



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE BIOCÊNCIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO  
BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS COM ÊNFASE EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS

MILENA MARIA REGINA PEREIRA

**EFEITOS DA ELETROESTIMULAÇÃO NO DESEMPENHO E IMUNIDADE  
DE JUVENIS DE SURUBIM (*Pseudoplatystoma* sp.) CULTIVADOS EM  
SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**

Recife  
2025

MILENA MARIA REGINA PEREIRA

**EFEITOS DA ELETROESTIMULAÇÃO NO DESEMPENHO E IMUNIDADE  
DE JUVENIS DE SURUBIM (*Pseudoplatystoma* sp.) CULTIVADOS EM  
SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Bacharelado em Ciências Biológicas com ênfase em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel.

Orientador (a): Dr. Ranilson de Souza Bezerra

Coorientador (a): Ma. Vivian Costa Vasconcelos

Recife

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Pereira , Milena Maria Regina .  
Efeitos da Eletroestimulação no Desempenho e Imunidade de Juvenis de  
Surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) Cultivados em Sistema de Recirculação de Água  
/ Milena Maria Regina Pereira . - Recife, 2025.

48 p. : il., tab.

Orientador(a): Ranilson de Souza Bezerra

Coorientador(a): Vivian Costa Vasconcelos

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas /Ciências  
Ambientais - Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. Recirculação de Água . 2. Hematologia . 3. Surubim . 4. Estimulação  
Elétrica . 5. Aquicultura. 6. Parâmetros Zootécnicos . I. Bezerra , Ranilson de  
Souza. (Orientação). II. Vasconcelos , Vívian Costa . (Coorientação). IV. Título.

570 CDD (22.ed.)

MILENA MARIA REGINA PEREIRA

**EFEITOS DA ELETROESTIMULAÇÃO NO DESEMPENHO E IMUNIDADE  
DE JUVENIS DE SURUBIM (*Pseudoplatystoma* sp.) CULTIVADOS EM  
SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado ao Bacharelado em Ciências  
Biológicas com ênfase em Ciências  
Ambientais da Universidade Federal de  
Pernambuco, como requisito parcial para  
obtenção do título de bacharel.

Aprovada em: 30/07/2025

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Dr. Ranilson de Souza Bezerra (Membro Titular)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Dr. Guilherme Melgaço Heluy (Membro Titular)  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

MSc. Maria Angélica da Silva (Membro Titular)  
Universidade Federal de Pernambuco

Recife  
2025

Aos meus pais, por terem caminhado por estradas difíceis  
para que eu pudesse trilhar a minha com mais leveza.

Todo e qualquer sucesso meu, dedico a vocês.

Essa conquista é nossa.

## AGRADECIMENTOS

Encerrar este trabalho é, antes de tudo, reconhecer que nenhuma conquista se faz sozinha. Cada etapa foi marcada pela presença de pessoas que caminharam ao meu lado, oferecendo apoio, paciência e fé nos momentos em que eu mesma duvidei do meu caminho. Cada passo que dei até aqui foi marcado por desafios, descobertas e aprendizados que jamais teria enfrentado sozinha. Por isso, deixo aqui minha gratidão mais sincera a todos que fizeram parte dessa caminhada.

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ser meu amparo nos momentos difíceis, por me guiar mesmo quando eu não sabia o caminho e por renovar em mim a força e a fé todos os dias. Tudo o que conquistei é fruto da graça de um Deus que cuida de cada detalhe.

À minha família, meu alicerce e abrigo. Agradeço por estarem comigo em cada passo desta caminhada.

À minha mãe, Elisângela, agradeço pelas orações sussurradas ao céu, pelas palavras de fé que acalmaram minha alma e pelos gestos de carinho que, mesmo em silêncio, me fortaleceram. Nada do que sou seria possível sem você.

Ao meu pai, Aueriton, minha gratidão pelo cuidado incansável e pela proteção que nunca conheceu limites. Por só descansar quando tinha certeza de que eu estava segura, por estar sempre pronto a me buscar, não importando a hora ou a distância. Seu amor me ensinou o verdadeiro significado de presença.

Ao meu irmão, Júnior, obrigado, pelo companheirismo, ter você ao meu lado, foi um dos pilares que me manteve firme. Foi o amor de vocês que me sustentou quando as forças faltaram, e é por causa desse amor que esta conquista se tornou possível.

As minhas amigas de graduação e da vida: Vanessa, Thalyta, Josi, Duda e Rau, minha gratidão mais profunda. Vocês estiveram presentes não só nas conquistas, mas, sobretudo, nas noites longas, nas crises silenciosas, nas risadas que salvaram dias inteiros. Obrigada por serem muito mais que colegas de curso, por cada café compartilhado, cada desabafo ouvido, cada gesto de afeto que tornou essa jornada mais leve e menos solitária. Levo cada uma comigo, para além das paredes da sala de aula, para além de qualquer diploma.

À minha co-orientadora, Vivian Vasconcelos, agradeço pela orientação durante as coletas e análises, por ter aberto as portas do LABENZ e por me acolher com generosidade desde o início. Sou grata por compartilhar seus conhecimentos com paciência, o que foi essencial para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador e professor Ranilson Bezerra pela oportunidade e confiança durante o desenvolvimento deste trabalho. Sou grata pela possibilidade de realizar essa pesquisa sob sua orientação.

À equipe do LABENZ e do LAPAQ pela colaboração fundamental e pela parceria entre os laboratórios. Em especial, agradeço à Jully, Fabiano, Guilherme, Luciano, Angélica, Arcanjo, Douglas, Miguel e todos os demais membros dos laboratórios, que contribuíram com seu conhecimento e apoio. Também sou grata à equipe do Oásis, que participou das biometrias e ajudou em diversas etapas deste trabalho. A contribuição de todos foi essencial para a realização desta pesquisa.

Agradeço de forma especial à Érika Takata, minha primeira supervisora de estágio no ambiente profissional, que não apenas me orientou e ensinou praticamente tudo o que sei sobre a área ambiental, mas também me abriu novos caminhos e perspectivas. Mais do que uma mentora, tornou-se uma amiga para a vida, presença leal e inspiradora, que carrego com carinho e gratidão em cada conquista.

Ao meu chefe, Anderson Caetano, agradeço profundamente pela compreensão e flexibilidade durante o estágio, que me permitiram conciliar o trabalho com as exigências do TCC. Sua empatia tornou esse percurso mais leve e possível.

À Universidade Federal de Pernambuco, minha eterna gratidão por ter sido o espaço onde construí minha trajetória acadêmica e pessoal. Foi ali que me descobri como bióloga, e acima de tudo, como alguém capaz de superar os próprios limites.

A mim mesma, pelo compromisso com meus sonhos, pela persistência diante dos desafios e por jamais esquecer minhas origens e o propósito que me guia.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para minha caminhada durante a graduação. Foram muitas as mãos estendidas, os conselhos generosos, os olhares e os apoios que me sustentaram nos momentos mais desafiadores. Cada gesto, por menor que parecesse, teve grande importância nessa trajetória. Levo comigo não apenas o conhecimento adquirido, mas também a presença e o afeto de todos que, de alguma maneira, fizeram parte dessa história.

## **RESUMO**

A intensificação da aquicultura requer estratégias que aliem alta produtividade e bem-estar animal. O surubim (*Pseudoplatystoma* sp.), espécie nativa de elevado valor econômico e adaptabilidade ao cultivo intensivo, apresenta potencial para a piscicultura nacional. Buscando explorar novas estratégias de manejo, o presente estudo investigou os efeitos da eletroestimulação de baixa frequência sobre o desempenho zootécnico, os parâmetros hematológicos e o perfil bioquímico sérico de juvenis de surubim cultivados no sistema RAS. O experimento foi conduzido com 200 juvenis, apresentando peso médio inicial de aproximadamente 11 g, distribuídos aleatoriamente entre dois grupos experimentais: controle, mantido sem intervenção elétrica, e estimulado, submetido diariamente à aplicação de campos elétricos de baixa frequência (30 Hz, 2,5 mV/cm), durante 10 minutos em cada uma das três refeições diárias, totalizando 30 minutos de estimulação por dia ao longo de 162 dias de cultivo. Durante o experimento, os parâmetros físico-químicos da água permaneceram dentro dos padrões adequados para o cultivo de espécies tropicais, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005. Foram observados os seguintes parâmetros: temperatura de  $27,07 \pm 0,63$  °C, pH de  $7,40 \pm 0,27$ , oxigênio dissolvido de  $6,20 \pm 1,02$  mg/L, amônia total de  $0,18 \pm 0,12$  mg/L, nitrito de  $0,43 \pm 0,18$  mg/L e dureza de  $3,75 \pm 0,61$  mg/L. Os resultados zootécnicos revelaram que a eletroestimulação promoveu aumento significativo no ganho de peso (35,35g vs. 27,25g), melhor conversão alimentar (1,55 vs. 4,30) e maior taxa de crescimento específico (1,28 vs. 1,15) nos animais estimulados, embora tenha sido observada uma redução na taxa de sobrevivência e no fator de condição. A análise hematológica indicou aumento significativo nos níveis de trombócitos ( $26,58 \pm 15,00\%$  vs.  $7,92 \pm 4,62\%$ ) e neutrófilos ( $4,00 \pm 6,84\%$  vs.  $1,42 \pm 4,90\%$ ), além de redução significativa nos linfócitos ( $67,33 \pm 15,22\%$  vs.  $89,67 \pm 8,90\%$ ), evidenciando ativação da resposta imune inata sem sinais de imunossupressão. Na bioquímica sérica, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos. No entanto, observou-se uma tendência de redução nos níveis de glicose e triglicerídeos, sugerindo modulação metabólica favorável à homeostase fisiológica. Diante dos achados, conclui-se que a eletroestimulação de baixa frequência é uma estratégia promissora para otimizar o manejo alimentar no cultivo intensivo de surubim, com potencial para ampliar a sustentabilidade e a eficiência produtiva em sistemas de RAS voltados à aquicultura de espécies nativas.

**Palavras-chave:** Sistema de cultivo. Hematologia. Pintado. Estimulação elétrica. Aquicultura Sustentável.

## ABSTRACT

The intensification of aquaculture requires strategies that combine high productivity with animal welfare. Surubim (*Pseudoplatystoma sp.*), a native species of high economic value and adaptability to intensive farming, presents potential for national aquaculture. Seeking to explore new management strategies, this study investigated the effects of low-frequency electrostimulation on the zootechnical performance, hematological parameters, and serum biochemical profile of juvenile surubim cultured in a recirculating aquaculture system (RAS). The experiment was conducted with 200 juveniles, with an initial average weight of approximately 11 g, randomly distributed into two experimental groups: control, maintained without electrical intervention, and stimulated, subjected daily to low-frequency electric fields (30 Hz, 2.5 mV/cm) for 10 minutes during each of the three daily feedings, totaling 30 minutes of stimulation per day over 162 days of cultivation. During the experiment, the physicochemical parameters of the water remained within suitable standards for tropical species cultivation, according to CONAMA Resolution No. 357/2005. The following parameters were observed: temperature of  $27.07 \pm 0.63$  °C, pH of  $7.40 \pm 0.27$ , dissolved oxygen of  $6.20 \pm 1.02$  mg/L, total ammonia of  $0.18 \pm 0.12$  mg/L, nitrite of  $0.43 \pm 0.18$  mg/L, and hardness of  $3.75 \pm 0.61$  mg/L. Zootechnical results revealed that electrostimulation significantly increased weight gain (35.35 g vs. 27.25 g), improved feed conversion (1.55 vs. 4.30), and enhanced specific growth rate (1.28 vs. 1.15) in stimulated animals, although a reduction in survival rate and condition factor was observed. Hematological analysis indicated a significant increase in thrombocyte ( $26.58 \pm 15.00\%$  vs.  $7.92 \pm 4.62\%$ ) and neutrophil levels ( $4.00 \pm 6.84\%$  vs.  $1.42 \pm 4.90\%$ ), as well as a significant reduction in lymphocytes ( $67.33 \pm 15.22\%$  vs.  $89.67 \pm 8.90\%$ ), evidencing activation of the innate immune response without signs of immunosuppression. No statistically significant differences were observed between groups in serum biochemical parameters; however, there was a tendency for reduced glucose and triglyceride levels, suggesting metabolic modulation favorable to physiological homeostasis. Based on the findings, it is concluded that low-frequency electrostimulation is a promising strategy to optimize feeding management in intensive surubim farming, with potential to enhance sustainability and productive efficiency in RAS systems focused on native species aquaculture.

