28,00 e 38,33%, também sem diferenças significativas entre sistema ($P = 0,2298$), tratamento ($P = 0,4517$) e interação sistema $\times$ tratamento ($P = 0,5293$). De forma semelhante, a motilidade estática apresentou valores entre 21,67 e 42,33% (Figura 3), sem efeito significativo do sistema de origem ($P = 0,9177$), tratamento ($P = 0,1260$) ou interação entre os fatores ($P = 0,6754$).

Na segunda avaliação experimental (04/03/2026), os resultados seguiram padrão semelhante (Figura 4). A motilidade progressiva variou de 29,67 a 42,67%, sendo o maior percentual observado nos peixes provenientes do sistema RAS ativados com água BFT (42,67%). Ainda assim, não houve diferença significativa para sistema ($P = 0,2227$), tratamento ($P = 0,3647$) ou interação sistema $\times$ tratamento ($P = 0,7574$).

A motilidade não progressiva apresentou valores entre 26,00 e 41,00%, sem diferenças significativas entre os fatores avaliados (sistema: $P = 0,8278$; tratamento: $P = 0,3139$; interação: $P = 0,3940$). Para a motilidade estática, os percentuais variaram de 23,67 a 42,00% (Figura 4), também sem efeito significativo do sistema de origem ($P = 0,6242$), tratamento ($P = 0,1914$) ou interação entre os fatores ($P = 0,5585$).

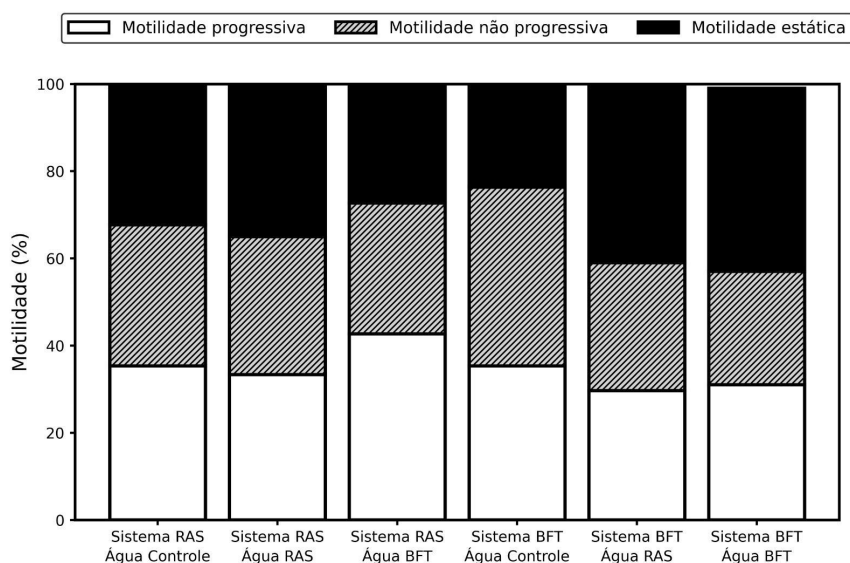
Em síntese, nem o sistema de origem dos peixes nem o meio de ativação alteraram a distribuição entre motilidade progressiva, não progressiva e estática nas condições testadas.

Gráfico 7 – Motilidade espermática em *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos analisados (progressivo, não progressivo e estático). Análise realizada em 21/11/2025.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Gráfico 8 – Motilidade espermática em *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação e bioflocos analisados (progressivo, não progressivo e estático). Análise realizada em 04/03/2026.

