



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E RECURSOS

PESQUEIROS – PPGCARP



DISSERTAÇÃO

**Parâmetros hematológicos e bioquímica plasmática do
tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) de
pisciculturas da região Amazônica**

FLÁVIA DAYANE FÉLIX FARIAS

MANAUS – AM
2022

FLÁVIA DAYANE FÉLIX FARIAS

**Parâmetros hematológicos e bioquímica plasmática do
tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) de
pisciculturas da região Amazônica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, na área de concentração de Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Teixeira de Oliveira

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Rocha Aride

Financiamentos: CNPq (PPP), IFAM (PADCIT) e FAPEAM (PPP e bolsa de mestrado)

MANAUS - AM
2022

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

F224p Farias, Flávia Dayane Félix
Parâmetros hematológicos e bioquímica plasmática do tambaqui
Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) de pisciculturas da região
amazônica / Flávia Dayane Félix Farias . 2022
54 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Adriano Teixeira de Oliveira
Coorientador: Paulo Henrique Rocha Aride
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Recursos
Pesqueiros) - Universidade Federal do Amazonas.

1. sangue. 2. bem estar. 3. Amazonas. 4. nativo. 5. cultivo. I.
Oliveira, Adriano Teixeira de. II. Universidade Federal do Amazonas
III. Título

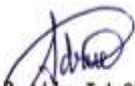
FLÁVIA DAYANE FÉLIX FARIAS

Parâmetros hematológicos e bioquímica plasmática do tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) de pisciculturas da região Amazônica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, área de concentração em Produção Animal.

Aprovada em 29 de março de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Adriano T. de Oliveira
Curso de Lic. em Ciências Biológicas
IFAM-CMC

Dr. Adriano Teixeira de Oliveira - Presidente
Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Amazonas - IFAM



Dra. Gabriela Tomas Jerônimo - Membro
Universidade Federal do Amazonas - UFAM



Dr. Adailton Moreira da Silva - Membro
Universidade do Estado do Amazonas- UEA

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser meu sustento em todos os momentos de dificuldades e incertezas; por ter guiado meus passos com sua proteção, demonstrando sua fidelidade e amor para comigo, pelas incontáveis bênçãos recebidas; por me conceder saúde, sabedoria, perseverança e força para vencer os desafios diários; minha gratidão por me permitir cumprir essa missão. Pois é Ele quem opera, tanto o querer como o realizar, segundo a sua boa vontade.

Aos meus pais, Flávio de Souza Farias e Alcilene de Souza Félix, por tanto amor dedicado a mim, por fazerem o possível e o impossível para que nada me faltasse, pelos conselhos dados com tanto discernimento que me fizeram ir em busca do que sempre almejei, pelas orações e por compreenderem minha ausência diária. Que Deus me permita retribuir-lhes tudo que fizeram e fazem por mim.

Aos meus irmãos, David Fagner Félix Farias, Tâmia Félix Farias, Aline Luiza Félix Farias e Stephany Félix Farias, pela amizade e irmandade que temos. Quero também agradecer de modo especial a Sâmia Félix Farias, que durante o primeiro ano de estudo na pós graduação me acolheu em seu lar, do mesmo modo Míriam Clodine Félix Farias, por ser meu apoio financeiro e emocional, minha eterna gratidão.

Aos meus sobrinhos, Emyle Farias, Vitória Farias, Mauro Santos, Davi Farias, Maria Auréa Pontes, César Filho Pontes, Nicolle Marques, Nicollas Marques e Isaac Farias pelo amor e carinho.

Ao meu orientador, professor doutor Adriano Teixeira de Oliveira, pela paciência e sua disponibilidade em tirar dúvidas sempre que precisei, por se fazer presente em todas as atividades de desenvolvimento deste trabalho, pela oportunidade ímpar de me integrar em seu grupo de pesquisa, por ser um exemplo de empatia e competência profissional.

A meu co-orientador, professor Doutor Paulo Henrique Rocha Aride, pelos ensinamentos e por me aceitar como orientanda.

A Universidade Federal do Amazonas (UFAM), por meio do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPGCARP) pela oportunidade de continuar a capacitar no curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro concedido por meio do edital Programa Primeiros Projetos (PPP) que permitiu a aquisição de equipamentos que foram fundamentais no desenvolvimento dessa dissertação.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), pela estrutura física e laboratorial, bem como pelo financiamento do projeto por meio do edital Programa de Apoio ao Desenvolvimento de Pesquisa Científica Aplicada à Inovação Tecnologia (PADCIT) que permitiu que pudesse concluir meus estudos.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo financiamento junto ao edital PPP, bem como pela concessão de bolsa de mestrado que permitiu que pudesse me sustentar ao longo dos 24 meses de estudo.

Às coordenadoras professoras doutoras Flávia Kelly S. Souza e Edsandra Campos Chagas, pela busca constante de melhorias para o curso, e a secretária do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros – PPGCARP, Antônia, pela disponibilidade.

A todo corpo docente do PPGCARP, por compartilharem seus conhecimentos e experiências, que contribuíram na minha formação e capacitação profissional.

Aos amigos do PPGCARP que tive o privilégio de conhecer, Euclides Queiróz, Luiza Sambora, Neiana Anselmo e Paula Ribeiro, pela cumplicidade, parceria, motivação emocional, pelos momentos de descontração e boas risadas.

Aos colegas Alexandre Barai e Davison Carneiro, que foram meus parceiros e vivenciaram juntamente comigo nos últimos meses a elaboração desta dissertação.

Aos colegas da pós graduação turma 2019 e a querida Adriana Pontes Viana (*in memoriam*) por todos os momentos compartilhados.

Aos doutores e pesquisadores, Alzira Miranda, Ariany Liebl e Élon Sadalla pelas ricas contribuições na aula de qualificação do mestrado.

Aos alunos de graduação do curso de Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM, Campus Manaus Centro, Bruno Takaki, Thalia Rodrigues, e Maria Fernanda Gomes pela ajuda importante nas coletas e análises hematológicas, grata pela disponibilidade de vocês.

Aos produtores de cada fazenda que foram visitadas, que nos receberam e confiaram no nosso trabalho, disponibilizando seu local de cultivo para que pudessemos realizar nossas atividades de coleta, e pela paciência em nos ajudar na captura dos animais.