**Keywords:** Culture system. Hematology. Surubim. Electrical stimulation. Sustainable aquaculture.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Vista lateral do *P. Corruscans* ilustrando a integridade dos padrões morfológicos mantidos durante o período experimental. 18
- Figura 2 – Sistema RAS utilizado no Oásis para cultivo dos surubins juvenis (*P. corruscan*). 20
- Figura 3 – Estrutura do receptor ampuliforme em Siluriformes. 22
- Figura 4 – Esquema do cultivo de *P. Corruscan*. com dois grupos: experimental (2- submetido à eletroestimulação) e controle (3 - sem estimulação) em tanques circulares conectados a um sistema de recirculação de água com biofiltro e mídias biológicas (1). 26
- Figura 5 – Sistema de eletroestimulação com hastes metálicas para distribuição uniforme do campo elétrico no tanque. 28
- Figura 6 – Coleta sanguínea realizada por punção da veia caudal em juvenis de *Pseudoplatystoma corruscans*, com o auxílio de seringa contendo anticoagulante (EDTA a 10%), conforme protocolos padronizados para análises hematológicas. 29
- Figura 7 – Etapa de coloração pancromática de esfregaços sanguíneos segundo o método de (Rosenfeld 1947; Vasconcelos, 2024). 30
- Figura 8 – Procedimento de pipetagem durante a preparação das amostras para análise da bioquímica sérica. 31
- Figura 6 – Células do sangue periférico de (*P. Corruscan*) em extensão sanguínea. (Panótico, 100x). 36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Índices zootécnicos dos juvenis de submetidos à eletroestimulação (Grupo Estimulado) e sem estímulo (Grupo Controle).	33
Tabela 2 –	Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão dos parâmetros hematológicos diferenciais dos juvenis de <i>Pseudoplatystoma Corruscan</i> .	35
Tabela 3 –	Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão dos parâmetros bioquímicos séricos dos juvenis de <i>Pseudoplatystoma Corruscan</i> dos grupos estimulado e controle.	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CT	Comprimento Total
CTM	Consumo Total Médio
EDTA	Ácido Etilenodiamino Tetra-acético ( <i>Ethylenediamine Tetraacetic Acid</i> )
EROs	Espécies Reativas de Oxigênio
FC	Fator de Condição
GP	Ganho de Peso
HPI	Hipotálamo-hipófise-interrenal
MS-222	Tricaína Metano Sulfonato (Tricaine Methanesulfonate)
RAS	Sistema de Recirculação Aquícola (Recirculating Aquaculture Systems)
S	Sobrevivência
TCA	Taxa de Conversão Alimentar
TCE	Taxa de Crescimento Específico
TEA	Taxa de Eficiência Alimentar

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>17</b>
2.1	SURUBIM	18
2.2	AQUICULTURA DO SURUBIM	18
2.3	SISTEMAS DE CULTIVO	19
2.4	ELETORRECEPÇÃO EM PEIXES	21
2.3	PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS	23
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>25</b>
3.1	OBJETIVO GERAL	25
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>26</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E ACLIMATAÇÃO	26
4.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	26
4.3	ANÁLISES DOS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS	27
4.4	ALIMENTAÇÃO E APLICAÇÃO DA ELETROESTIMULAÇÃO	27
4.5	AMOSTRAGEM E COLETA SANGUÍNEA	29
4.6	HEMATOLOGIA	30
4.7	BIOQUÍMICA SÉRICA	30
4.8	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	31
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>32</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>39</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a segurança alimentar e a sustentabilidade dos sistemas de produção tem direcionado a atenção para a aquicultura, considerada um setor estratégico para atender à crescente demanda global por alimentos (FAO, 2016). A intensificação da produção aquícola é especialmente relevante em um cenário de aumento populacional e maior conscientização sobre os benefícios nutricionais do consumo de pescado (FAO, 2010).

A piscicultura no Brasil apresenta crescimento contínuo e diversificação das espécies cultivadas, consolidando-se como um importante segmento do agronegócio nacional. Segundo a Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM, 2023), a produção atingiu 655,3 mil toneladas de peixes, o maior volume já registrado no país. As espécies nativas e híbridas mantêm participação expressiva na cadeia produtiva, com destaque para o grupo formado por pintado, cachara, cachapira, pintachara e surubim, que totalizou 56,6 mil toneladas, correspondendo a 8,6% da produção nacional (PPM, 2023).

No mesmo período, a produção de peixes nativos alcançou 263,48 mil toneladas, representando 29,7% do total produzido no Brasil, embora tenha apresentado redução de 1,3% em relação ao ano anterior, quando foram registradas 267,06 mil toneladas (Peixe BR, 2024). Esses dados evidenciam a relevância das espécies nativas no setor aquícola, ao mesmo tempo em que indicam a necessidade de estratégias voltadas para a manutenção e o incremento de sua produtividade.

A criação de surubim e espécies afins, além de representar alternativa à tilapicultura, agrega valor comercial e contribui para a conservação de espécies nativas, uma vez que seu cultivo reduz a pressão sobre estoques pesqueiros naturais (PPM, 2023). Este avanço evidencia o papel da aquicultura na garantia da segurança alimentar e no desenvolvimento socioeconômico, especialmente diante da estagnação da pesca extrativa desde a década de 1990 (FAO, 2014).

Dentro desse panorama, o surubim (*Pseudoplatystoma* sp.), pertencente à ordem Siluriformes, subordem Siluroidei e família Pimelodidae, ganha relevância (Lundberg e Littmann 2003). No Mato Grosso do Sul, ele é regionalmente conhecido como pintado ou surubim e pode ser encontrado nas principais bacias hidrográficas da América do Sul (Petreire, 1995). Essa espécie demonstra grande potencial para a aquicultura tanto pelo seu valor comercial quanto pelas características favoráveis ao cultivo, como alta adaptabilidade e excelente taxa de crescimento (Borghetti e Silva, 2008; Turra et al., 2009).

A produção de surubim tem apresentado crescimento significativo no Brasil, sendo

reconhecida como uma alternativa viável para sistemas intensivos (IBAMA, 2008). Entretanto, a nutrição em cativeiro ainda representa um desafio significativo, devido ao alto custo da alimentação e à falta de um conhecimento aprofundado sobre as necessidades nutricionais dessa espécie (Honorato et al., 2013).

No cenário dinâmico da aquicultura brasileira, a busca por métodos eficientes e sustentáveis para a produção de pescado tem impulsionado a adoção de distintos sistemas de cultivo (Crivelenti et al. 2009). Historicamente, o modelo semi-intensivo, empregando viveiros escavados, consolidou-se como uma prática comum, sobretudo nas regiões Sul e Sudeste do país (Zimmermann & Fitzsimmons, 2004).

Em contrapartida, a piscicultura moderna tem impulsionado a adoção de tecnologias como os Sistemas de Recirculação de Água (RAS), que oferecem controle rigoroso das variáveis ambientais, otimização do uso hídrico e maior biossegurança (Cabral-Júnior et al., 2021). Tais características tornam o RAS um sistema ideal para testar novas estratégias voltadas à eficiência alimentar e ao bem-estar animal, como a eletroestimulação de baixa frequência.

Neste contexto, a eletroestimulação surge como uma ferramenta promissora, especialmente em sistemas intensivos como o RAS, ao simular a presença de presas vivas por meio de campos elétricos de baixa frequência. Essa técnica tem potencial para estimular o comportamento predatório dos alevinos, facilitando a aceitação da ração e melhorando o desempenho alimentar (Silva, 2014). A sinergia entre o controle ambiental do RAS e a eletroestimulação pode, portanto, representar um avanço significativo no manejo alimentar e fisiológico de espécies como o surubim.

Contudo, apesar de seus potenciais benefícios, ainda existem lacunas no conhecimento sobre os efeitos fisiológicos da eletroestimulação, especialmente quanto à sua influência sobre o metabolismo e os mecanismos de estresse dos peixes (Silva, 2014). Além disso, o uso da eletroestimulação com foco no comportamento alimentar e manejo de peixes ainda é uma prática pouco explorada no Brasil, o que evidencia a necessidade de mais pesquisas nessa área.

Em ambientes de aquicultura, especialmente sob condições de cultivo intensivo, a avaliação da saúde dos peixes é essencial para garantir o bem-estar e a eficiência produtiva. A análise de parâmetros hematológicos e bioquímicos constitui uma ferramenta indispensável para a caracterização do perfil fisiológico das espécies em estudo. Esses biomarcadores permitem monitorar as respostas dos organismos a diversos fatores, como estresse, estado nutricional e desafios ambientais, fornecendo dados relevantes para intervenções no manejo

(Tavares-Dias & Moraes, 2007; Bols et al., 2001).

Diante de estressores ambientais ou manejos intensivos, esses organismos ativam respostas neuroendócrinas envolvendo a liberação de catecolaminas e cortisol, hormônios que desencadeiam alterações metabólicas e fisiológicas com impacto direto na homeostase (Perry & Laurent, 1993; Wendelaar Bonga, 1997).

Entre essas respostas, destaca-se o aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), subprodutos do metabolismo aeróbico que, em concentrações elevadas, podem gerar estresse oxidativo. O acúmulo de EROs pode causar danos significativos às células, incluindo a peroxidação de lipídios nas membranas, a oxidação e fragmentação de proteínas estruturais e enzimáticas, além de quebras nas fitas de DNA (Li & Karin, 1999; Barbosa, 2001).

O hemograma, incluindo eritrócitos, leucócitos e trombócitos, é essencial para avaliar o estado fisiológico e imunológico dos animais (Ranzani-Paiva, 2009), especialmente quando associado a parâmetros bioquímicos (Prado et al., 2016; Ishikawa et al., 2008).

A glicose plasmática, por exemplo, é um biomarcador amplamente reconhecido por sua correlação com diversos estressores do cultivo, incluindo temperatura, manuseio e transporte (Urbinati et al., 2004). Sua elevação indica um distúrbio fisiológico, uma vez que a glicose é a principal fonte de energia mobilizada em situações adversas (Morgan & Iwama, 1997).

Proteínas totais e albumina refletem o estado nutricional e a integridade metabólica (Magnadottir, 2006; Kavitha et al., 2012). Triglicerídeos indicam reservas energéticas, enquanto o colesterol está relacionado à estrutura celular e à síntese de hormônios e sais biliares (Nelson et al., 2004).

Esses parâmetros, enquanto biomarcadores sensíveis, refletem as respostas dos organismos a fatores presentes nos sistemas de cultivo, incluindo estresse ambiental, nutrição inadequada e desafios patológicos (Bols et al., 2001; Mayon et al., 2006, Arias et al., 2007; Bernardi et al., 2008). Consequentemente, a análise desses parâmetros não apenas enriquece o conhecimento sobre a fisiologia da espécie estudada, mas também se apresenta como uma abordagem indispensável para garantir o bem-estar animal e a perenidade da produção em aquicultura.

Este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da eletroestimulação de baixa frequência sobre o metabolismo e os indicadores fisiológicos de estresse em surubins (*Pseudoplatystoma* spp.) cultivados em sistema de recirculação de água (RAS). Busca-se investigar a viabilidade da técnica como ferramenta auxiliar no manejo alimentar, bem como

seu impacto sobre o bem-estar animal, visando contribuir para a otimização de práticas sustentáveis e eficientes na aquicultura intensiva.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SURUBIM (*Pseudoplatystoma* sp.)

O surubim (*Pseudoplatystoma* sp.), pertencente à ordem Siluriformes e à família Pimelodidae, é um peixe carnívoro de hábito predominantemente piscívoro. Apesar de sua dieta predatória, a espécie não apresenta dentes cortantes, possuindo morfologia bucal adaptada à deglutição de presas inteiras (Cestarolli, 2005; Crepaldi et al., 2006; Campos, 2013). No Brasil, sua nomenclatura comum varia de acordo com a região, sendo também conhecido como pintado, piracajara, pira-pára ou surubim (Nakatani et al., 2001).

Morfologicamente, o surubim apresenta cabeça ampla e achatada, corpo alongado e robusto, coloração dorsal cinza-escuro com clareamento gradual em direção ao ventre, além de um padrão característico de manchas pretas, de formato arredondado ou ovalado. Essas características são relevantes para a identificação taxonômica e distinção entre espécies do mesmo gênero (Britski et al., 1984; Faria et al., 2006). Entre essas, destaca-se o *Pseudoplatystoma corruscans*, facilmente reconhecível pelo padrão de manchas corporais (Britski et al., 1984; Faria et al., 2006).