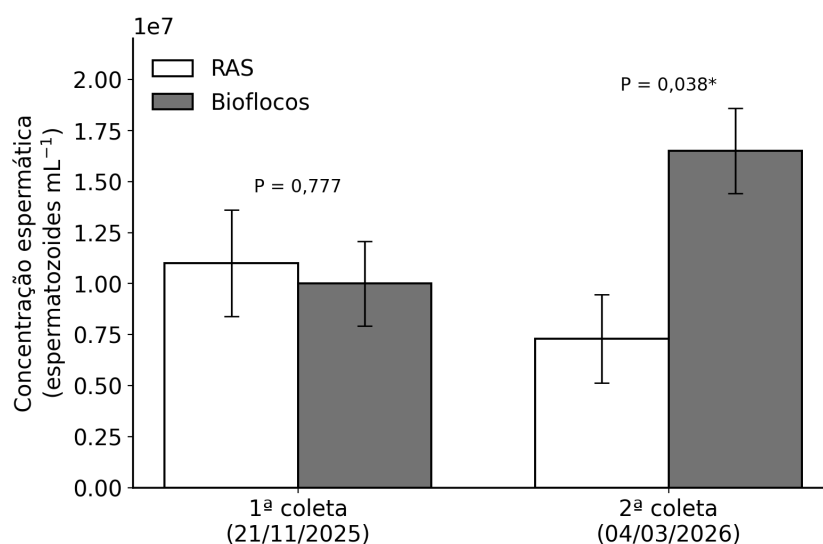


Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Durante o primeiro período de coleta que ocorreu em 21 de novembro de 2025, a concentração espermática não diferiu significativamente entre os peixes mantidos nos sistemas RAS e BFT ($P = 0,777$), com médias de $11,0 \pm 2,60 \times 10^6$ espermatozoides mL^{-1} no sistema RAS e $10,0 \pm 2,08 \times 10^6$ espermatozoides mL^{-1} no sistema BFT. Entretanto, no segundo período de coleta (04 de março de 2026), os peixes mantidos no sistema BFT apresentaram maior concentração espermática

($16,5 \pm 2,08 \times 10^6$ espermatozoides mL^{-1}) em comparação aos peixes do sistema RAS ($7,3 \pm 2,17 \times 10^6$ espermatozoides mL^{-1}) ($P = 0,038$). Esses resultados são apresentados no Gráfico 5.

Gráfico 9 – Concentração espermática de *Astyanax lacustris* mantidos em sistema de recirculação (RAS) e bioflocos (BFT) na segunda fase do estudo. Coletas de 21/11/2025 e 04/03/2026. O asterisco indica diferença significativa entre os tratamentos (teste t, $P < 0,05$).



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

5 DISCUSSÃO

O sistema de cultivo afetou a motilidade espermática de *A. lacustris*, sobretudo nos primeiros segundos após a ativação com água destilada. Na avaliação de 08/04/2025, os machos do BFT tiveram motilidade superior à do RAS em todos os tempos (Gráfico 1), o que sugere que o BFT ofereceu condições mais favoráveis à manutenção da qualidade espermática.

Na segunda avaliação (21/04/2025), embora os valores médios de motilidade continuassem superiores no BFT ao longo dos tempos, a diferença significativa foi observada apenas aos 10 segundos pós-ativação (Gráfico 2). Esse padrão pode estar relacionado à sazonalidade que influencia o período reprodutivo (Junk *et al.*, 1989; Gomiero *et al.*, 2008), variações naturais entre lotes de reprodutores selecionados (Cabrita *et al.*, 2010), ou até mesmo a adaptações fisiológicas dos animais ao longo do tempo nos sistemas de cultivo, visto que exerce influência na qualidade espermática (Estay *et al.*, 1994; Valdebenito *et al.*, 2013; Zimba, 2016). É possível que a manutenção prolongada dos reprodutores no BFT promova uma estabilidade na motilidade inicial dos espermatozoides, embora os efeitos positivos não se mantenham significativamente nos tempos mais tardios.

Esses achados corroboram com estudos que indicam o potencial benéfico do sistema BFT na reprodução de peixes, sobretudo por oferecer maior estabilidade na qualidade da água e por favorecer uma microbiota associada aos flocos que pode beneficiar os reprodutores (Ekasari *et al.*, 2015). Quanto à concentração espermática, não houve diferença entre os sistemas na primeira fase, o que apontaria para um efeito do BFT mais sobre os aspectos funcionais dos gametas, como a motilidade, do que sobre a produção quantitativa. Para o sucesso da reprodução em peixes, a motilidade espermática é um dos principais indicadores da qualidade seminal, pois os espermatozoides são ativados ao entrar em contato com a água, visto que os primeiros segundos são importantes para que cheguem até o oócito, além disso, espermatozoides mais ativos possuem mais chances de fecundar. Na segunda fase, porém, a concentração foi maior no BFT na coleta de março ($P = 0,038$), de modo que um efeito quantitativo não pode ser descartado e precisa ser confirmado com amostras maiores.