Aos juvenis de tabaqui, que colaboraram com seu bom comportamento para que houvesse a retomada do sangue.

A todos que contribuíram com essa importante etapa de minha vida e que por um lapso esqueci de mencionar. Muito Obrigada!

Àquele que é poderoso para realizar infinitamente mais do que pedimos ou imaginamos, de acordo com o poder que age em nós.

Efésios 3:20

RESUMO

O tambaqui *Colossoma macropomum* é a principal espécie de peixe comestível oriunda de piscicultura da região Amazônica. O presente trabalho tem por objetivo determinar e comparar os parâmetros hematológicos e bioquímicos do tambaqui oriundos de pisciculturas de municípios da Região Metropolitana de Manaus (RMM). Foram amostrados duas pisciculturas em sistema de criação do tipo viveiro semi escavado em cada um dos cinco municípios investigados (Presidente Figueiredo, Manaus, Iranduba, Manacapuru e Novo Airão) totalizando 10 criadores. Em cada fazenda 10 espécimes foram capturadas, totalizando 100 animais. O sangue foi coletado por punção caudal e os parâmetros hematológicos e bioquímicos foram determinados de acordo com metodologia descrita para teleósteos. Parâmetros físicos da água (temperatura, oxigênio dissolvido, pH e transparência) foram determinados com o uso de phmetro e oxímetro portátil, também foram determinados parâmetros químicos (amônia, dureza, alcalinidade e nitrito) com o uso de kits comerciais. O teste t de Student e a Análise de Variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey foi utilizado para comparação de pisciculturas do mesmo município e entre os municípios. Para o eritrograma nas variáveis de hematócrito, concentração de hemoglobina e eritrócitos foi observado diferenças significativas nos municípios de Iranduba e em Novo Airão quando comparado aos demais municípios, demonstrando indicativos de processos anemiantes e desidratação. Em relação a bioquímica plasmática foi observado baixos níveis em peixes dos municípios de Iranduba e Novo Airão. Ademais, valores elevados nos compostos lipídicos foram encontrados em tambaqui oriundos de Manacapuru. No Leucograma e trombograma foi encontrada variação intra específica elevada o que determinou similaridades entre os tambaqui das diferentes fazendas e municípios. Os valores físicos e químicos da água indicam águas em condições indevidas nos municípios de Iranduba e Novo Airão, assim pode estar associar aos achados relacionados aos parâmetros fisiológicos. Conclui-se que a qualidade de água é condição fundamental para as boas condições de saúde do tambaqui, assim os peixes oriundos dos municípios de Iranduba e Novo Airão estão em condicionais fisiológicas deficitárias, por outro lado os peixes oriundos de Manacapuru apresentam alimentação inapropriada, indicada pelos valores elevados de colesterol e triglicerídeos encontrados no sangue.

Palavras chave: sangue, bem estar, Amazonas, nativo, cultivo.

ABSTRACT

Tambaqui *Colossoma macropomum* is the main edible fish species from fish farming in the Amazon region. The present work aims to determine and compare hematological and biochemical parameters of fish farms in municipalities in the Metropolitan Region of Manaus (MRM). Two fish farms were sampled in the semi-excavated pond farming system in each of the five investigated municipalities (President Figueiredo, Manaus, Iranduba, Manacapuru and Novo Airão). In each farm 10 specimens were captured, totaling 100 animals. Blood was collected by caudal puncture and hematological parameters were defined as described in the description for teleosts. Physical parameters (temperature, portable, pH and transparent meters) were determined with phmeter and the meters, chemical parameters (durability, durability and nitrite) were determined using kits. Student's t test and Analysis of Variance (ANOVA) followed by Tukey's test were used to compare fish farms in the same municipality and between municipalities. The eogram was in the municipalities of Iranduba when compared to the others of anemic and low processes, showing indicatives in the municipalities of Iranduba and low. Regarding plasma biochemistry, low levels were observed in fish from the municipalities of Iranduba and Novo Airão. In addition, very different values for lipids were also found in people from Manacapuru. In the leukogram and thrombogram, intraspecific or certain similarities were found between tambaqui from different farms and municipalities. The physical and chemical values of the water indicate the undesired conditions in the municipalities of Iran, as well as they may be associated with the related findings and physiological parameters. It is concluded that the water quality is a fundamental condition for the good health conditions of the tambaqui, as well as the fish from the municipalities of Iranduba and Novo Airão are in physiological conditions on the side of the originating fish, on the other hand Manacapuru propose inappropriate feeding, indicated by the high levels of cholesterol and triglycerides found in the blood.

Keywords: blood, well-being, Amazon, native, cultivation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da Região Metropolitana de Manaus (RMM). **Fonte:** IBGE, 2016. Elaboração: Emplasa/CDT, 2018.

Figura 2. Exemplar de tambaqui *Colossoma macropomum*. **Fonte:** Santos, 2021.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Biometria (media \pm desvio padrão) do tambaqui *Colossoma macropomum* de viveiros escavados de cinco municípios da Região Metropolitana de Manaus (RMM), Amazonas, Brasil.

Tabela 2. Eritrograma (media \pm desvio padrão) do tambaqui *Colossoma macropomum* de viveiros escavados de cinco municípios da Região Metropolitana de Manaus, Amazonas, Brasil.

Tabela 3. Leucograma e trombograma (media \pm desvio padrão) do tambaqui *Colossoma macropomum* de viveiros escavados de cinco municípios da Região Metropolitana de Manaus, Amazonas, Brasil.

Tabela 4. Bioquímica plasmática (media \pm desvio padrão) do tambaqui *Colossoma macropomum* de viveiros escavados de cinco municípios da Região Metropolitana de Manaus, Amazonas, Brasil.

Tabela 5. Propriedades física e química da água (media \pm desvio padrão) de viveiros escavados de cultivo do tambaqui *Colossoma macropomum* de cinco municípios da Região Metropolitanade Manaus, Amazonas, Brasil.