A distribuição geográfica do surubim compreende as bacias hidrográficas Amazônica, do Prata e do São Francisco. No Brasil, trata-se de uma espécie de elevado valor comercial, apreciada tanto no mercado interno quanto externo, principalmente devido à qualidade da carne, caracterizada por baixo teor de gordura, ausência de espinhas intramusculares e alto rendimento de filé (Kubitza et al., 1998). Indivíduos selvagens da espécie podem ultrapassar os 100 kg, sendo as fêmeas geralmente de maior porte que os machos (Fowler, 1951). Sua importância econômica se reflete na significativa representatividade da espécie na pesca comercial nacional (Gaiotto, 2005).

A dieta piscívora do *P. corruscans* é amplamente documentada. Estudos revelam que aproximadamente 92% do conteúdo estomacal da espécie é composto por outros peixes (Resende et al., 1990; Marques, 1993). Além da especialização alimentar, o surubim é uma espécie migradora, realizando longos deslocamentos durante o período reprodutivo, o que evidencia seu papel ecológico nas dinâmicas dos ecossistemas fluviais onde ocorre (Sato e Godinho, 2003). No contexto ecológico, *P. corruscans* é considerado o segundo maior predador da sub-bacia do rio Paraná e o predador dominante na bacia do rio São Francisco, exercendo papel fundamental na estruturação das cadeias tróficas e na manutenção do equilíbrio ecológico dos ambientes aquáticos, conforme ressalta Souza (2006).

Figura 1- Vista lateral do *P. Corruscans* ilustrando a integridade dos padrões morfológicos mantidos durante o período experimental.



Fonte: Autor (2025).

## 2.2 AQUICULTURA DO SURUBIM

O avanço na criação de espécies do gênero *Pseudoplatystoma*, popularmente conhecidos como surubins ou pintados, tem sido notável desde a década de 1990, apresentando avanços notáveis desde a década de 1990, impulsionado por consideráveis investimentos privados no desenvolvimento de tecnologias reprodutivas em cativeiro (Kubitza et al., 1998). A atratividade desses peixes para produtores reside em seu rápido ganho de peso em cultivo, eficiente conversão alimentar e alto valor de mercado (Miranda, 1997).

Do ponto de vista do consumidor, a carne dos surubins é amplamente apreciada devido à ausência de espinhas intramusculares (Sato et al., 1988), ao sabor considerado superior (Batlouni et al., 2005; Castagnolli, 1992) e à consistência na qualidade entre as diferentes espécies do gênero (Baldisserotto e Gomes, 2005), fatores que contribuem para a ampla aceitação de seus filés no mercado (Cal, 2006).

A hibridação artificial de peixes é uma prática globalmente empregada em pisciculturas, visando o desenvolvimento de indivíduos com características comerciais aprimoradas (Prado, 2010). No caso do gênero *Pseudoplatystoma*, tanto as espécies puras quanto os híbridos interespecíficos apresentam desempenho zootécnico superior, evidenciando elevado potencial para a produção em sistemas de cultivo (Crepaldi et al. 2006).

O cruzamento controlado entre espécies desse gênero resulta no chamado surubim híbrido interespecífico, que tem sido amplamente explorado na aquicultura devido a atributos favoráveis, como menor custo de criação, crescimento acelerado e maior docilidade quando comparado às espécies parentais (Carvalho et al., 2008). Nesse contexto, a hibridação se consolidou como uma estratégia central para a otimização da produção de *Pseudoplatystoma*,

abrangendo cruzamentos interespecíficos, como os híbridos comerciais “Cachapinta” (*P. reticulatum* × *P. corruscans*) e “Pintachara” (*P. corruscans* × *P. reticulatum*) (Carvalho et al., 2007).

Atualmente, esses híbridos representam a maior parte da produção nacional de *Pseudoplatystoma*, refletindo os avanços tecnológicos e zootécnicos alcançados por meio da hibridação (Alves et al., 2014). Esse crescimento sustentado está diretamente relacionado aos ganhos obtidos pela manifestação do fenômeno da heterose, ou vigor híbrido, onde os descendentes híbridos superam a média dos parentais puros em desempenho biológico (Bartley et al., 2001; Helfman et al., 2009; Alves et al., 2014). Entre os atributos transmitidos, estão inclusos maiores taxas de crescimento, menor demanda nutricional, acentuada resistência a patógenos, melhor qualidade da carne, comportamento menos agressivo, redução do canibalismo em fases juvenis e maior adaptabilidade ao manejo de cultivo (Bartley et al., 2001; Alves et al., 2014), consolidando a hibridação como um pilar para a sustentabilidade e expansão da aquicultura de surubins.

### 2.3 SISTEMA DE CULTIVO

A aquicultura tem se consolidado como uma atividade estratégica para a segurança alimentar global, fornecendo uma fração crescente dos produtos pesqueiros consumidos no mundo. Em 2020, a produção aquícola foi responsável por cerca de 42% dos 178 milhões de toneladas de pescado produzidas globalmente (FAO, 2022). Diante da crescente demanda e das limitações dos recursos naturais, torna-se essencial o desenvolvimento de sistemas de cultivo que conciliam eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental.

Os sistemas de cultivo aquícola podem ser classificados conforme o grau de intensificação e o controle sobre as variáveis ambientais. O método de cultivo semi-intensivo, amplamente utilizado, representa cerca de 70% da produção mundial de peixes (Tacon, 1997). Esse modelo caracteriza-se pelo uso de viveiros com baixo fluxo de água e retenção de nutrientes, favorecendo a produtividade primária por meio de processos ecológicos naturais (Zaniboni Filho, 1997). Apesar de seu menor custo de implantação, sua eficiência depende diretamente das condições ambientais e do manejo criterioso.

Por sua vez, os sistemas intensivos oferecem maior controle ambiental e permitem elevadas densidades de estocagem. Operando com fluxo contínuo de água ou recirculação, exigem menor área física e facilitam o manejo de rotina, como alimentação e despesca, podendo reduzir os custos com mão de obra (Tacon, 1997; Zaniboni Filho, 1997). Esses sistemas vêm ganhando destaque, sobretudo em áreas com escassez hídrica ou elevada demanda produtiva.

A piscicultura de surubins, pertencentes ao gênero *Pseudoplatystoma*, tradicionalmente utiliza viveiros escavados e açudes, representando o sistema predominante no Brasil (Brasil, 2008). No entanto, a crescente adoção de sistemas intensivos, como tanques-rede e raceways, evidencia uma transição para modelos produtivos com maior controle s (Silva et al., 2015). Entre os sistemas intensivos, destacam-se os Sistemas de Recirculação em Aquicultura (RAS – Recirculating Aquaculture Systems), os quais vêm se consolidando como uma alternativa promissora para a intensificação sustentável da produção, utilizando tecnologias específicas de tratamento e reaproveitamento da água, permitindo significativa redução no consumo hídrico, minimização da geração de efluentes e maior biossegurança (FAO, 2014; Martins et al., 2010).

Além disso, os RAS otimizam o uso do espaço físico e causam menor impacto ambiental quando comparados aos sistemas convencionais. Um dos principais diferenciais é sua capacidade de manter parâmetros físico-químicos da água, como temperatura, pH, oxigênio dissolvido e alcalinidade, dentro de faixas ideais durante todo o ciclo de produção (Suantika et al., 2018; Calone et al., 2019; Gómez et al., 2019). Essa estabilidade ambiental favorece o bem-estar animal e o desempenho zootécnico, melhorando a conversão alimentar e reduzindo a mortalidade dos organismos cultivados.

Figura 2 - Sistema RAS utilizado no Oásis para cultivo dos surubins juvenis (*P. corruscan*).



Fonte: Autor (2025).

No Brasil, o uso dos RAS no cultivo de espécies nativas tem sido amplamente estudado em diferentes contextos produtivos, impulsionado por avanços tecnológicos e por pesquisas desenvolvidas em universidades e centros de pesquisa. Segundo estimativas anteriores, os sistemas de recirculação representam cerca de 4,5% da produção aquícola nacional, com projeções que indicam um crescimento para até 40% até 2030 (Soares et al.,

2015). Esse avanço está diretamente relacionado ao constante aprimoramento dos subsistemas que compõem os RAS, como descrito por Timmons e Ebeling (2010).

Silva et al. (2022) analisaram o uso do sistema de recirculação em aquicultura (RAS) no cultivo de quatro espécies tropicais de peixes, como tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), tilápia vermelha (*Oreochromis* sp., linhagem híbrida Florida Red), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e jundiá (*Rhamdia quelen*), ao longo de 42 dias, avaliando as relações peso-comprimento e o fator de condição de cada espécie. Os resultados demonstraram ganhos significativos em peso e comprimento, além de fatores de condição consistentes, indicando que o ambiente controlado e a estabilidade físico-química da água foram determinantes para o bom desempenho zootécnico. Os autores também destacam a eficiência do RAS na conversão alimentar e na produção de biomassa, evidenciando seu potencial como alternativa sustentável para a intensificação da aquicultura tropical, especialmente no cultivo de espécies economicamente relevantes.

O funcionamento dos RAS baseia-se em um ciclo de recirculação contínua da água, submetida a diferentes etapas de tratamento. Segundo Pontes e Favarin (2013), o processo inicia-se com a decantação, responsável pela remoção de partículas maiores. Em seguida, ocorre a filtração mecânica, que retém impurezas mais finas, e, por fim, a biofiltração, na qual comunidades bacterianas especializadas realizam a nitrificação, convertendo compostos nitrogenados tóxicos como a amônia em substâncias menos prejudiciais ao ambiente e aos peixes. Dessa forma, os RAS se consolidam como uma alternativa viável para maximizar a eficiência produtiva e, simultaneamente, reduzir os impactos ambientais da atividade aquícola.

Estudos recentes, como o de Labarrère et al. (2013), têm investigado o uso do RAS no cultivo intensivo de espécies nativas, incluindo híbridos de surubim (*Pseudoplatystoma* sp.), ressaltando a importância de monitorar parâmetros fisiológicos e bioquímicos para garantir o bem-estar dos animais sob diferentes condições de estocagem.

Nesse contexto, a adoção dos Sistemas de Recirculação em Aquicultura representa uma alternativa estratégica para intensificar a piscicultura sustentável de espécies nativas como o surubim. Diante dos benefícios dos RAS, é importante avaliar o impacto de tecnologias como a eletroestimulação no desempenho e a imunocompetência de juvenis cultivados nessas condições.

## 2.4 ELETORRECEPÇÃO EM PEIXES

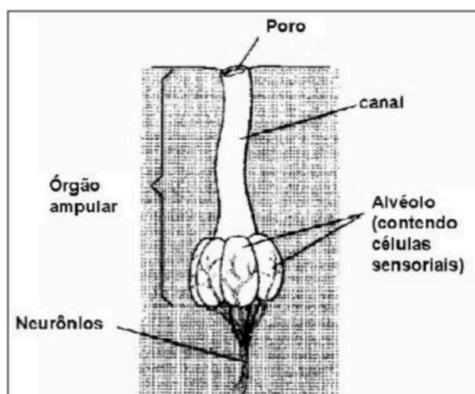
A eletrorrecepção constitui uma capacidade sensorial altamente especializada, por

meio da qual certos organismos aquáticos são capazes de detectar campos elétricos no ambiente (Bullock et al., 1979; Zakon, 1988; Kramer, 1996; Pettigrew, 1999).

Essa habilidade é amplamente distribuída entre diversas espécies de peixes, como na ordem Siluriformes, popularmente conhecidos como bagres. Embora não exclusiva desse grupo, a eletrorrecepção desempenha um papel fundamental em processos comportamentais como a orientação espacial e a localização de presas, sobretudo em condições de baixa visibilidade (Bleckmann, 1993).

Nos Siluriformes, a detecção de estímulos elétricos de baixa frequência ocorre por meio de receptores sensoriais denominados receptores ampuliformes, os quais integram o sistema da linha lateral. A localização desses receptores varia conforme o habitat da espécie: nos bagres de água doce, estão dispostos na epiderme, enquanto em espécies marinhas, esses receptores se encontram alojados em invaginações mais profundas da membrana basal. Essa diferença morfológica reflete adaptações funcionais a diferentes pressões ambientais e tipos de condutividade presentes nos respectivos ecossistemas aquáticos (Bleckmann, 1993).

Figura 3- Estrutura do receptor ampuliforme em Siluriformes.



Fonte: Reis (2016).

A eletrorrecepção pode ser classificada em duas modalidades principais: passiva e ativa, ambas relacionadas à percepção de campos elétricos no ambiente aquático. A modalidade passiva envolve a percepção de campos elétricos já existentes, originados por processos fisiológicos de outros organismos, sendo mediada por receptores ampulários. Já a eletrorrecepção ativa é exclusiva de peixes eletrogênicos, que produzem seu próprio campo elétrico e identificam alterações nele por meio de receptores tuberosos, permitindo-lhes reconhecer objetos e outros seres vivos ao redor (Kramer, 1996).