A análise objetiva realizada por meio do VirtualDub e do processamento no ImageJ (Gráfico 4) forneceu uma avaliação complementar e mais detalhada sobre

os padrões de movimentação espermática. Apesar da maior motilidade geral observada no BFT nas análises subjetivas, a distribuição das trajetórias (progressiva, não progressiva e estática) não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os sistemas. Espera-se que um maior percentual de motilidade corresponda a um aumento nas trajetórias progressivas; no entanto, os dados sugerem que, mesmo com maior ativação, os tipos de movimento se mantêm proporcionais nos dois sistemas. Isso pode indicar que o BFT aumenta a quantidade de espermatozoides ativos, mas não altera significativamente o padrão de movimentação entre os espermatozoides móveis. A alta motilidade progressiva está diretamente relacionada com o sucesso reprodutivo dos peixes, constituindo uma das características que mais favorece a eficiência da fertilização, permitindo que os espermatozoides cheguem até ovócito (Rurangwa *et al.*, 2004; Gallego *et al.*, 2013)

A diferença entre a avaliação subjetiva e a objetiva mostra por que vale combinar as duas. A leitura subjetiva é rápida, mas tende a superestimar a motilidade; já o processamento por software discrimina melhor os tipos de trajetória. Embora os dados deste estudo sugerem um efeito positivo do sistema BFT sobre a motilidade espermática de *A. lacustris*, especialmente nos tempos iniciais pós-ativação, é importante considerar que esses resultados contrastam com os achados de Valandro (2023), que não encontrou diferenças significativas entre os sistemas. Essa divergência pode ser atribuída a fatores como densidade de estocagem, tempo de exposição ao sistema, dieta, idade dos reprodutores ou metodologia de avaliação.

No conjunto, os dados apontam o BFT como opção de interesse para a reprodução intensiva do lambari, por preservar e, em parte, melhorar a qualidade funcional dos gametas. Além disso, alguns estudos de reprodução com a tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* no sistema BFT (Ekarasi *et al.*, 2015) e (Alvarenga *et al.*, 2017), mostra que o sistema apresentou resultados superiores em relação às variáveis do ciclo reprodutivo, morfologia dos ovários, fecundidade e desempenho reprodutivo nessa espécie. Ainda assim, o número reduzido de animais avaliados pede cautela: são necessários estudos com mais reprodutores para esclarecer os mecanismos fisiológicos envolvidos e confirmar esses efeitos em diferentes condições de cultivo e ao longo de períodos reprodutivos mais longos.

6 CONCLUSÃO

O sistema de cultivo influenciou a qualidade espermática de *Astyanax lacustris*, principalmente a motilidade. O sistema de bioflocos (BFT) preservou a motilidade melhor que o sistema de recirculação (RAS) nos primeiros segundos após a ativação dos gametas, o que indica seu interesse para a reprodução em sistemas intensivos de produção.

A concentração espermática não foi afetada pelo sistema de cultivo no primeiro período, no entanto no segundo período a concentração espermática apresentou uma diferença significativa, o que sugere que os benefícios observados no BFT também podem estar relacionados à produção quantitativa e não apenas a aspectos funcionais dos gametas. Além disso, a análise detalhada das trajetórias espermáticas, por meio de ferramentas como VirtualDub e ImageJ, revelou que o tipo de movimentação (progressiva, não progressiva ou estática) não diferiu significativamente entre os sistemas, embora o número total de espermatozoides móveis tenha sido maior no BFT.

Conclui-se que o BFT tem potencial para apoiar a reprodução do lambari em cativeiro, ao oferecer condições ambientais favoráveis aos reprodutores. Como o número de animais avaliados foi pequeno, novos estudos são necessários para detalhar os efeitos do BFT sobre a fisiologia reprodutiva da espécie e sua aplicação em diferentes escalas de produção e períodos reprodutivos.