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA: Análise de Variância

CEUA: Comissão de Ética na Utilização de Animais

CHCM: Concentração de hemoglobina corpuscular média

Cl⁻: Cloretos

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CT: Comprimento total

DP: Desvio padrão

FAPEAM: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas

Hb: Concentração de hemoglobina

HCM: Hemoglobina corpuscular média

Ht: Hematócrito

K⁺: Potássio

N: Número amostral

Na⁺: Sódio

PVC: Poli cloreto de vinila

RBC: Contagem de eritrócitos

UFAM: Universidade Federal do Amazonas

VCM: Volume corpuscular médio

SUMÁRIO

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
1.1 Piscicultura no Estado do Amazonas	16
1.2 Sistemas de Cultivo	18
1.3 Tambaqui <i>Colossoma macropomum</i>	19
1.4 Parâmetros hematológicos.....	22
Referências	28
2. OBJETIVOS	35
2.1 Objetivo Geral	35
2.2 Objetivos Específicos	35
Capítulo 1	36
1. Introdução	38
2. Material e Métodos	40
2.1 Ética animal	40
2.2 Área de estudo e amostragem.....	40
2.3. Captura dos animais, retiradas sanguíneas e biometria.....	40
2.4. Parâmetros sanguíneos e métodos de análises.....	41
2.5. Análise de água	41
2.6. Análise estatística	41
3. Resultados	42
4. Discussão	45
5. Conclusão	49
Agradecimentos	49
Referências	50

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação é composta por uma revisão de literatura e um capítulo voltados ao estudo fisiológico comparativo de espécimes de tambaqui *Colossoma macropomum* entre municípios que compõem a Região Metropolitana de Manaus (RMM), Amazonas.

A **revisão de literatura** buscou contextualizar aspectos da piscicultura no estado do Amazonas, sistemas de cultivo, informações sobre a biologia do tambaqui *C. macropomum* e parâmetros hematológicos apontando as contribuições para a pesquisa científica.

No **capítulo I**, são abordadas questões referentes ao perfil hematológico e bioquímico comparativo entre espécimes do tambaqui entre os municípios de Presidente Figueiredo, Manacapuru, Iranduba, Manaus e Novo Airão com o intuito de verificar a condição de saúde dessa espécie chave para a piscicultura no estado do Amazonas.

Assim, os estudos de viabilidade demonstraram que os municípios citados possuem áreas de terra firme, estão localizados ao longo das rodovias federais e estaduais e/ou possuem fácil acesso às hidrovias existentes (Lima et al., 2020; Parente et al., 2003). Assim, a maior parte da produção aquícola se encontra na RMM devido questões de acessibilidade, assistência técnica especializada, difusão de tecnologias e facilidade no escoamento da produção e de insumos (Oliveira et al., 2012; Lima, 2005).

Dentre as espécies mais cultivadas no estado do Amazonas destacam-se o tambaqui (*Colossoma macropomum*), a matrinxã (*Brycon amazonicus*), e o pirarucu (*Arapaima gigas*) (Cavero et al., 2009; Fauvel et al., 2010; Pantoja-Lima et al., 2015), na qual o tambaqui é a espécie chave nesse mercado do qual mais de 95% das espécimes de tambaqui comercializadas no estado do Amazonas é proveniente do cultivo (Lima et al., 2020; Pantoja-Lima et al., 2015). Apesar do aumento da produção nos últimos anos o mercado produtor local não consegue atender a demanda local, sendo assim necessita importar o tambaqui de outras localidades tais como dos estados de Roraima e Rondônia (Sepa, 2018). Parte dessa insuficiência de produção ocorre pela dificuldade tecnológica ainda incipiente no Amazonas, pelos custos de produção, pela logística dificultosa e também pelas condições sanitárias e de bem estar dos animais que retarda o desempenho zootécnico e retém por mais tempo os animais nos sistemas de criações (Liebl et al., 2019).

O crescimento da demanda de pescado no Amazonas, confirmado pela exportação de tambaqui de outros estados da região, demonstra a importância de incentivar a adoção da tecnologia, haja vista a necessidade de aprimorar cada vez mais o cultivo de peixe nas propriedades produtoras. Segundo Crescêncio e Izel (2016), a piscicultura fornece o tambaqui para os consumidores do estado do Amazonas há mais de duas décadas, com fornecimento regular de tambaqui de cativeiro, não somente para supermercados, como também para bancas de peixe e feiras livres, sendo assim a estimativa é que a cada dez tambaqui consumido no Amazonas, cerca de nove são provenientes do cativeiro. Segundo dados do Centro da Indústria no Estado do Amazonas em 2019, o tambaqui apresenta crescimento em relação ao ano anterior e teve aumento de 7,8% de produção no estado.

No âmbito da piscicultura há uma crescente demanda de pescado por parte do mercado, e a melhor solução é o aprimoramento do sistema de produção de forma que atenda ao interesse da sociedade, como o de produzir, gerando renda e emprego sem impactar negativamente no ambiente. Para isso os investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação são fundamentais

para elevar o patamar tecnológico e favorecer a competitividade e a sustentabilidade da aquicultura brasileira (Rocha et al., 2013) utilizando ferramentas biológicas tais como os parâmetros fisiológicos (Liebl et al., 2019; Castro et al., 2019; Aride et al., 2016, 2018, 2020).

Embora a região amazônica apresente abundância de recursos hídricos, a busca de estratégias para assegurar a sustentabilidade dos recursos pesqueiros perante a crescente demanda por espécies de alto valor comercial configura-se como um desafio para produtores, cientistas e gestores nesta última década (Pestana, Pie & Pilchowski, 2008; Aride et al., 2016; Medeiros, Aubin & Camargo, 2017), incluindo as que envolvem estratégias de produção, manejo, conservação e de sustentabilidade na região Amazônica.

1.2 Sistemas de Cultivo

Contando com cerca de 4 mil produtores rurais em atuação, o setor de piscicultura no Amazonas foi responsável por uma produção de 15.456 toneladas em 2018, de acordo com dados do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (IDAM, 2019).

Em relação aos tipos de sistemas utilizados no Estado do Amazonas, não existe uma padronização dos mesmos de acordo com a espécie de peixe cultivada. Em estudo conduzido Pantoja-Lima et al. (2015) demonstraram que as espécies cultivadas no Amazonas (tambaqui, matrinxã e pirarucu) estão relacionadas com os sistemas de cultivo adotado. Oliveira (2012) ressalta que o sistema produtivo a ser utilizado indicará o grau de interferências ambientais, e podem ser reunidos em função da produtividade (sistemas extensivo, semi-intensivo e intensivo) e números de espécies envolvidas (monocultivo, policultivo e consórcio).