A ordem Siluriformes, que inclui os bagres eletrorreceptivos, destaca-se por sua ampla distribuição geográfica, habitando tanto ambientes de água doce quanto salgada (Martinez et al., 2008). É importante ressaltar que, das mais de trinta ordens taxonômicas que integram os teleósteos, apenas quatro apresentam espécies eletrorreceptivas.

Diante da relevância da eletrorrecepção passiva em Siluriformes, recentes estudos passaram a investigar o potencial da eletroestimulação controlada como estratégia para intensificar o aprimoramento do desempenho produtivo em juvenis de surubim (*Pseudoplatystoma* sp.). Guedes (2016) investigou os efeitos da estimulação elétrica de 30 Hz e observou que os indivíduos submetidos ao estímulo apresentaram melhor desempenho zootécnico em relação ao grupo controle, com aumento significativo no ganho de peso a partir do 75º dia de cultivo, no comprimento total a partir do 105º dia, bem como no consumo médio diário a partir do 90º dia. Além disso, os parâmetros hematológicos analisados indicaram ausência de estresse fisiológico, sugerindo que a técnica é segura e eficaz para aplicação na aquicultura da espécie.

De forma complementar, Silva (2018) avaliou os efeitos da eletroestimulação de mesma frequência (30 Hz) sobre o comportamento alimentar e os indicadores de sanidade de juvenis de surubim. Os resultados demonstraram um incremento de 30% no ganho de peso e maior consumo de ração nos animais estimulados, em comparação ao grupo controle. Dessa forma, a eletroestimulação de baixa intensidade mostra-se promissora especialmente na fase de engorda, por favorecer o comportamento alimentar e contribuir para o crescimento saudável dos peixes.

## 2.5 PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS

A análise dos parâmetros hematológicos vem sendo amplamente reconhecida como um indicador confiável da saúde geral dos organismos e das condições ambientais em que vivem (Seriani et al., 2013). Essa confiabilidade se deve à complexidade do sangue, cuja fração líquida, o plasma, é composta por cerca de 90% de água e 7% de proteínas, como globulinas e albumina, responsáveis por manter a pressão oncótica e o equilíbrio hídrico no sistema circulatório (Ranzani-Paiva, 1996). Além disso, o plasma transporta hormônios, enzimas, eletrólitos e outros metabólitos essenciais (Ranzani-Paiva, 2007).

A parte celular do sangue formada por eritrócitos, leucócitos e trombócitos, desempenha funções vitais. Os eritrócitos, ou glóbulos vermelhos, são responsáveis pelo transporte de oxigênio e dióxido de carbono, por meio da hemoglobina, que se liga ao oxigênio nos órgãos respiratórios formando oxi-hemoglobina, e depois o substitui pelo gás carbônico nos tecidos (Ranzani-Paiva, 2007). Em peixes, esses glóbulos apresentam morfologia distinta dos mamíferos, sendo nucleados, geralmente ovais ou elipsoidais, com núcleo central.

Os leucócitos desempenham papel fundamental no sistema imunológico, circulando pelo sangue para identificar e reagir a infecções ou lesões. Sua classificação baseia-se em

características como presença de grânulos, tamanho, tipo e quantidade de organelas e coloração ao microscópio (Satake, Pádua & Ishikawa, 2009; Thrall et al., 2007). A contagem diferencial de leucócitos, feita por microscopia óptica em esfregaços corados, é um dos métodos mais utilizados para avaliar a resposta imunológica dos peixes (De Lima Arruda et al., 2019). Alterações nessas contagens estão relacionadas a fatores fisiológicos, patológicos e nutricionais, sendo um indicador importante da saúde animal (Madureira & Gomes, 2010; Santos et al., 2011; Gonçalves, 2017).

A bioquímica sérica complementa a análise hematológica ao oferecer informações sobre o metabolismo, o sistema imune, o estado hormonal e o equilíbrio iônico dos peixes. Parâmetros como glicose, colesterol, proteína total, triglicerídeos, alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST) são frequentemente utilizados para avaliar a resposta fisiológica a dietas, enfermidades e variações ambientais (Kumar & Banerjee, 2016; Md Shahjahan et al., 2022).

Além da avaliação fisiológica, os exames sanguíneos em peixes também são amplamente utilizados na detecção de impactos ambientais, como a presença de poluentes, que podem causar alterações patológicas perceptíveis nos parâmetros hematológicos (Oliveira Ribeiro et al., 2000). Na piscicultura, essas análises são essenciais para o monitoramento sanitário e o diagnóstico precoce de enfermidades em ambientes de cultivo, especialmente em sistemas confinados, onde os peixes estão mais suscetíveis a alterações ambientais e de manejo (Ranzani-Paiva et al., 2013).

Nesse sentido, os parâmetros hematológicos e bioquímicos configuram-se como biomarcadores indispensáveis no contexto da aquicultura moderna. Sua aplicação permite não apenas o monitoramento da saúde e do bem-estar dos peixes em sistemas de cultivo, mas também a detecção precoce de distúrbios metabólicos, imunológicos ou ambientais.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos da eletroestimulação de baixa frequência no desempenho e nos parâmetros hematológicos e bioquímicos de surubins (*Pseudoplatystoma* sp.) cultivados em sistema de recirculação de água (RAS), visando verificar sua viabilidade como alternativa ao manejo convencional.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

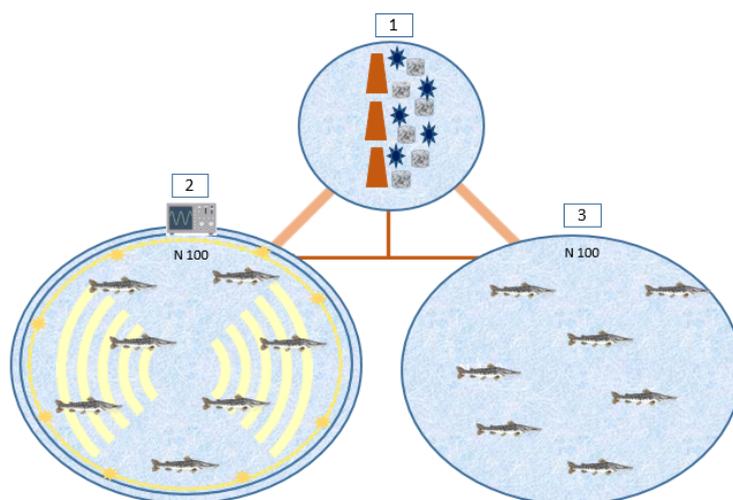
- Avaliar o desempenho zootécnico de surubins submetidos à eletroestimulação;
- Analisar os efeitos da eletroestimulação sobre parâmetros hematológicos, como indicadores do estado fisiológico dos surubins;
- Avaliar alterações nos parâmetros bioquímicos séricos, visando identificar os efeitos da eletroestimulação sobre o metabolismo dos peixes;
- Verificar se a eletroestimulação de baixa frequência contribui para o bem-estar dos animais em ambiente de cultivo intensivo, promovendo melhorias na saúde geral e no rendimento produtivo;
- Investigar o potencial da eletroestimulação como ferramenta de manejo complementar em sistemas RAS, com vistas à sua adoção como estratégia sustentável e eficiente na aquicultura de surubins.
- Avaliar a qualidade físico-química da água durante o cultivo, a fim de verificar sua adequação aos padrões para espécies tropicais.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL E ACLIMATAÇÃO

O estudo foi conduzido na unidade de incremento de escala do Laboratório de Enzimologia Luiz Accioly (LabEnz), vinculado ao Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), no período de junho a dezembro de 2024, totalizando 162 dias de cultivo. Foram utilizados 200 juvenis de *Pseudoplatystoma corruscans*, os quais foram mantidos em tanques circulares confeccionados em PVC, integrados a um sistema de recirculação de água (*Recirculating Aquaculture System – RAS*), composto por filtro biológico com vazão de 2.000 L/h e aeração contínua, garantindo a manutenção das condições ambientais adequadas ao cultivo (Figura 2).

Figura 4- Esquema do cultivo de *P. Corruscan*. com dois grupos: experimental (2- submetido à eletroestimulação) e controle (3 - sem estimulação) em tanques circulares conectados a um sistema de recirculação de água com biofiltro e mídias biológicas (1).



. Fonte: Vasconcelos (2025).

### 4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os indivíduos foram adquiridos de um produtor local, na cidade do Cabo de Santo Agostinho (PE). Em seguida, 200 juvenis de *Pseudoplatystoma corruscan* foram distribuídos aleatoriamente em dois tanques circulares de PVC, com capacidade de 500 litros cada, integrados a um sistema de recirculação de água (RAS). A definição dos tratamentos foi realizada determinando-se aleatoriamente qual tanque corresponderia ao grupo controle, sem aplicação de estímulo elétrico, e qual seria destinado ao grupo experimental, submetido à

eletroestimulação de baixa frequência. Cada unidade experimental recebeu 100 indivíduos.

Na sequência, foram realizadas as biometrias iniciais para caracterização zootécnica dos grupos. O comprimento total (CT) dos peixes foi mensurado com o auxílio de um paquímetro digital, enquanto a massa corporal (g) foi determinada por meio de balança analítica de precisão. Os juvenis do grupo estimulado apresentaram peso médio inicial de  $11,4 \pm 2,76$  g, enquanto os do grupo controle registraram peso médio de  $10,7 \pm 3,63$  g. Em relação ao comprimento, os indivíduos do grupo estimulado apresentaram média de  $10,87 \pm 0,96$  cm, e os do grupo controle,  $10,95 \pm 0,87$  cm. A biomassa total inicial calculada para o grupo estimulado foi de 1.151,4 g, enquanto o grupo controle apresentou 1.070,0 g, respectivamente. As biometrias foram repetidas mensalmente (4x) para acompanhamento do desempenho zootécnico.

#### 4.3 ANÁLISES DOS PARÂMETROS LIMNOLÓGICO

A manutenção da qualidade da água nos tanques experimentais foi assegurada por meio de um sistema de recirculação, equipado com aeração constante e um tanque de biorremediação com capacidade de 1.000 litros, contendo 400 litros de água tratada.

Semanalmente, foram realizadas análises da qualidade da água, por meio da aferição dos seguintes parâmetros: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, amônia total (N-NH<sub>3</sub>), nitrito (N-NO<sub>2</sub>), dureza e alcalinidade total (mg CaCO<sub>3</sub>/L). A temperatura foi mensurada com o auxílio de um oxímetro portátil com termômetro acoplado (Instrutherm, MO-910). O pH da água foi avaliado utilizando um pHmetro digital (Instrutherm, PH-1700). A concentração de amônia total foi determinada por meio de kits comerciais específicos para água doce (Labcon). A dureza e a alcalinidade foram aferidas conforme metodologias padronizadas descritas pela APHA (1997).

#### 4.4 ALIMENTAÇÃO E APLICAÇÃO DA ELETROESTIMULAÇÃO

A alimentação dos surubins foi realizada três vezes ao dia, às 08h, 12h e 16h, cinco dias por semana, de forma *ad libitum*, utilizando ração comercial extrusada (Nutripiscis Juvenil 36 3 4 MM) contendo 45% de proteína bruta durante 162 dias. Ambos os grupos permaneceram por 10 minutos em alimentação em cada um dos horários diários. Ao final de cada sessão, os resíduos alimentares foram removidos manualmente dos tanques, com o objetivo de preservar a qualidade da água.

No grupo estimulado, a eletroestimulação foi aplicada de forma simultânea à alimentação, por um período de 10 minutos em cada um dos três horários diários. Os animais

estimulados foram expostos a um campo elétrico de baixa frequência (30 Hz), com intensidade de 2,5 mV/cm e amplitude de 100 mV. O estímulo foi caracterizado por um sinal de onda quadrada, gerado por um equipamento eletrônico composto por duas hastes metálicas conectadas a um gerador de sinais, com saída ajustada para emissão contínua e monitorada por meio de um osciloscópio (Tektronix 2225, 50 MHz). As hastes foram fixadas em flutuadores de PVC, nos quais também foram posicionados eletrodos de referência, assegurando a distribuição uniforme do campo elétrico no interior do tanque.

Figura 5 - Sistema de eletroestimulação com hastes metálicas para distribuição uniforme do campo elétrico no tanque.



Fonte: Autor (2025).

Para a realização das biometrias e a aferição dos parâmetros zootécnicos, os peixes foram removidos gradualmente dos tanques de cultivo e transferidos para caixas contendo água proveniente do próprio sistema, a fim de minimizar o estresse durante o manejo. Em seguida, procedeu-se à medição dos indivíduos, incluindo comprimento total (da extremidade anterior da cabeça até a última vértebra, desconsiderando a nadadeira caudal), comprimento padrão a extremidade anterior da cabeça até a base da nadadeira caudal) e peso corporal total (g).