REFERÊNCIAS

- ABAKARI, G.; WU, X.; HE, X.; FAN, L.; LUO, G. Bacteria in biofloc technology aquaculture systems: roles and mediating factors. **Reviews in Aquaculture**, v. 14, n. 3, p. 1260–1284, 2022.
- ABIMORAD, E. G.; CASTELLANI, D. Exigências nutricionais de aminoácidos para o lambari-do-rabo-amarelo baseadas na composição da carcaça e do músculo. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 37, p. 31–38, 2011.
- ADAMOV, N. S. M.; NASCIMENTO, N. F.; MACIEL, E. C. S.; PEREIRA-SANTOS, M.; SENHORINI, J. A.; CALADO, L. L.; EVANGELISTA, M. M.; NAKAGHI, L. S. O.; GUERRERO, A. H. M.; FUJIMOTO, T.; YASUI, G. S. Triploid induction in the yellowtail tetra, *Astyanax altiparanae*, using temperature shock: tools for conservation and aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 48, n. 5, p. 741–750, 2017.
- ALVARENGA, E. R.; SALES, S. C. M.; BRITO, T. S.; SANTOS, C. R.; CORRÊA, R. D. S.; ALVES, G. F. O.; MANDUCA, L. G.; TURRA, E. M. Effects of biofloc technology on reproduction and ovarian recrudescence in Nile tilapia. **Aquaculture Research**, Amsterdam, p. 1-8, 2017. Doi: 10.1111/are.13420
- ANDRADE, D. R.; YASUI, G. S. Manejo da reprodução natural e artificial e sua importância na produção de peixes no Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 27, n. 2, p. 166–172, 2003.
- BEVERIDGE, M. C. M.; PHILLIPS, M. J.; CLARKE, R. M. A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production. In: BRUNE, D. E.; TOMASSO, J. R. (eds.) **Aquaculture and water quality**. Clemson University, USA, 1991. p. 506–533.
- BRAMBILA-SOUSA, G. *et al.* Thermal manipulation and GnRHa therapy applied to the reproduction of lambari-do-rabo-amarelo, *Astyanax altiparanae* females (Characiformes: Characidae) during the non-breeding season. **General and Comparative Endocrinology**, v. 279, p. 120–128, 2019.
- BRANCO, G. S. *et al.* Effects of GnRH and the dual regulatory actions of GnIH in the pituitary explants and brain slices of *Astyanax altiparanae* males. **General and Comparative Endocrinology**, v. 273, p. 209–217, 2019.
- CABRITA, E.; SARASQUETE, C.; MARTÍNEZ-PÁRAMO, S.; V. ROBLES, V.; BEIRÃO, J.; PÉREZ CEREZALES, S.; HERRÁEZ, M. P. Cryopreservation of fish sperm: applications and perspectives. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 26, p. 623–635, 2010.
- CRAB, R.; DEFOIRDT, T.; BOSSIER, P.; VERSTRAETE, W. Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. **Aquaculture**, v. 356–357, p. 351–356, 2012.
- DADRAS, H., DZYUBA, B., COSSON, J., GOLPOUR, A., SIDDIQUE, M. A. M., & Linhart, O. (2017). Effect of water temperature on the physiology of fish

spermatozoon function: a brief review. *Aquaculture Research*, 48(3), 729–740. <https://doi.org/10.1111/are.13049>

EKASARI, J.; ZAIRIN JR., M.; PUTRI, D. U.; SARI, N. P.; SURAWIDJAJA, E. H.; BOSSIER, P. Biofloc-based reproductive performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. broodstock. *Aquaculture Research*, v. 46, p. 509–512, 2015.

ESTAY, F., CERISOLA, H. & TÉLLEZ, V. *Biología del Desarrollo y Reproducción Artificial en la Trucha Arcoiris*. Conicyt-Fondef., 28 p., 1994.

FÓES, G. K.; GAONA, C. A. P.; POERSCH, L. H. Cultivo em bioflocos (BFT) é eficaz na produção intensiva de camarões. *Segmentos da Aquicultura*, Rio Grande, *Visão Agrícola*, n. II, p. 28–32, 2012.

FONSECA, T.; COSTA-PIERCE, B. A.; VALENTI, W. C. Lambari aquaculture as a means for the sustainable development of rural communities in Brazil. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, v. 25, p. 316–330, 2017.