São quatro as modalidades de cultivo empregadas no estado do Amazonas, são elas: viveiros escavados, barragens, tanques-rede e canais de igarapés (Pantoja-Lima et al., 2015). De modo geral, os viveiros escavados/semi-escavados e as barragens são os sistemas piscícolas predominantes no estado do Amazonas (Pantoja-Lima et al., 2015, Nakauth et al., 2015; Oliveira et al., 2012; Melo et al., 2001). Crepaldi et al. (2006) relatam que a escolha do sistema de cultivo está relacionada com questões ambientais e sociais da localidade onde está inserido.

Por outro lado a atividade de piscicultura em canal de igarapé é uma atividade zootécnica altamente produtiva e com potencial econômico para os agricultores familiares da região Amazônica (Arbeláez et al., 2002; Brabo et al., 2015) e também apresenta uma redução nos

custos para instalação (Santos, 2018). Estudos demonstram que essa modalidade possui viabilidade econômica para uso familiar em módulos de cultivo a partir de 96 m³ (Brabo et al., 2015).

Tortolero (2003), em pesquisa realizada com tambaqui em tanques redes alternativos no Município de Iranduba, Amazonas, relatou que a construção a partir de matéria prima local reduz os custos de produção. Os tanques redes em sua totalidade eram metálicos, projetados pelos próprios produtores e utilizavam como estruturas de flutuação bombonas e/ou tubos de poli cloreto de vinila (PVC). O baixo número de produtores que adotaram essa forma de sistema pode está relacionada à falta de disponibilidade hídrica nas propriedades e ao custo relativamente auto para a aquisição do sistema de cultivo.

O viveiro semi escavado se destaca pelo fato de promover maior controle da produção e a possibilidade de aproveitamento de áreas degradadas (Pantoja-Lima et al., 2015, Nakauth et al., 2015; Oliveira et al., 2012; Melo et al., 2001). Em um estudo conduzido por Lima et al., (2020), em quatro estratos (central, sudoeste, norte e sul) regionais do Amazonas com cerca de 240 piscicultores, observou-se que entre as mesorregiões estudadas com base nos dados coletados, quanto as características do sistema de pisciculturas predominantemente adotadas são padrões. Ou seja, todos os atributos eram igualmente aplicáveis às estruturas de criação em todo o estado, as fazendas são pequenas, com área úmida média de 1,39 hectares, a espécie predominante é o tambaqui, em sistema de monocultura semi-intensiva, os indivíduos criados apresentam peso médio de 2,5 kg e eles realizam um único ciclo de produção anual e usam ração comercial em todos os estágios de cultivo.

1.3 O tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)

O *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) é popularmente conhecido como tambaqui. Essa espécie é nativa dos rios Solimões/Amazonas, Orinoco e seus afluentes, abrangendo o Brasil, Venezuela, Colômbia, Peru e Bolívia, pertence à classe Actinopterygii, ordem Characiformes e família Serrasalminae (Araújo-Lima & Goulding, 2005; Silva Junior et al., 2011). É a maior espécie em tamanho do grupo Caracídeos, e está entre os peixes mais diversificados da América do Sul (figura 2). Sua carne tradicionalmente é saborosa, baixo acúmulo de gordura e por isso importante também para a pesca comercial na Amazônia e em sistemas de cultivos (Penna et al., 2005; Menezes, 2010; Garcez e Freitas, 2010; Gomes et al., 2010).



Figura 2: Espécime de tambaqui *Colossoma macropomum*. **Fonte:** Santos (2021).

O tambaqui apresenta adaptações morfológicas, como por exemplo, em cenários de hipóxia (baixo teor de oxigênio dissolvido na água) altera a morfologia com o aumento do lábio inferior, transformando-o em uma espécie de “pá”, que os nativos chamam de “aiú”, nadando continuamente próximo a superfície da água para captar mais oxigênio, além do mais direciona para as brânquias uma porção da água que contem maior saturação de oxigênio, reduzindo seu metabolismo e sua taxa de crescimento (Dairiki et al., 2011).

O tambaqui possui hábitos onívoros, se alimentando preferencialmente de frutos e sementes, sendo, por isso, é considerado “símbolo ictíco da floresta tropical” (Dairiki et al., 2011). A espécie desenvolveu dentes molariformes, adaptados para quebrar sementes duras e numerosas cerdas branquiais, utilizadas para a retenção de zooplâncton, dos quais se alimenta (Dairiki et al., 2011).

C. macropomum aceitam facilmente alimentos artificiais em cativeiro, além de possuírem boa reprodutividade, conversão alimentar e carne de excelente qualidade. (Aride et al., 2007). Sua dieta varia de acordo com o regime das chuvas, apresentando adaptações morfofisiológicas que o permitem explorar uma ampla gama de itens alimentares (Rodrigues, 2014). Esses fatores contribuíram para que se tornasse a principal espécie cultivada no Norte do Brasil (Val et al., 1998; Aride et al., 2016).

O tambaqui tem hábito diurno e se desenvolve bem em criações em todas as regiões do país com clima quente e boa luminosidade (Mendonça et al., 2012). A literatura têm relatado efeitos da luminosidade e temperatura no crescimento e desenvolvimento dos peixes, sendo que tanto o fotoperíodo longo quanto temperaturas mais elevadas estimulam o crescimento dos juvenis de tambaqui (Mendonça et al., 2012).

Na natureza, os locais de preferência do tambaqui são as águas ricas em nutrientes, com

condições físico-químicas estáveis em toda a coluna de água, próxima à margem, com temperaturas variando de 25 a 34 ° C e pH entre 7 e 8 (Araújo-Lima e Gomes, 2005; Izel et al. 2014). Porém em ambientes de cultivo, o tambaqui apresenta bom desenvolvimento em águas com alcalinidade e dureza superior a 30 mg/L e em temperaturas entre 27 e 30 °C (Izel et al. 2014) e a faixa de pH considerada boa para a espécie em cultivo é entre 4,0 e 6,5 (Aride et al., 2007). Segundo Aride et al., (2016), o tambaqui possui tolerância relativa ao ambiente de água ácida com estratégias adaptativas que envolvem ajustes hematológicos, regulação iônica e produção de muco.