Com base nas informações obtidas nas biometrias realizadas durante o período experimental, foram calculados os principais indicadores de desempenho zootécnico dos juvenis, conforme a metodologia descrita por Heluy et al. (2020). A taxa de sobrevivência (TS) foi determinada pela razão entre o número final e o número inicial de peixes, multiplicada por 100. O ganho de peso (GP) foi obtido pela diferença entre o peso médio final e o peso médio inicial dos peixes. A taxa de conversão alimentar (TCA) foi obtida pela razão entre o consumo total médio e o ganho de peso, enquanto a taxa de eficiência alimentar (TEA) foi determinada pela divisão do ganho de peso pelo consumo total médio.

A taxa de crescimento específico (TCE), expressa em porcentagem por dia, foi calculada utilizando a fórmula  $[(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{número de dias}] \times 100$ . Por fim, o fator de condição (FC), expresso em  $\text{g/cm}^3$ , foi calculado com base na fórmula  $(\text{peso final} / \text{comprimento corporal ao cubo}) \times 100$ .

#### 4.5 AMOSTRAGEM E COLETA SANGUÍNEA

Do total de animais cultivados, foram selecionados aleatoriamente 20 juvenis de *Pseudoplatystoma corruscans*, de forma equitativa entre os dois grupos experimentais, sendo 10 juvenis do grupo submetido à eletroestimulação, e 10 juvenis do grupo controle, sem intervenção. Ao término do período experimental, os peixes foram removidos gradualmente dos tanques de cultivo. Inicialmente, realizou-se a retirada dos indivíduos pertencentes ao grupo submetido à eletroestimulação, seguida pela coleta dos peixes do grupo controle. A transferência foi realizada gradualmente, com pequenos grupos de animais sendo realocados em caixas contendo água proveniente do próprio sistema de recirculação, a fim de minimizar o estresse causado pela manipulação e transporte. Em seguida, foi realizada a biometria final.

Os peixes foram anestesiados com Tricaína metano sulfonato (MS-222, Sigma-Aldrich) na concentração de 150 mg/L. Em seguida, foi realizada a punção da veia caudal utilizando seringas descartáveis, contendo 1  $\mu\text{L}$  de EDTA a 10%, conforme os protocolos descritos por Popovic et al., (2012); Araújo et al., (2018).

Figura 6 - Coleta sanguínea realizada por punção da veia caudal em juvenis de *Pseudoplatystoma corruscans*, com o auxílio de seringa contendo anticoagulante (EDTA a 10%), conforme protocolos padronizados para análises hematológicas.



Fonte: Autor (2025).

#### 4.6 HEMATOLOGIA

Para a avaliação dos parâmetros hematológicos, foi preparado esfregaços sanguíneos em triplicata por indivíduo, totalizando 24 lâminas, sendo 12 referente ao grupo estimulado e 12 referente ao grupo controle. As lâminas foram coradas de forma pancromática, utilizando o corante de Rosenfeld, conforme descrito por Rosenfeld (1947) e Vasconcelos (2024), e analisadas em microscópio óptico com objetiva de 100× no Laboratório de Enzimologia da UFPE. A quantificação percentual dos diferentes tipos de leucócitos foi realizada por meio da análise diferencial de 100 células por lâmina, conforme a metodologia de Svobodova et al. (1991), permitindo determinar os índices de trombócitos, linfócitos, neutrófilos, monócitos e eosinófilos/basófilos.

Figura 7 - Etapa de coloração pancromática de esfregaços sanguíneos segundo o método de (Rosenfeld 1947; Vasconcelos, 2024).



Fonte: Autor (2025).

#### 4.7 BIOQUÍMICA SÉRICA

Para a determinação dos parâmetros bioquímicos séricos, o sangue coletado foi submetido à centrifugação a 2.000 g, durante 25 minutos, a 4 °C, conforme o protocolo de separação do soro descrito por Jagruthi et al. (2014). O plasma obtido foi cuidadosamente armazenado a -20 °C , para quantificação dos componentes bioquímicos, a qual foi realizada em triplicata utilizando kits comerciais da marca LABORLAB® e adaptados para o protocolo

do laboratório de enzimologia da (UFPE). Foram avaliados os seguintes parâmetros bioquímicos séricos: glicose, albumina, triglicerídeos, colesterol, proteína total e globulina.

Figura 8 - Procedimento de pipetagem durante a preparação das amostras para análise da bioquímica sérica.



Fonte: Autor (2025).

#### 4.8 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Antes das análises estatísticas, os dados referentes à hematologia e bioquímica sérica foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Levene, com o objetivo de verificar a normalidade e a homocedasticidade, respectivamente. Em seguida, para as variáveis que apresentaram distribuição normal, foi aplicado o teste t de Student para amostras independentes para comparação entre os tratamentos. Os resultados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão. Todas as análises estatísticas foram realizadas por meio do software Jamovi, versão 2.3.28. Consideraram-se estatisticamente significantes as diferenças com valor de  $P < 0,05$ .

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante todo o experimento, os parâmetros físico-químicos da água foram monitorados, apresentando valores médios compatíveis com condições favoráveis ao cultivo. A temperatura média foi de  $27,07 \pm 0,63$  °C, mantendo-se dentro da faixa ideal para espécies tropicais. Ademais, tal temperatura encontra-se dentro dos limites recomendados por para o pintado ( $30,1$  °C) de acordo com Marques et al. (1992). Em comparação, Fantini e Campos (2010) observaram temperaturas médias mais elevadas, variando entre  $28,7$  °C e  $29,5$  °C, em sistemas de tanques-rede expostos ao ambiente. Essa diferença pode ser atribuída ao tipo de sistema empregado, uma vez que o sistema de recirculação utilizado neste estudo oferece maior controle térmico, minimizando a influência de fatores ambientais externos.

O pH médio registrado foi de  $7,40 \pm 0,27$ , valor que se mantém dentro da faixa ideal recomendada para sistemas aquícolas, entre 7,0 e 8,0, conforme descrito por Kubitzka (2006). As variações diárias observadas foram menos acentuadas que as reportadas por Silva *et al.* (2017), que encontraram flutuações entre  $7,63 \pm 0,75$  e  $8,93 \pm 0,49$  durante o cultivo de *Pseudoplatystoma* spp. em sistemas intensivos. Essa estabilidade sugere uma maior eficiência do sistema de tamponamento no RAS utilizado, o que favorece os processos de nitrificação e contribui para o equilíbrio biológico geral. Esses achados corroboram os resultados obtidos por Marengoni et al. (2013), em estudo com cultivo de tilápias em sistema de recirculação aquícola (RAS), no qual o pH oscilou entre 7,33 e 7,53. Ambos os estudos evidenciam a eficácia dos sistemas RAS na manutenção de uma alcalinidade adequada, fator essencial para a estabilidade do ambiente e para o desempenho zootécnico dos peixes.

O estudo de Cavalcante (2012), ao avaliar relações entre dureza e alcalinidade no cultivo de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em condições laboratoriais, mostrou que o desequilíbrio dessas variáveis pode comprometer a qualidade da água e o desempenho zootécnico dos peixes. No presente trabalho, a dureza média registrada foi de  $3,75 \pm 0,61$  mg/L, valor relativamente inferior às faixas recomendadas para piscicultura (20 a 200 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ ), segundo Vinatea (2004). No entanto, não foram observados prejuízos ao desempenho produtivo dos animais, o que pode ser atribuído ao adequado tamponamento do pH e à eficiência dos processos biológicos do RAS.

Quanto aos compostos nitrogenados, os níveis médios de amônia ( $\text{NH}_3$ ) foram baixos ( $0,18 \pm 0,12$  mg/L), e os de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) mantiveram-se em  $0,43 \pm 0,18$  mg/L, valores considerados adequados para a criação de peixes, conforme os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para águas doces de classe II. Ainda que o valor de nitrito esteja próximo do limite superior recomendado ( $< 0,50$  mg/L), sua manutenção dentro dos padrões aceitáveis sugere que o processo de nitrificação foi eficaz ao longo do experimento, provavelmente pela presença de colônias ativas de bactérias nitrificantes, associadas a uma

aeração constante e bom desempenho do biofiltro. Portanto, os resultados obtidos corroboram a literatura quanto à importância do monitoramento contínuo dos parâmetros físico-químicos da água e evidenciam a efetividade do sistema RAS utilizado.

Os resultados obtidos para os índices zootécnicos dos juvenis de *Pseudoplatystoma* sp. demonstraram um melhor desempenho produtivo no grupo estimulado, conforme evidenciado na **tabela 1**.

Tabela 1 - Índices zootécnicos dos juvenis submetidos à eletroestimulação (Grupo Estimulado) e sem estímulo (Grupo Controle).

Parâmetros Avaliados	Estimulado	Controle
S (%)	65,35	71,00
GP (g)	35,35	27,25
TCA (g)	1,55	4,30
TEA (%)	0,65	0,23
TCE (g)	1,28	1,15
FC	0,64	0,83

Legenda: S (sobrevivência; %); GP (ganho de peso; g); TCA (taxa de conversão alimentar); TEA (taxa de eficiência alimentar); TCE (taxa de crescimento específico; % dia<sup>-1</sup>); FC (fator de condição; g cm<sup>-3</sup>).

Fonte: Autor (2025).

A taxa de sobrevivência observada no grupo submetido à eletroestimulação foi menor à do grupo controle, o que pode indicar uma sensibilidade fisiológica de alguns indivíduos ao estímulo aplicado.

Apesar da redução na sobrevivência, o grupo estimulado apresentou um melhor desempenho nos demais índices zootécnicos. Já o ganho de peso médio foi maior nos peixes estimulados (35,35 g) em comparação ao grupo controle (27,25 g). Essa melhoria refletiu-se em uma taxa de conversão alimentar (TCA) significativamente menor no grupo estimulado (1,55 g), indicando maior eficiência na transformação do alimento em biomassa, enquanto o grupo controle apresentou TCA (4,30 g), denotando baixa eficiência alimentar. Esse padrão de resposta é compatível com os resultados obtidos por Silva (2018), que verificou incremento de aproximadamente 30% no ganho de peso em surubins submetidos à eletroestimulação, atribuídos ao aumento no consumo alimentar e à maior atividade locomotora, que favorece o apetite.

A taxa de eficiência alimentar (TEA) e a taxa de crescimento específico (TCE) corroboram o melhor desempenho do grupo estimulado. A TEA foi quase três vezes maior nos peixes que receberam estímulo elétrico do que no grupo controle, indicando melhor

aproveitamento nutricional. A TCE, revelou crescimento mais acelerado ao longo do período experimental, confirmando o efeito positivo do estímulo sobre o crescimento dos peixes, o que está em consonância com os achados de Guedes (2016), que observou crescimento mais acentuado em juvenis de *Pseudoplatystoma* spp. a partir do 75º dia de cultivo sob eletroestimulação contínua. Entretanto, ao contrário dos demais parâmetros, o fator de condição (FC) no grupo estimulado (0,64) em relação ao controle (0,83), sugere uma conformação corporal menos robusta nos peixes que receberam estímulo elétrico. Esse resultado pode estar associado a uma redistribuição de energia, favorecendo o crescimento linear em detrimento de reservas corporais.

Além das comparações com estudos envolvendo eletroestimulação, os resultados deste trabalho contrastam com aqueles obtidos em sistemas de cultivo extensivos ou semi-intensivos. Liranço et al. (2011), observou que pintados criados em viveiros escavados apresentaram melhor desempenho zootécnico do que aqueles mantidos em tanques-rede, embora ambos os sistemas tenham exibido taxas de conversão alimentar elevadas (entre 3,09 e 4,15). No presente estudo, mesmo com tempo de cultivo reduzido e peso inicial inferior, os peixes estimulados apresentaram ganho de peso expressivo, associado a baixas taxas de mortalidade e elevada eficiência alimentar, o que sugere que o uso do sistema de recirculação (RAS), aliado à eletroestimulação, pode oferecer vantagens em relação ao desempenho.

De forma semelhante, Pilecco et al. (2014), ao avaliar *Pseudoplatystoma* spp. cultivados em viveiros escavados, observou conversões alimentares relativamente elevadas (entre 2,62 e 3,66), mesmo com uso de rações comerciais de alta qualidade e controle das variáveis limnológicas. Os dados obtidos indicam relação eficiente entre consumo e crescimento, o que pode ser atribuído ao ambiente mais estável do RAS e à modulação metabólica promovida pelo estímulo elétrico.