FONSECA, T.; VALENTI, W. C.; GIANNETTI, B. F.; GONÇALVES, F. H.; AGOSTINHO, F. Environmental accounting of the yellow-tail lambari aquaculture: sustainability of rural freshwater pond systems. *Sustainability*, v. 14, 2090, 2022.

FRANÇA, E. J. *et al.* Ecomorphology of yellowtail lambari (Characiformes: Characidae) in the neotropical semi-arid region, Brazil. *Boletim Técnico*, 2024.

GALLEGO, V.; PÉREZ, L.; ASTURIANO J. F.; YOSHIDA, M. Relationship between spermatozoa motility parameters, sperm/egg ratio, and fertilization and hatching rates in pufferfish (*Takifugu niphobles*). *Aquaculture*. 2013;416:238-43. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.08.035>.

GAMA, V. L. **Aspectos da nutrição no sucesso reprodutivo de peixes comerciais de águas doces tropicais**. Goiás: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2024.

GOMIERO, L.M.; GARUANA, L.; BRAGA, F.M.S. Reproduction of *Oligosarcus hepsetus* (Cuvier, 1829) (Characiformes) in the Serrado mar State Park, São Paulo, Brazil. 2008. *Braz J Biol* 68: 187–192

GONÇALVES, L. U. *et al.* The fatty acid compositions of total, neutral and polar lipids in wild and farmed lambari (*Astyanax altiparanae*) broodstock. *Aquaculture Research*, v. 45, p. 195–203, 2014.

HAFEZ, B.; HAFEZ, E. S. E. **Reprodução Animal**. 7. ed. São Paulo: Manole, 2004. 513 p.

HONJI, R. M.; ARAÚJO, B. C.; MOREIRA, R. G. Fisiologia reprodutiva aplicada ao cultivo de peixes neotropicais. *Ciência Animal*, v. 30, n. 4, p. 123–137, 2020.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. The flood pulse concept in river–floodplain systems. *Can Spec Publ Fish Aquat Sci* 106: 110–127, 1989.

KELLEY, J. L.; TAYLOR, I.; HART, N. S.; PARTRIDGE, J. C. Aquatic prey use countershading camouflage to match the visual background. **Behavioral Ecology**, v. 28, n. 5, p. 1314–1322, 2017.

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

LEIRA, M. H. *et al.* Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Pubvet**, v. 11, n. 1, p. 11–17, 2017.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 149–163, 2010.

MEDINA, L. S. *et al.* Growth of *Geophagus brasiliensis* reared at different temperatures and feeding regimes. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 47, e616, 2021.

MERINO, O. *et al.* Effect of the temperature of activation medium on fish sperm quality: impact on fertilization in vitro in aquaculture practice. **Reviews in Aquaculture**, v. 15, n. 2, p. 434–451, 2022.

NAVARRO, F. K. S. P.; NAVARRO, R. D. Importância do fotoperíodo no crescimento e na reprodução de peixes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 36, n. 2, p. 94–99, 2012.

NYNCA, J. *et al.*,. Sperm motility rate at pH 6.5 as a useful parameter for the evaluation of rainbow trout sperm quality and usefulness for short-time storage. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(6), 930–933. 2012. <https://doi.org/10.1111/jai.12053>

NUNES, L. T.; SALMITO-VANDERLEY, C. S. B.; REIS, F. Y. T.; NERES, R. W. P.; SILVA, S. Q. Reprodução de peixes reofílicos nativos do Brasil: fertilização artificial e qualidade da água. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, p. 15–21, 2018.

ÓRFÃO, L. H. Indução da desova e espermiacção de peixes em criações comerciais. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 37, n. 2, p. 192–195, 2013.

PEÑARANDA, D. S., *et al.*,. Evaluation of different diluents for short-term storage of European eel sperm under air-limited conditions. *Journal of Applied Ichthyology*, 26(5), 659–664. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01530.x>

PANKHURST, N. W.; MUNDAY, P. L. Effects of climate change on fish reproduction and early life history stages. **Marine and Freshwater Research**, v. 62, n. 9, p. 1015–1026, 2011.