Sendo um peixe que realiza migração reprodutiva, com deslocamento do local de alimentação e crescimento para o de reprodução, quando em condições de cultivo necessita receber estímulo hormonal exógeno para indução à espermiacção e ovulação (Woynarovich, 1993; Zaniboni e Barbosa, 1996; Streit Jr et al., 2012; Lima et al., 2013b). Na natureza os gametas são liberados na água onde eles são então fertilizados (Fauvel et al., 2010). Em ambiente natural o período de reprodução do tambaqui acontece de setembro a fevereiro com desovas ocorrendo entre os meses de setembro e outubro até janeiro e fevereiro (Villacorta-Correa e Saint-Paul, 1999). Em ambientes artificiais, viveiros de piscicultura, a reprodução natural é inviabilizada devido ao tambaqui perder a capacidade de desovar naturalmente, sendo necessária a reprodução artificial com o uso de injeção exógena de hormônio liberador de gonadotrofina (Silva et al., 1981).

O manejo da reprodução artificial de peixes é bastante antigo, data-se em 1795 a técnica de reprodução artificial da truta, peixe reofílico não necessitando de indução hormonal, em que era feita a extrusão dos ovócitos e a fecundação externa a seco e posteriormente a incubação (Andrade e Yasui, 2003). As primeiras experiências com indução hormonal para desova de peixes reofílicos ocorreram na Argentina (Houssay, 1930) e paralelamente no Brasil (Ihering, 1935), de modo que obtiveram resultados satisfatórios na indução de hormônio naturais presentes na hipófise de peixes maduros, para maturação final e desova de peixes migradores.

A hipofiseação com extrato hipofisário de carpa comum é o método mais utilizado em laboratórios de reprodução de peixes, cerca de 40 espécies economicamente e ecologicamente importantes no Brasil são induzidas com essa técnica de sucesso. Esses procedimentos são utilizados para que machos e fêmeas completem seu ciclo reprodutivo em condições desejadas e controladas. Nos machos provoca hidratação testicular, facilitando a espermiacção e aumentando o volume seminal (Zaniboni-Filho & Weingartner, 2007).

Regularmente o cultivo de tambaqui é dividido em três fases: (i) a larvicultura onde os peixes são criados desde a eclosão até o peso médio individual de 0,5 a 1g com duração de 30 a 45 dias, (ii) a produção de juvenis que dura em torno de 60 dias e o peso médio individual é entre 40 e 50 g, e (iii) a fase de engorda em que o tempo varia dependendo do peso desejado para abate (Dairiki e Silva, 2011; Lima et al., 2013a).

O tambaqui possui produção estabelecida na indústria pesqueira, diminuindo a retirada do peixe do ambiente natural, tem grande destaque na piscicultura continental em todo o Brasil, e é a principal espécie nativa cultivada no país (Lobo et al., 2015), com maiores índices na região Norte, onde é por tradição altamente valorizado pelo mercado (Araújo-Lima & Gomes, 2005) e o cultivo é facilitado e vantajoso pelas condições climáticas locais. Diversos sistemas de produção vêm sendo propostos para o cultivo da espécie no Amazonas, como o cultivo em viveiros semi escavados, em tanques, em canais de igarapé e em barragens. No Amazonas, os empreendimentos distribuem-se pelo Estado em função do escoamento da produção para a cidade de Manaus, principal mercado consumidor e uns dos principais pólos geradores e fornecedores de tecnologia e insumos (Izel et al., 2014). O investimento na produção de tambaqui tem surtido efeito em aumento da produtividade e, atualmente de cada 10 tambaquis consumidos, 09 são provenientes de cativeiros (Inoue & Boijink, 2010).

Apesar do grande potencial produtivo da piscicultura da região, ainda existem gargalos que estrangulam o crescimento do setor (Oliveira, 2012). No entanto, de acordo com Padua et al. (2008), os piscicultores na sua maioria não possuem conhecimento ou direcionamento técnico para explorar o melhor desta atividade zootécnica e, conseqüentemente, sem o devido planejamento e o gerenciamento adequado das pisciculturas, não acabam tendo o resultado satisfatório.

Principalmente pela escassez de dados sobre a fisiologia de tambaqui na Amazônia e condição de cultivo natural, embora muitos dos trabalhos científicos sejam em laboratórios onde o ambiente é totalmente controlado.

1.4 Parâmetros hematológicos

A hematologia estuda as alterações dos padrões e dos distúrbios morfológicos das células do sangue, esse é um tecido conectivo de propriedades especiais, sua matriz extracelular é líquida (plasma), composta por 90% de água, 7% de proteínas (globulinas e albumina) que são imprescindíveis para manutenção da pressão oncótica, além disso, é composto por metabólitos

como hormônios, enzimas e eletrólitos variados (Ranzani-Paiva, 2009).

O hemograma consiste na análise dos eritrócitos, leucócitos e trombócitos, podendo tornar-se mais eficiente quando associado a análise dos componentes químicos como a concentração de proteínas, glicose, colesterol e triglicerídeos (Prado et al., 2016). Os leucócitos, em suas diferenciações (linfócitos, monócitos, neutrófilos, eosinófilos, basófilos), os trombócitos e os eritrócitos, atuam, respectivamente, na defesa, na coagulação e no transporte de nutrientes pelo sangue (Ishikawa et al., 2008; Ngugi et al., 2015; Lemos et al., 2018).

O grupo de leucócitos são as células responsáveis pela defesa do organismo (Tavares-Dias & Moraes, 2004), estes utilizam as vias sanguíneas para realizar o monitoramento de possíveis infecções ou injúria tecidual; integram diferentes linhagens celulares nas quais são diferenciados morfológicamente pela presença ou ausência de granulações, assim como pelas suas características morfológicas e tintoriais (Satake et al., 2009). De acordo com Tavares-Dias e Moraes (2004) não existe diferença na formação das células sanguíneas de peixes teleósteos dulcícolas e marinhos, e os leucócitos ou células brancas podem variar de tamanho, podendo ser pequenos quanto os linfócitos ou grandes conforme os monócitos. Os linfócitos, neutrófilos, monócitos, eosinófilos e basófilos são os leucócitos usualmente observados na circulação dos peixes, mas a quantificação pode variar bastante de acordo com as condições bióticas e abióticas (Castro et al., 2019).