Em síntese, os resultados indicam que a eletroestimulação representa uma tecnologia promissora para otimização do desempenho zootécnico em sistemas intensivos de cultivo, destacando-se no aumento do ganho de peso e na eficiência alimentar. Contudo, a redução observada na sobrevivência e no fator de condição enfatiza a necessidade de otimizar os parâmetros de aplicação do estímulo, bem como a realização de estudos futuros que avaliem os efeitos fisiológicos, imunológicos e de bem-estar dos animais em médio e longo prazo.

A análise dos parâmetros hematológicos evidenciou alterações significativas na resposta imune dos juvenis submetidos à eletroestimulação, conforme apresentado na **tabela 2**.

Tabela 2 –Parâmetros hematológicos dos juvenis de *Pseudoplatystoma corruscan*.

Estimulado	Controle	P-valor
------------	----------	---------

Trombócitos (%)	26,58 ± 15,00 <sup>a</sup>	7,92 ± 4,62 <sup>b</sup>	< <b>0,001</b>
Neutrófilos (%)	4,00 ± 6,84 <sup>a</sup>	1,42 ± 4,9 <sup>b</sup>	< <b>0,048</b>
Monócitos (%)	0,67 ± 1,16 <sup>a</sup>	0,67 ± 0,89 <sup>a</sup>	<b>0,845</b>
Linfócitos (%)	67,33 ± 15,22 <sup>b</sup>	89,67 ± 8,90 <sup>a</sup>	< <b>0,001</b>

Legenda: Valores expressos em média ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste t para amostras independentes ( $P < 0,05$ ). Fonte: Autor (2025)

Os juvenis submetidos à eletroestimulação apresentaram um aumento expressivo na porcentagem de trombócitos (26,58 ± 15,00%) em comparação ao grupo controle (7,92 ± 4,62%), com  $P < 0,001$ . Nos peixes, os trombócitos exercem papel semelhante ao observado em mamíferos no que se refere à coagulação sanguínea. No entanto, estudos também evidenciam sua atuação na defesa do organismo, por meio da atividade fagocitária, o que os torna componentes importantes tanto da resposta hemostática quanto da manutenção da homeostase fisiológica (Tavares-Dias et al., 2002).

Esses dados reforçam a hipótese de que a trombocitose observada em peixes pode refletir não apenas mecanismos de coagulação, mas também uma ação imunomoduladora em resposta a diferentes estímulos fisiológicos, sejam eles físicos ou nutricionais. Dessa forma, os resultados sugerem que o aumento de trombócitos em peixes cultivados sob eletroestimulação pode ser interpretado como um indicativo de ativação leve do sistema imune, sem configurar, necessariamente, um quadro de estresse agudo ou resposta patológica (Tavares-Dias et al., 2007; Bozzo et al., 2007).

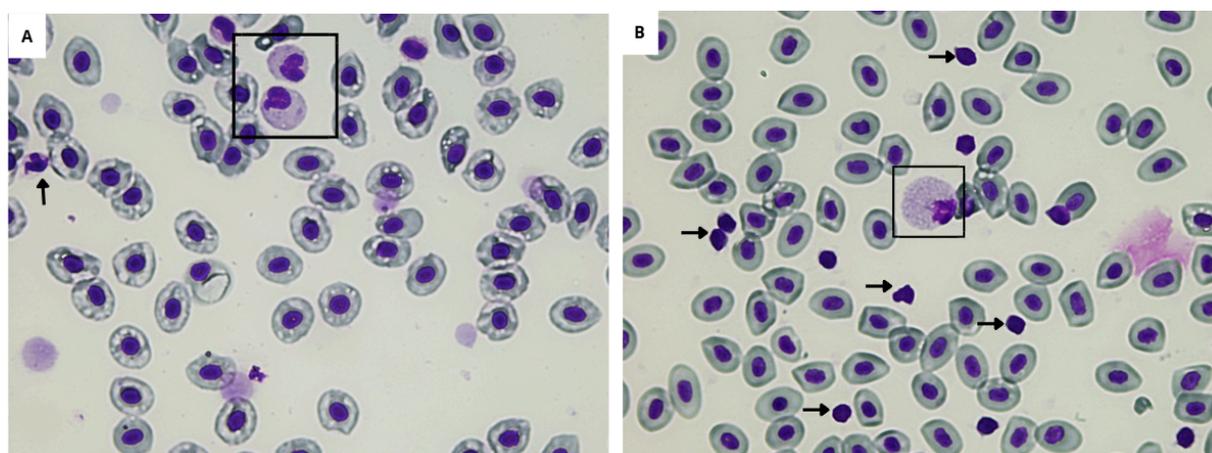
De forma semelhante aos trombócitos, os neutrófilos apresentaram valores significativamente mais elevados no grupo estimulado (4,00 ± 6,84%) em comparação ao controle (1,42 ± 4,90%), com  $P = 0,048$ . Os neutrófilos desempenham papel central na defesa imunológica inata, sendo as primeiras células a responderem a invasores por meio da fagocitose. Em situações de estresse agudo, observa-se um incremento dessa resposta, enquanto o estresse crônico está associado a efeitos imunossupressores que podem comprometer a homeostase do organismo (Vazzana et al., 2002).

A presença de neutrofilia, associada ao aumento de trombócitos, configura um padrão típico de mobilização imunológica frente a estímulos físicos moderados, como já observados em estudos com tilápias e tambaquis expostos a condições de estresse ambiental (Tavares-Dias & Moraes, 2007; Urbinati et al., 2004). O aumento dos neutrófilos na circulação decorre da diminuição da diapédese, ou seja, da migração dessas células para os tecidos, associada a um prolongamento de sua permanência no compartimento circulante, com deslocamento do compartimento marginal (Mazeaud et al., 1977; Rijnberk & Mol, 1997).

Em contraste, os linfócitos apresentaram uma redução significativa no grupo estimulado (67,33 ± 15,22%) em relação ao controle (89,67 ± 8,90%), com  $P < 0,001$ ,

caracterizando linfopenia. Esse processo pode ser justificado pela redistribuição das células linfocitárias circulantes, que são retidas nos tecidos linfóides e na medula óssea, além da lise de certos tipos de linfócitos nos linfonodos, conforme descrito por Mazeaud et al. (1977) e Rijnberk & Mol (1997). Os linfócitos são células arredondadas, com núcleo de cromatina densa e escasso citoplasma, cuja razão núcleo/citoplasma é elevada. Apresentam projeções citoplasmáticas, o que permite diferenciá-los dos trombócitos nas lâminas sanguíneas. Segundo Matos e Matos (1995), esses leucócitos podem variar em tamanho, sendo classificados em pequenos e grandes. Do ponto de vista funcional, os linfócitos participam ativamente da resposta inflamatória e imunológica, atuando na fagocitose e desempenhando papel essencial nos mecanismos de defesa do hospedeiro (Thrall et al., 2007).

Figura 9 – Células do sangue periférico de (*P. Corruscan*) em extensão sanguínea. (Panótico, 100x).



Legenda: A – Estimulado; B - Controle; Quadrado – Neutrófilos; Setas - Linfócitos. Fonte: Autor (2025).

Por outro lado, os monócitos não apresentaram diferenças significativas entre os grupos. Esse resultado sugere que a eletroestimulação não interferiu diretamente na população de monócitos circulantes, ao contrário do que foi observado para trombócitos, neutrófilos e linfócitos.

A análise bioquímica sérica dos juvenis permitiu avaliar possíveis efeitos metabólicos da eletroestimulação de baixa frequência durante o cultivo. Embora os resultados obtidos não tenham apresentado diferenças estatisticamente significativas ( $P > 0,05$ ), observou-se uma tendência de variação entre os grupos que pode indicar adaptações fisiológicas relevantes (**Tabela 3**).

Tabela 3 –Parâmetros bioquímicos séricos dos juvenis de *Pseudoplatystoma Corruscan* dos grupos eletroestimulado e controle.

	Estimulados	Controle	<i>P-valor</i>
Glicose	93,72 ± 8,45 <sup>a</sup>	106,48 ± 11,25 <sup>a</sup>	<b>0,077</b>
Colesterol	187,24 ± 15,75 <sup>a</sup>	181,25 ± 8,930 <sup>a</sup>	<b>0,481</b>
Triglicérides	170,81 ± 32,21 <sup>a</sup>	200,09 ± 33,49 <sup>a</sup>	<b>0,196</b>
Albumina	9,262 ± 1,611 <sup>a</sup>	10,392 ± 2,294 <sup>a</sup>	<b>0,393</b>
Proteína Total	18,752 ± 1,575 <sup>a</sup>	19,085 ± 2,636 <sup>a</sup>	<b>0,814</b>
Globulina	9,491 ± 0,642 <sup>a</sup>	8,693 ± 2,818 <sup>a</sup>	<b>0,554</b>

Legenda: Glicose ( mg/dL<sup>-1</sup>); Colesterol (mg/dL<sup>-1</sup>); Triglicérides (mg/dL<sup>-1</sup>); Albumina (g/dL<sup>-1</sup>); Globulina (g/dL<sup>-1</sup>); Proteína total (g/dL<sup>-1</sup>). Valores expressos em média ± desvio padrão. Consideraram-se estatisticamente significativas as diferenças entre os grupos quando. ( $P < 0,05$ ). Fonte: Autor (2025).

A glicose plasmática é amplamente reconhecida como um marcador sensível de distúrbios fisiológicos em peixes, sendo influenciada por diversos fatores estressores, como temperatura, transporte e manuseio (Urbinati et al., 2004; Morgan; Iwana, 1997).

O grupo submetido à eletroestimulação apresentou níveis médios de glicose (93,72 ± 8,45 mg/dL) semelhantes aos do grupo controle (106,48 ± 11,25 mg/dL), indicando estabilidade glicêmica e ausência de resposta ao estresse agudo. Esses resultados corroboram estudos anteriores que destacam a glicose como marcador sensível ao estresse secundário, sugerindo que a eletroestimulação, nas condições aplicadas, não comprometeu a homeostase dos juvenis de *Pseudoplatystoma corruscans*, (Morgan e Iwama, 1997; Martins, 2005)..

Os demais parâmetros bioquímicos analisados não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, indicando que a eletroestimulação não exerceu efeito adverso sobre o metabolismo energético, lipídico e proteico. As proteínas plasmáticas, que desempenham funções essenciais como transporte de metabólitos, manutenção da pressão oncótica, regulação do equilíbrio ácido-básico e atuação na resposta imune (Eckersall, 2008), permaneceram estáveis, evidenciando que o estado nutricional, os processos inflamatórios e a função hepática não foram comprometidos (Santana et al., 2008).

De forma geral, os dados obtidos neste estudo indicam que a eletroestimulação de baixa frequência, quando aplicada de maneira controlada e contínua, não comprometeu a homeostase bioquímica dos peixes. Diferentemente de estímulos intensos e agudos, como o transporte ou o ruído, a eletroestimulação não desencadeia respostas fisiológicas típicas do estresse, como hiperglicemia acentuada ou catabolismo exacerbado. Embora a literatura sobre o uso dessa técnica em peixes ainda seja limitada, os resultados observados permitem comparações com outras práticas de estresse controlado. Chagas et al. (2012), por exemplo, ao avaliarem tambaquis suplementados com  $\beta$ -glucano submetidos ao transporte, relataram que os parâmetros bioquímicos retornaram aos níveis basais em até 24 horas após o evento

estressor. No presente trabalho, as amostras foram coletadas após um período prolongado de eletroestimulação, o que reforça a hipótese de que esse estímulo, quando bem manejado, pode atuar como um modulador sensorial leve, sem provocar alterações metabólicas deletérias.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que a eletroestimulação de baixa frequência pode ser uma ferramenta promissora no cultivo de juvenis de surubim (*Pseudoplatystoma* spp.), promovendo ganhos zootécnicos expressivos em condições controladas de sistema de recirculação de água (RAS). O aumento do ganho de peso, a melhora na conversão alimentar e o crescimento mais eficiente observados nos indivíduos estimulados apontam para o potencial da técnica como aliada no manejo alimentar, especialmente em sistemas intensivos de produção.

Do ponto de vista fisiológico, os dados hematológicos sugerem que a estimulação elétrica ativou a resposta imune inata sem causar desequilíbrios significativos, o que aponta para a segurança da técnica quando aplicada nas condições testadas. Ainda que tenha havido uma leve redução na taxa de sobrevivência e no fator de condição, os benefícios observados superam essas limitações, indicando que ajustes nos parâmetros de aplicação podem ampliar seus efeitos positivos.