PEIXE-BR. **Anuário da Piscicultura 2020**. São Paulo: Associação Brasileira da Piscicultura, 2020. 136 p.

PEIXE-BR. **Anuário da Piscicultura 2026**. São Paulo: Associação Brasileira da Piscicultura, 2026. 120 p.

RURANGWA E, *et al.*, The measurement of sperm motility and factors affecting sperm quality in cultured fish. **Aquaculture**. 2004;234(1):1-28. <http://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.12.006>.

SALLUM, W. B. **Reprodução das principais espécies de peixes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 74 p.

SANTISSO, R., TAMOYO, M., GOSÁLVEZ, J., JOHNSTON, S., MARINO, A., FERNÁNDEZ, C., LOSADA, C., & FERNÁNDEZ, J. L. (2012). DNA fragmentation dynamics allows the assessment of cryptic sperm damage in human: Evaluation of exposure to ionizing radiation, hyperthermia, acidic pH and nitric oxide. *Mutation Research - Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 734(1–2), 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2012.03.006>

SANTOS, F. A. C. *et al.* Growth performance and physiological parameters of *Colossoma macropomum* in a recirculating aquaculture system (RAS): importance of stocking density and classification. **Aquaculture**, v. 534, 736274, 2021.

SCHLEGER, I. C. *et al.* Metabolic responses in the gills of yellowtail lambari *Astyanax lacustris* under low- and high-temperature thermal stress. **Journal of Aquatic Animal Health**, 2024.

SILVA, L. M. J. **Extrato bruto de hipófise de lambari *Astyanax altiparanae* (Characiformes: Characidae) como indutor de desova de espécies nativas**. Jaboticabal: [s. n.], 2019.

SIQUEIRA-SILVA, D. H. *et al.* Testicular structure and seminal pathway in the yellowtail tetra *Astyanax altiparanae* (Characiformes: Characidae). **Anatomia, Histologia, Embryologia**, v. 46, n. 4, p. 342–346, 2017.

SOUSA, R. M. *et al.* Tambatinga juveniles performance in a recirculation aquaculture system with different stocking densities. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, e178953317, 2020.

TALBOT, C.; HOLE, R. Fish diets and the control of eutrophication resulting from aquaculture. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 10, p. 258–270, 1994.

TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M. **Recirculating Aquaculture**. 2. ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2010.

VALANDRO, J. S. I. **Desempenho reprodutivo do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax lacustris*) criados em diferentes sistemas fechados de produção**. 2023. 138 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2023.

VALDEBENITO, I. I.; GALLEGOS, P. C.; EFFER, B. R. Gamete quality in fish: evaluation parameters and determining factors. *Zygote*, Cambridge, v. 23, p. 177–197, 2013. Doi: 10.1017/S0967199413000506.

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

VENTURIERI, R.; BERNARDINO, G. Hormônios na reprodução artificial de peixes. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 55, p. 39–48, 1999.

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. 3. ed. San Diego: Academic Press – Elsevier, 2001.

WOYNAROVICH, E.; HORVÁTH, L. **A propagação artificial de peixes de águas tropicais**: manual de extensão. Brasília: Escopo, 1983. 220 p.

YASUI, G. S.; SENHORINI, J. A.; SHIMODA, E.; PEREIRA-SANTOS, M.; NAKAGHI, L. S. O.; FUJIMOTO, T.; ARIAS-RODRIGUEZ, L.; SILVA, L. A. Improvement of gamete quality and its short-term storage: an approach for biotechnology in laboratory fish. **Animal**, v. 9, n. 3, p. 464–470, 2015.

ZANIBONI-FILHO, E. O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade de água. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 57, n. 1, p. 3–9, 1997.

ZANIBONI-FILHO, E.; WEINGARTNER, M. Técnicas de indução da reprodução de peixes migradores. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 31, n. 3, p. 367–373, 2007.

ZIMBA, R. D.; SUSSEL, F. R.; OLIVEIRA, K. R. B.; SEGURA, J. G.; LIMA, C. G.; VIEGAS, E. M. M. Desempenho reprodutivo de lambaris alimentados com grãos secos de destilaria. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 20-34, 2017.