Os linfócitos são células predominantemente arredondadas, de tamanho variado, com o citoplasma basofílico e sem granulações visíveis; o núcleo possui forma arredondada, cromatina densa, sendo elevada a sua relação com o citoplasma. Os linfócitos, em geral, apresentam projeções citoplasmáticas, o que facilita diferenciá-los dos trombócitos nas extensões sanguíneas.

Matos e Matos (1995), explicam que durante o estudo sanguíneo a contagem diferencial de leucócitos é comum à observação de linfócitos com tamanhos distintos, classificados em pequenos ou grandes.

Os neutrófilos nos peixes possuem morfologia arredondada com núcleo em forma de bastonete com cromatina nuclear pouco compactada e sem nucléolo visível; o citoplasma possui granulações acidófilas e apresenta grande quantidade de peroxidase, uma enzima lisossômica presente em células fagocíticas e que promovem a oxidação de certos compostos pelo peróxido de hidrogênio no processo de fagocitose, podendo aderir às células endoteliais e transmigrar para

o foco inflamatório atraído por quimiotaxinas (Tavares-Dias e Moraes, 2004).

Os monócitos são células grandes de formatos esféricos, ocasionalmente arredondadas ou apresentam-se irregulares ou polimorfismo, o núcleo é pequeno, excêntrico, com a cromatina densa e não se observa a presença de nucléolo, citoplasma é intensamente basofílico e podem apresentar prolongamentos citoplasmáticos e com presença de vacuolização; são considerados células em trânsito no sangue periférico (Tavares-Dias e Moraes, 2004; Thrall et al., 2007). Eles atuam na reação inflamatória e resposta imunológica nas quais ocorre a fagocitose, sendo de extrema importância aos mecanismos de defesa do hospedeiro. Além da atividade fagocitária, os monócitos possuem habilidade citotóxica não-específicas, apresentando um aumento da atividade fagocítica de antígenos bacterianos e induzida pela liberação de fatores ativadores de macrófagos através da inoculação dos patógenos mortos ou de seus produtos (Thrall et al., 2007).

Os eosinófilos têm tamanhos diversos, relativamente pequenos, variando de acordo com a quantidade e o tamanho de grânulos no citoplasma, o núcleo é arredondado e excêntrico, com cromatina compactada; já o citoplasma é abundante e rico em grânulos grosseiros dispostos por todo citoplasma que se coram de rosa-alaranjado (grânulos eosinofílicos), característica determinante para a sua identificação (Ranzani-Paiva & Silva-Souza, 2009). Estas células podem estar ausentes no sangue periférico dos peixes teleósteos, sendo mais abundantes no tecido hematopoiético, submucosa intestinal, líquido peritoneal, mesentério e brânquias (Tavares-Dias e Moraes et al., 2004).

Entre as informações analisadas na hematologia o eritrograma constitui-se na análise vermelha do sangue pode ser usado para diagnosticar anemia, bem como para caracterizar as distintas estratégias em populações de peixes sobre a demanda metabólica por oxigênio, além de ser o principal indicador sobre as distintas estratégias fisiológicas adaptativas relacionadas às variações ambientais (Val et al., 1998). A quantificação de células leucocitárias que é denominada de série branca do sangue é indicadora de defesa imunológica (Tavares-Dias e Moraes, 2015; Pavlidis et al., 2007) e a análise dos metabólitos plasmáticos constitui-se uma associação com a alimentação e também da regulação corpórea de íons, bem como na integração entre organismo e ambiente.

Lopes (2007) destaca que as perdas sanguíneas ou anemias hemorrágicas podem ser agudas devido a traumas, desordens da coagulação e deficiência de vitamina K, ou crônicas por lesões gastrointestinais, trombocitopenias e ação de parasitas. Assim como a destruição acelerada

dos eritrócitos pode ocorrer por parasitas sanguíneos, vírus, bactérias, doenças metabólicas e intoxicações, e a diminuição da produção dos eritrócitos pode acontecer por doença renal crônica, deficiência de proteínas e minerais, como ferro, cobre, cobalto, selênio, deficiência de vitaminas, doenças inflamatórias e agentes infecciosos.

De acordo com Tavares-Dias e Moraes (2004), a alteração do hematócrito mediante o estresse ocasiona hemoconcentração ou hemodiluição; na hemoconcentração pode ser pela liberação de eritrócitos pelo baço, na hemodiluição a redução nos valores do hematócrito. O estresse leva ainda à ação dos glicocorticoides no organismo dos peixes, cujos níveis de cortisol no sangue são elevados e com isso ocorrem às modificações fisiometabólicas, observadas por meio do aumento do número de eritrócitos e da queda no Volume Corpuscular Médio (Vosyliené, 1999).

Os índices hematimétricos podem ser utilizados no controle de patologias e estresse, seja qual for à causa e ainda demonstram o estado fisiológico do animal. O Volume Corpuscular Médio (VCM) e a Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) e podem ser calculados e derivam dos primários (hemoglobina, hematócrito e contagem de eritrócitos) (Matos & Matos, 1995; Tavares-Dias e Moraes, 2004). O VCM está relacionado com a dinâmica cardíaca e com o fluxo sanguíneo, já a HCM demonstra como está a função respiratória (Houston, 1990).

Em relação às células da série branca dos peixes, considera-se, de acordo com Vosyliené (1999), que a variação do número de leucócitos circulantes pode ser atribuído a uma resposta generalizada do sistema imune, acionado pelo estresse fisiológico e consequente estado de saúde afetado. O aumento de leucócitos pode ser observado no início de um estresse na maioria das espécies de peixes, sendo considerado como uma tentativa de recuperar a homeostase em desequilíbrio, o decréscimo na contagem de leucócitos pode ser atribuído pelo enfraquecimento do sistema imunológico.

Alterações na contagem relativa de células sanguíneas de defesa orgânica podem indicar a ocorrência de processos infecciosos, igualmente ao que acontecem com os mamíferos, os peixes portadores de infecção apresentam neutrofilia com linfopenia relativa, podendo também ser possível à mobilização dos trombócitos de seus compartimentos de reserva para contribuir com os mecanismos de defesa orgânica (Blaxhall & Daisley, 1973).