Dessa forma, a eletroestimulação surge como uma alternativa viável para ser incorporada ao conjunto de estratégias de manejo no cultivo do surubim. Sua aplicação em sistemas como o RAS pode contribuir para uma produção mais eficiente, com ganhos zootécnicos relevantes e bem-estar animal.

Contudo, é importante destacar que a literatura científica sobre o uso da eletroestimulação em peixes ainda é escassa, sobretudo no que diz respeito à sua aplicação voltada para o estímulo do apetite e da imunidade em condições de cultivo. A escassez de dados, especialmente para espécies nativas como o surubim, reforça a necessidade de novos estudos que explorem diferentes intensidades, frequências, durações e contextos de aplicação, bem como os mecanismos fisiológicos subjacentes a essas respostas.

## REFERÊNCIAS

BARTLEY, D.M.; RANA, K.; IMMINK, A.J. The use of inter-species hybrids in aquaculture and their reporting to FAO. **The FAO Aquaculture Newsletter**, n. 17, p. 7-13, 1997

ALMEIDA, Luciana Cristina; USHIZIMA, Thiago Tetsuo; SANTAMARIA, Fábio. Nutrição de surubim: desafio para a aquicultura. **Revista Eletrônica Nutritime**, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 2256–2271, mar./abr. 2013. Artigo 192.

ALVES, A.L. et al. Genética aplicada a piscicultura. In: RODRIGUES, A.P.O. et al (Orgs.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimento**. 1ª Ed. EMBRAPA, Cap. 8, p. 273-300. 2013

ARAÚJO, A. A. **Desenvolvimento do sistema sensorial do jundiá *Rhamdia quelen* (Siluriformes, Heptapteridae)**. 83f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular), Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2011.

ARIAS, A. R. L. et al. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 61-72, 2007.

BARTLEY, D.M.; RANA, K.; IMMINK, A. J. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 10, p. 325–337, 2001.

BERNARDI, M. M. et al.. **Toxicologia aplicada à medicina veterinária**. São Paulo: Manole, 2008. 942 p.

BERTOL, R. A. Q. **Resposta imune de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos ao estresse agudo e ao estresse crônico e infectados com *Aeromonas hydrophila***. 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

BITTENCOURT, F. et al. Densidade de estocagem do surubim do Iguaçu (*Steindachneridion melanodermatum*) cultivado em tanque-rede no reservatório Governador José Richa. **Revista Cultivando o Saber**, v. 6, n. 1, p. 201–209, 2013.

BLECKMANN, H. Role of lateral line in fish behavior. In: PITCHER, T.J. (Ed.) **Behaviour of Telost Fishes**. Chapman & Hall, London, p.201-246, 1993.

BOLS, N. C.; et al. Ecotoxicology and innate immunity in fish. **Developmental and Comparative Immunology**, n. 25, p. 853-873, 2001.

BOZZO, F. R. et al. Kinetics of cellular component in inflammatory response induced by different stimuli in the swim bladder of pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887 (Characidae). **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, p. 302–308, 2007.

BRANDÃO, F. R.; GOMES, L. C.; CHAGAS, E. C.; ARAÚJO, L. D. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 4, p. 357–362, 2004.

BRASIL. **Ministério da Pesca e Aquicultura**. Boletim estatístico da pesca e aquicultura: produção pesqueira municipal 2023 – v. 51. Brasília, DF: MPA, 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/noticias/ppm\\_2023\\_v51\\_br\\_informativo.pdf](https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/noticias/ppm_2023_v51_br_informativo.pdf). Acesso em: 19 jun. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. Balança comercial do 60 pescado

2009. Disponível em: < www.mpa.gov.br> Acesso em 19 junho 2025.

BRITSKI, H. A. SATO, Y. et al. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chave de identificação para os peixes da bacia do São Francisco**. 1984.

BULLOCK, T. H. 1974 - Specialized receptors in lower vertebrates. An essay on the discovery of sensory receptors and the assignment of their functions together with an introduction to electroreceptors. In: **Handbook of Sensory Physiology**, 3(3) New York, A. Fessard & Springer-Verlag.

BURKERT, D. **Cultivo do surubim em tanques-redes com três rações para peixes carnívoros** 2002. 78f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Centro de Ciência e Tecnologia Agropecuária, Universidade do Norte Fluminense, Goytacazes, Rio de Janeiro, RJ.

CALONE, R et al. Improving water management in European catfish recirculating aquaculture systems through catfish-lettuce aquaponics. *Science of The Total Environment* (2019).

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 Brasil**. 2a ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2010. p. 335–362.

CARVALHO, D. C. et al Identificação molecular de peixes: o caso do Surubim (*Pseudoplatystoma* spp.). **Revista Brasileira de Reprodução Animal**. Belo Horizonte, MG. v. 32, n. 4, p. 215-219, 2008.

CASTAGNOLLI, N. Criação de peixes de água doce. Jaboticabal: **FUNEP**, 1992. 189 p.

CAVALCANTE, D. H. **Relação dureza/alcalinidade da água e seus efeitos sobre a qualidade da água, do solo e desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), mantidos em condições laboratoriais**. 2012.

CAVERO, B. A. S. et al. Biomassa sustentável de juvenis de pirarucu em tanques-rede de pequeno volume. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 723–728, 2003.

CHAGAS, C.E. et al. Produtividade de tambaqui criado em tanque - rede com diferentes taxas de alimentação. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.1109-1115, 2007.

COLLIN, S.P.; WHITEHEAD, D. The functional roles of passive electroreception in non electric fishes. **Animal Biology**, v.54, n.1, p.1-25, 2004.

COSTA, Daniela Chemim de Melo et al. O surubim na aquacultura do Brasil. **Rev Bras Reprod Anim**, Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.150-158, jul./dez. 2006

COULIBALY, A. et al. First results of floating cage culture of the African catfish *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840: Effect of stocking density on survival and growth rates. **Aquaculture**, v. 263, p. 61–67, 2007..

CREPALDI, D. V, et al. Comparação do desempenho de surubim puro, *P. Coruscans* e o híbrido *P. Corruscans* x *P. Fasciatum* em 3 densidades de estocagem. In: World Aquaculture 2003, Salvador. Anais... Salvador: World **Aquaculture Society**, 2003. p.211. Resumo.

CREPALDI, D. V. et al. O surubim na aquacultura do Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.150-158, 2006.

DA SILVA, A. S. E. J. et al Hematologia em peixes. **Revista Centauro**, v. 3, n. 1, p. 24–32, 2012. Versão on-line. ISSN 178-7573.

DA SILVA, Fabricio Nilo Lima et al. Qualidade da água proveniente de poço artesiano em viveiro de piscicultura. **Pubvet**, v. 11, p. 646-743, 2017

DE ARAÚJO, L. D. et al. Respostas de tambaquis ao estresse por transporte após alimentação com dietas suplementadas com  $\beta$ -glucano. **Biotemas**, v. 25, n. 4, p. 221–227, 2012.

DO NASCIMENTO, Vagner Geronimo et al. Rendimento de carcaça, composição química e resistência de couro da tilápia cultivada em viveiros escavados e tanques-rede. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e17711729778-e17711729778, 2022.

ECKERSALL, P. D. Proteins, Proteomics and the Dysproteinemias. In: KANEKO, J. J. et al. **Clinical biochemistry of domestic animals**, 6th ed. Burlington: Academic Press, 2008. p. 117-155.

EL-SAYED, A. F. M. Effects of stocking density and feeding levels on growth and feed efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry. **Aquaculture Research**, v. 33, p. 621–626, 2002.

FANTINI, Leticia Emiliani; CAMPOS, Cristiane Meldau. Criação de surubins *Pseudoplatystoma* spp. em sistema de tanques-rede submetidos a diferentes densidades de estocagem. **ANAIS DO ENIC**, n. 2, 2010.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018**: meeting the sustainable development goals. Rome: FAO, 2018.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**: towards blue transformation. Rome: FAO, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc0461en>. Acesso em: 05 de maio de 2025.

FAO. The state of world fisheries and aquaculture. Opportunities and challenges. **Food and Agriculture Organization of the United Nations** (2014).

FARIA P. M. C, et al. Rendimento de carcaça do surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) em diferentes classes de peso. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 43, 2006, João Pessoa, PB. Anais ... CD-ROM. João Pessoa: SBZ, 2006.

FERNANDES, F. W. L. **Efeito do  $\beta$ -glucano associado ao estresse de manejo e desafio bacteriano, sobre o sistema antioxidante e estresse oxidativo de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2023.

FERREIRA, Valéria Fernandes; et al. Evolução da piscicultura no estado de Mato Grosso: panorama da cadeia produtiva de peixes em cativeiros. **Revista Equador**, v. 12, n. 3, p. 383-402, 2023.

Fowler HW. Os peixes de água doce do Brasil. **Arq Zool**, v.6, p.405-625, 1951.

GARCIA, F. et al. Hematologia de tilápia-do-nilo alimentada com suplemento à base de algas frente a desafios de estresse agudo e crônico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 198–204, 2012..

GODINHO, H. P. et al. **Águas, peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2003. p. 15–24.

GÓMEZ, S. et al. Bioremediation of organic sludge from a marine recirculating aquaculture

system using the polychaete *Abarenicola pusilla* (Quatrefages, 1866). **Aquaculture**, 507, 377-384 (2019).

GONÇALVES, E. G. **Coefficientes de digestibilidade aparente da proteína e da energia dos alimentos e exigência de proteína digestível em dietas para o crescimento do pintado, *Pseudoplatystoma coruscans***. Jaboticabal, SP: UNESP, 2002. 52p. Dissertação (Mestrado em aquicultura). Centro de Aquicultura da UNESP, 2002.

GUEDES, H. C. **Análise dos parâmetros zootécnicos e hematológicos na avaliação do bem-estar de surubins (*Pseudoplatystoma coruscans*) estimulados com campo elétrico de baixa intensidade**. 2016. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

HELUY, G. M. et al. *Origanum vulgare* essential oil as an additive in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings reared in salinized water. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 8, p. 3237–3243, ago. 2020.

HELUY, G.M. et al (2024). Immunomodulatory effect of shrimp by-products in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Observatório de la Economía Latinoamericana**, 22(12), e8019-e8019.

HELUY, G. M. et al. Effects of yellow passion fruit (*Passiflora edulis*) residue in diets for *Oreochromis niloticus* in a recirculating aquaculture system with integrated lettuce cultivation. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 22, n. 12, p. 01–19, 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009 (POF). Disponível em: <IBGE | Portal do IBGE | IBGE> Acesso em 5 de junho de 2025.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Estatística da pesca 2006**: Brasil, grandes regiões e Unidades da Federação. Disponível em: < [http://www.ibama.gov.br/rec\\_pesqueiros/index.php?id\\_menu=100](http://www.ibama.gov.br/rec_pesqueiros/index.php?id_menu=100) > Acesso em 20 de junho de 2025.

ISHIKAWA, M. M. et al. Heparina e Na<sub>2</sub>EDTA como anticoagulantes para surubim híbrido (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *P. coruscans*): eficácia e alterações hematológicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.7, p.1557-1561, 2010.

IWAMA G. & NAKANISHI T. 1996. **The Fish Immune System**. Academic Press, London. 380p. Brasília. 99p.

JAGRUTHI, C.; et al. Effect of dietary astaxanthin against *Aeromonas hydrophila* infection in common carp, *Cyprinus carpio*. **Fish & Shellfish Immunology**, 41(2), 674-680.

KUBITZA, F. Preparo de rações e estratégias de alimentação no cultivo intensivo de peixes carnívoros. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS, 1995, Campos do Jordão, Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. **Anais**. 1995. p. 91-115.

KUBITZA, F. Qualidade do alimento, qualidade da água e manejo alimentar na produção de peixes. In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES**, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: [s.n.], 1997. p. 63–100.

KUBITZA, F. et al. A produção intensiva de surubins no Projeto Pacu Ltda. e Agropeixe Ltda. In: VALENTI, W. C. et al. (Ed.). **Simpósio Brasileiro de Aquicultura**, 10., 1998,

Recife. Anais... Recife: [s.n.], v. 1, p. 393–407.

KUBITZA, F.; ONO, E.A.; CAMPOS, J.L. **Os caminhos da produção de peixes nativos no Brasil: Uma análise da produção e obstáculos da piscicultura. Panorama da Aqüicultura**, v. 17, n. 102, 2007.

KUBITZA, Fernando; CAMPOS, J. L. Aquicultura no Brasil. **Conquistas e Desafios. Panorama da Aqüicultura**, v. 25, n. 150, p. 11-13, 2015.