A hemoglobina geralmente é configurada por 96% de globinas e 4% de heme, um grupo prostético formado por ferro e grupamentos porfirínicos que confere o vermelho à proteína (Prado et al., 2016). Tal macromolécula aminoacídica influencia na coloração, tamanho e morfologia dos

eritrócitos, é especializada no deslocamento de gases, tem concentração sérica dependente do sexo, idade e estado nutricional do peixe, e suas alterações podem caracterizar anemias e outras disfuncionalidades (Tavares-Dias et al, 2009; Drumond et al., 2010; Prado et al., 2016; Signor et al., 2017). Por estas considerações, pode-se inferir que o hemograma de peixes é aplicável tanto em estudos de sanidade quanto em análises de respostas nutricionais (Tavares-Dias et al, 2008; Grant, 2015; Signor, et al., 2017; Aride et al., 2018; Fujimoto, et al., 2019).

De acordo Chagas et al., (2003), ao avaliar o efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui, que o mesmo alimentado com maiores níveis de ascorbato mostraram pesos corpóreos superiores, melhores taxas de conversão alimentar e sobrevivência. E a ausência de ácido L-ascórbico na ração, que além de ocasionar redução nos valores de hematócrito e no número de eritrócitos, que ressalta a presença de anemia, provocou aumento no volume corpuscular médio, na hemoglobina corpuscular média e na concentração de hemoglobina corpuscular média.

Gonçalves (2009) sobre hematologia e macrófagos em *C. macropomum*, mantidos em duas densidades de estocagem, alimentados com dieta contendo probiótico e espirulina, demonstraram que a suplementação da dieta de tambaqui com probiótico ou espirulina não causaram alterações nos valores hematológicos, bioquímicos e na formação de célula gigante. Entretanto, ocorreu maior crescimento e sobrevivência nos peixes suplementados com dieta contendo probiótico, assim como, melhor recuperação quanto a lesão causada pelo implante de lamínulas.

Vale ressaltar que a composição bioquímica do plasma sanguíneo reflete de modo fiel à situação metabólica dos tecidos animais, sendo possível a avaliação de alterações no funcionamento de órgãos, adaptação do animal diante de desafios nutricionais e fisiológicos e desequilíbrios metabólicos específicos ou de origem nutricional (Sheridan e Mommsen, 1991), assim permite o conhecimento da capacidade respiratória da espécie, pela análise de seu eritrograma, e também auxiliam na compreensão de seu sistema imunológico (Tavares-Dias Moraes et al., 2015).

Embora a literatura demonstre um levantamento considerável de estudos sobre hematologia de tambaqui, muitas das informações são em condições experimentais. Assim, algumas perguntas pertinentes no presente projeto são: 1) Como é o perfil fisiológico do tambaqui nos municípios que compõem a Região Metropolitana de Manaus (RMM)?; 2) Existe similaridades ou diferenças fisiológicas do tambaqui de acordo com a proximidade o distanciamento da capital

do Amazonas (Manaus)?; 3) Quais medidas devem ser realizadas para se ter uma padronização fisiológica do tabaqui?

Referências

- ANDRADE, D. R.; YASUI, G. S. O manejo reprodutivo natural e artificial e sua importância na produção de peixes no Brasil. Ver. Bras. Reprodu. Animal, v.27, n.2, p.166-172. 2003.
- ARBELÁEZ-ROJAS, G. A.; FRACALOSSO, D. M.; FIM, J. D. I. Composição corporal de tambaqui, *Colossoma macropomum*, e matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistemas de cultivo intensivo, em igarapé, e semi-intensivo, em viveiros. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 1059-1069, 2002.
- ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; GOMES, L. C. 2005. Tambaqui (*Colossoma macropomum*) IN: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Ed). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. Cap. Tambaqui, v. 2. Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, RS, p. 67-104.
- ARIDE, P.H.R., ROUBACH, R. AND VAL, A.L., 2007. Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (CUVIER) to water pH. Aquaculture Research, vol. 38, no. 6, pp. 588-594. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01693.x>.
- ARIDE, P., OLIVEIRA, A., OLIVEIRA, A., FERREIRA, M., BAPTISTA, R., SANTOS, S., & PANTOJA-LIMA, J. (2016). Growth and hematological responses of tambaqui fed different amounts of cassava (*Manihot esculenta*). Arq. Bras. Med. Vet. Zootec, v. 68, n.6, p. 1697-1704.
- ARIDE, P. H. R., OLIVEIRA, A. M., BATISTA, R. B., FERREIRA, M. S., PANTOJA-LIMA, J., LADISLAU, D. S., OLIVEIRA, A. T. (2018). Changes on physiological parameters of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed with diets supplemented with Amazonian fruit Camu camu (*Myrciaria dubia*). Brazilian Journal of Biology, 78(2), 360-367. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.169442>.
- BLAXHALL, P.C.; DAISLEY, K.W. Routine hematological methods for use with fish blood. J. Fish Biol., 5:771-781, 1973.
- BRABO, M.F.; VILELA, M.R.P.; REIS, T.S.; DIAS, C.L.; BARBOSA, J.; VERAS, G.C. Viabilidade econômica da produção familiar de matrinxã em canais de igarapé no estado do Pará, 2014. Informações Econômicas, v. 45, n. 4, p. 39-45, 2015.
- BRASIL. 2013. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim estatístico da pesca e aquicultura. Brasília, DF, 60 p.
- CASTRO, S. K.; SOUSA, G. A.; FUGIMURA, S. M. M., VAZ, J. L., MARCUSSO, F. P., CLAUDIANO, S. G. Estabilidade das variáveis hematológicas em sangue de *Colossoma macropomum* armazenado com diferentes anticoagulants. Revista Agroecossistemas –Núcleo de Meio Ambiente (NUMA), v. 11, n. 2 (2019).
- CAVERO, B. A. S.; RUBIM, M. A. L.; MARINHO-PEREIRA, T. Criação comercial do tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). In: Tavares Dias, M (Org.). Manejo e sanidade de peixes em cultivo. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. p. 33-46.