KUMAR, R.; BANERJEE, T. K. Arsenic induced hematological and biochemical responses in nutritionally important catfish *Clarias batrachus* (L.). **Toxicology Reports**, v. 3, p. 148–152, 2016

LABARRERE, C. R. **Perfil sanguíneo de híbridos de surubim (*Pseudoplatystoma reticulatum* x *P. corruscans*) criados em diferentes densidades de estocagem**. 2011.

LIMA, A. L. de et al. Imunidade inata em peixes teleósteos: barreiras primárias e componentes celulares e humorais. **Cultivando o Saber, Cascavel**, v. 14, n. 1, p. 86–99, jan./jun. 2021.

LIRANÇO, A. D. S. et al. Desempenho produtivo de *Pseudoplatystoma corruscans* estocados em sistemas de criação: semi-intensivo (viveiro escavado) e intensivo (tanque-rede). **Ciência Rural**, v. 41, p. 524–530, 2011.

LUNDBERG, J. G.; LITTMANN, M. W. Family Pimelodidae (Long-whiskered catfishes). In: Reis, R., Kullander, S.O. & Ferraris, C.J. Jr. (Eds). **Check list of the Freshwater Fishes of South and Central America**. Edipucrs, Porto Alegre, p 432-455, 2003.

MARENGONI, N. G. et al. Qualidade física e química da água em sistema fechado de recirculação durante o cultivo de juvenis de tilápia-do-Nilo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 927–934, 2013.

MARQUES, Débora Peixoto et al. **Parâmetros físico-químicos de qualidade de água em alevinagem de surubins híbridos *Pseudoplatystoma corruscans* x *pseudoplatystoma reticulatum***. 2012.

MARQUES, E. E. **Biologia reprodutiva, alimentação natural e dinâmica da nutrição do pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Pimelodidae) no alto rio Paraná**. 1993. 104f. Dissertação Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

Martins M.L. et al. 2004. Hematologia e resposta inflamatória aguda em *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) submetida aos estímulos único e consecutivo de estresse de captura. **Bolm Inst. Pesca** 30:71-80.

MARTINS, C. I. M. et al. **New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability**. **Aquacultural Engineering**, 43(3), 83-93 (2010).

MATEUS, LA de F.; PETRERE JR, M. Age, growth and yield per recruit analysis of the pintado *Pseudoplatystoma corruscans* (Agassiz, 1829) in the Cuiabá River basin, Pantanal Matogrossense, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, p. 257-264, 2004.

MATOS, Emerson José Alves; MEURER, Fábio. Nutrição do Surubim (*Pseudoplatystoma* spp) e seus híbridos–revisão de literatura. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 2, p. 2320-2335, 2021.

MAYON, M. et al. **Multiscale approach of fish responses to different types of environmental contaminations: a case study.** *Science of the Total Environment*, v. 367, p. 715-731, 2006.

MAZEAUD, M. M. et al. Primary and secondary effects of stress in fish: Some new data with a general review. **Transactions of the American Fisheries Society**, v. 106, p. 201–212, 1977.

MD SHAHJAHAN et al. Blood biomarkers as diagnostic tools: An overview of climate-driven stress responses in fish. **The Science of The Total Environment**, v. 843, p. 156910–156910, 24 jun. 2022.

MENESES, A. J. S. **Respostas fisiológicas em peixes neotropicais da espécie de surubim pintado *Pseudoplatystoma corruscans* produzidas por mudanças no nível de pressão sonora.** 2020.

MIRANDA, M. O. T.; RIBEIRO, L. P. **Características zootécnicas do surubim *Pseudoplatystoma coruscans*.** In: MIRANDA, M. O. T. (Org.). *Surubim*. Belo Horizonte: IBAMA, 1997. p. 43–56.

NAKATANI, K. et al. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação.** Editora da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, p.378, 2001.

PETRERE, Jr M. A pesca de água doce no Brasil. **Ciência Hoje**, v.19, p.28-33, 1995.

PETRERE, M. River fisheries in Brazil: a review. *Reg Rivers Res Manag*, v.4, p.1-16, 1989.

PIAIA, R.; BALDISSEROTO, B. Densidade de estocagem e crescimento de alevinos de jundiá *Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824). **Ciência Rural**, v. 30, p. 509–513, 2000.

PILECCO, J. L. et al. Desempenho zootécnico de *Pseudoplatystoma* spp. criados em viveiros escavados alimentados com rações comerciais. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE PEIXES NATIVOS DE ÁGUA DOCE**, 2008, Mato Grosso do Sul. *Anais...* [S.l.: s.n.], 2008.

PRADO, F. D. **Caracterização citogenética e molecular das espécies pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), cachara (*Pseudoplatystoma reticulatum*) e seus híbridos utilizados na piscicultura brasileira.** 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2010.

RANZANI-PAIVA, M. J. T. Células sanguíneas e contagem diferencial dos leucócitos de tainhas, *Mugil paltanus* da região estuarino-lagunar de Cananéia – SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 22, p.23-40, 1995.

RANZANI-PAIVA, M. J. T. et al. Hematological parameters of “cachara”, *Pseudoplatystoma fasciatum* Linnaeus, 1766 (Osteichthyes, pimelodidae), Reared in captivity. **Instituto da Pesca**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 47-53, 2005.

RANZANI-PAIVA, M. T. J. e SILVA-SOUZA, A. T. Hematologia de peixes brasileiros . In: **Sanidade de Organismos Aquáticos** / organizadores Maria José Tavares Ranzani-Paiva, Ricardo Massato Takemoto, Maria de Los Angeles Perez Lizama. – São Paulo: Editora Varela, 2004.

RANZANI-PAIVA, M.J.T. Hematologia como ferramenta para avaliação da saúde de peixes. In: 2º Simpósio de Nutrição e Saúde de Peixes, 2007. *Anais...* **2º Simpósio de Nutrição e Saúde de Peixes**. Botucatu, São Paulo. Universidade Estadual Paulista, 74p. 2007. SATAKE, F.; PÁDUA, S.B.; ISHIKAWA, M.M. Distúrbios morfológicos em células sanguíneas de

peixes em cultivo: uma ferramenta prognóstica. In. :

RANZANI-PAIVA, M.T.J. et al. Métodos para análise hematológica em peixes. Maringá: **Editora Eduem**, p. 52-53, 2013.

Ribeiro LP, Miranda MOT. **Rendimento de processamento do surubim *Pseudoplatystoma coruscans***. In: Miranda MOT (Ed.). Surubim. Belo Horizonte: IBAMA, 1997. p.101-111. (Coleção Meio Ambiente, Série Estudos da Pesca, 19).

ROSENFELD, G. Corante pancrômico para hematologia e citologia clínica. Nova combinação dos componentes do May-Grünwald e do Giemsa num só corante de emprego rápido. **Memorial Instituto Butantan**, v.20, p.329-334, 1947.

SATAKE, F. et al. Distúrbios morfológicos em células sanguíneas de peixes em cultivo: uma ferramenta prognóstica. In. : TAVARES-DIAS, M. **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. 1º ed. Macapá: Embrapa Amapá, p. 330-45, 2009.

SATO Y, Cardoso EL, Sallum WB. Reprodução induzida do surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*) da bacia do São Francisco. In: **Encontro Anual de Aquicultura de Minas Gerais**, 6, Belo Horizonte. Resumos do... Belo Horizonte: Associação Mineira de Aquicultura, 1988. p.20.

SATO, Y; et al. 1997 Indução experimental da desova do surubim *Pseudoplatystoma coruscans*. In: MIRANDA, M.O.T. (Org.) Surubim. Belo Horizonte: **IBAMA**, p. 69-79.

SCORVO-FILHO, J. D. et al. Desempenho do pintado *Pseudoplatystoma corruscans* criado em tanques-rede e viveiro escavado. In: **AQUACIÊNCIA 2004 – I Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, Vitória. *Anais...* Vitória: Aquabio, 2004. p. 145.

SEIXAS FILHO, José Teixeira de et al. Anatomia funcional e morfometria do intestino no Teleostei (Pisces) de água doce surubim (*Pseudoplatystoma coruscans*-Agassiz, 1829). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 1670-1680, 2001.

SILVA R.D. et al. 2009. Determinação de glicose plasmática em exemplares adultos de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) por glicosímetro digital portátil e por método enzimático. *Anais 6º Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão*, Goiânia, GO, p.5914-5919.

SILVA, A. S. E. et al. Hematologia em peixes (Revisão Bibliográfica). **Revista Centauro**, v.3, n.1, p.24-32, 2012a.

SILVA, A. S. E. **Perfil hematológico do peixe beijupirá, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766), cultivado em diferentes salinidades**. 38f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Animal. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2012b.

SILVA, E. C. S. Avanços no cultivo de espécies carnívoras. **PUBVET**, v.2, n.20, Art 234, mai, 2008.

SILVA, L. C. da. **Efeito da estimulação elétrica de baixa intensidade na aceitação do alimento inerte no surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*)**. 2014. 50 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Fisiologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

SILVA, L.C. da. **Efeito da estimulação elétrica de baixa frequência na alimentação e sanidade do Siluriforme Neotropical Surubim**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SOUSA, ADL. **Efeito dos sistemas de criação semi-intensivo (viveiro escavado) e intensivo (tanque-rede) no desenvolvimento produtivo do pintado**, *Pseudoplatystoma corruscans* (spix & agassiz, 1829) (Siluriformes: pimelodidae). 2005. 29f. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) - Centro de Aqüicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal, São Paulo, 2005.

SOUZA-FILHO, J. J.; CERQUEIRA, V. R. Influência da densidade de estocagem no cultivo de juvenis de robalo-flecha mantidos em laboratório. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, p. 1317–1322, 2003.

SUANTIKA, G. et al. Development of a zero-water discharge (ZWD)—Recirculating aquaculture system (RAS) hybrid system for super intensive white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture under low salinity conditions and its industrial trial in commercial shrimp urban farming in Gresik, East Java, Indonesia. *Aquacultural Engineering*, 82, 12-24 (2018).

TACON A.G.I.; FOSTER IF. Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture*. 225, p. 381-169, 2008

TAVARES, M.P. **O surubim**. In: MIRANDA, M.O.T. (Org.). Surubim Belo Horizonte: IBAMA, 1997. p. 9-25. (Coleção Meio Ambiente. Série Estudos Pesca, 19).

TAVARES-DIAS, M. et al. Características hematológicas de teleósteos brasileiros. IV. Variáveis do jundiá (*Rhamdia quelen*). *Ciência Rural*, v. 32, n. 4, p. 693–698, 2002.

TAVARES-DIAS, M. et al. Can thrombocytes participate in the removal of cellular debris in the blood circulation of teleost fish? A cytochemical study and ultrastructural analysis. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 23, p. 709–712, 2007.

TAVARES-DIAS, M; MORAES, F.R. Hematological parameters for the *Brycon orbignyanus* Valenciennes, 1850 (Osteichthyes, Characidae) intensively bred. *Hidrobiologica*, v.16, p. 271-274, 2006.

THRALL, M. A. et al. Hematologia e bioquímica clínica veterinária. São Paulo: Editora Roca, 2007b. Cap.19: **Hematologia de Peixes**.

TIMMONS, M. B., EBELING, J. M. **Recirculating Aquaculture**, 2nd edition. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY (2010).

TOPIC POPOVIC, N. et al. Tricaine methane-sulfonate (MS-222) application in fish anaesthesia. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 28, n. 4, p. 553–564, 28 fev. 2012.

TURRA, E. M. **Desempenho do Surubim *Pseudoplatystoma* spp sob diferentes densidades de estocagem**. 2000. 31f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

URBINATI, E. C.; ABUABDALLA, M. M. Respostas ao estresse em peixes: indicação de bem-estar animal. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 47, n. 7, e20160829, 2017.

URBINATI, E.C. et al. Loading and transport stress in juvenile matrinxã (*Brycon cephalus*) at various densities. *Aquaculture*, v.229, n.1, p.389-400, 2004.

WENDELAAR, S.E. (1997). The stress response in fish. *Physiol Rev* 77,591–625.

ZAMINHAN, Micheli et al. Parâmetros hematológicos e bioquímicos do surubim do Iguazu (*Steindachneridion melanodermatum*) criados em tanques-rede. *Agrarian*, v. 10, n. 36, p. 181-188, 2017.

ZAKON, Harold H. The Electroreceptors: diversity in structure and function. (ed.). **Sensory Biology of Aquatic Animals**. New York: Springer-Verlag, 1988. p. 813-850.

ZIMMERMAM, S. FITZSIMMONS, K. Tilapicultura intensiva. In: CYRINO, J.E.P. et al. (Ed.). Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva São Paulo: **Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática**. TecArt, 2004. Cap.9, p.239-266.