CHAGAS, C.E.; VAL, L. A. Efeito da vitamina C no ganho de peso e em parâmetros hematológicos de tambaqui. *Pesq. agropec. bras.* vol.38 no.3 Brasília Mar. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000300009>.

CREPALDI, D. V.; TEIXEIRA E.A.; FARIA, P.C.M.; RIBEIRO, L.P.; MELO, D.C.; CARVALHO, D.; SOUSA, A.B.; SATURINO, H.M. Sistemas de produção na piscicultura. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 30, n. 3-4, p. 86-99, 2006.

CRESCÊNCIO; I. Comam tambaqui. Disponível em <http://thomazrural.blogspot.com.br/2015/09/comam-tambaqui-artigo-do-roger-eizel>. Acessado em 02 de Março de 2022.

DAIRIKI, J. & SILVA, T.B.A. Revisão de literatura: exigências nutricionais do tambaqui – compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros. – Manaus: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2011.44 p. - (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos; 91).

EMBRAPA, Pesca e aquicultura. Palmas 2017. Disponível em: Acesso em: abr. 2021.

FAUVEL, C.; SUQUET, M.; COSSON, J. Evaluation of fish quality, *J. Appl. Ichthyol.* 26 (2010), 636-643. 2010.

FUJIMOTO, R. Y., HIDE, D. M. V., PAIXÃO, P. E. G., ABE, H. A., DIAS, J. A. R., SOUSA, N. C., & ISHIKAWA, M. M. (2019). Fauna parasitária e relação parasito-hospedeiro de tambaquis criados na região do Baixo São Francisco, nordeste do Brasil. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71(2), 563-570. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-10306>.

GANDRA, A.L. O Mercado do Pescado da Região Metropolitana de Manaus. Montividéu: Infopesca, 2010. p. 5-83.

GARCEZ, R. C. S.; FREITAS, C. E. C. Seasonal catch distribution of tambaqui (*Colossoma macropomum*), Characidae in a central Amazon floodplain lake: implications for sustainable fisheries management. *Journal of Applied Ichthyology*, p.1-4, 2010. DOI: dx.doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01521.

GOMES, L. C.; SIMÕES, L. N.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: Baldisserotto, B.; Gomes, L.C. (Ed.). *Espécies nativas parapiscicultura no Brasil*. 2.ed. Santa Maria: Ed. UFSM, 2010. p.175-204.

GOMES, L.C., ARAUJO-LIMA, C.A.R. M., CHIPPARIGOMES, A.R. & ROUBACH, R. 2006. Transportation of juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a closed system. *Brazilian Journal of Biologie*, 66, 493-502.

GONÇALVES, A. Hematologia e macrófagos policariontes em *Colossoma macropomum*, mantidos em duas densidades de estocagem, alimentados com dieta contendo probiótico e espirulina – Jaboticabal, 2009.

GRANT, K. R. (2015). Fish hematology and associated disorders. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, 18(1), 83-103. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cvex.2014.09.007>.

HOUSSAY, B. A. Acción sexual de la hipófisis en los peces y reptiles. *Rev Soc Arg. Biol.*, v.6, p.686-688, 1930.

HOUSTON, A.H. Blood and circulation. In: SCHRECK, C.B. e MOYLE, P.B. (Eds.). *Methods for fish biology*. Maryland: American Fisheries Society, 1990, p. 273-334.

IHERING, R.V. Die wirkung von Hypophyseinjektion auf den Laichakt von Fischen. *Zool Anz*, v.111, p.273-279, 1935.

INOUE L, A. K. A.; BOIJINK, C. L. Manaus: a capital do tambaqui. *Agrosoft. Brasil*, 30 dez. 2010. Disponível em: <http://agrosoft.com/pdf.php/?node=216621>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção da Pecuária Municipal 2014. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2014_v42_br.pdf Acesso em: 12mar. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa pecuária municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estatística/>. Acesso em: 26 fev. 2022.

ISHIKAWA, N. M., RANZANI-PAIVA, M. J. T., & LOMBARDI, J. V. (2008). Metodologia para quantificação de leucócitos totais em peixe *Oreochromis Niloticus*. *Archives of Veterinary Science*, 54-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v13i1.11560>.

IZEL, A. C. U.; CRESCENCIO, R.; O'SULLIVAN, F. L. A; CHAGAS, E. C.; BOIJINK, C. L. Cultivo do tambaqui no Amazonas. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 51 p. ABC da Agricultura Familiar, 36.

LEMOS, C. H. P., RIBEIRO, C. V. D. M., OLIVEIRA, C. P. B., COUTO, R. D., & COPATTI, C. E. (2018). Effects of interaction between pH and stocking density on the growth, haematological and biochemical responses of *Nile tilapia* juveniles. *Aquaculture*, 495, 62- 67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.05.037>.

LIEBL, A.R.S. (2019). Exigência de lisina para juvenis de tambaqui (*colossoma macropomum* cuvier, 1818) com base no desempenho produtivo, morfohistológico e fisiológico. 164f. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos. Universidade Federal do Amazonas, Manaus – AM.

LIMA, A. F.; MORO, G. V.; KIRSCHNIK, L. N. G.; BARROSO, R. M. Engorda de peixes. In: RODRIGUES, A. P. O... [et al] (Editores técnicos). Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Embrapa Pesca e Aquicultura. Brasília, DF: Embrapa, 2013b. 440 p. 1ª edição ISBN 978-85-7035-272-9 CDD 639.3.

LIMA, M.L. Os fluxos de conhecimentos na piscicultura do estado do Amazonas: uma análise da trajetória e das condições institucionais, Revista ConTexto, v. 5, n. 8, p. 1-2, 2005.

LIMA, S. A. C., BUSSONS, M. F. R. M., OLIVEIRA, T. A., ARIDE, R. H. P., O'SULIVAN, A. L. F. LIMA, P. J. Socioeconomic and profitability analysis of tambaqui *Colossoma macropomum* fish farming in the state of Amazonas, Brazil. Aquaculture Economics & Management, 2020. ISSN: 1365-7305 (Print) 1551-8663 (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/uaqm20>.

LOBO, F. P.; CINTRA, L. C.; VARELA, E. S.; ALVES, A. L.; VILLELA, L. C. V.; SILVA, N. M. A. DA; PAIVA, S. R.; CAETANO, A. R. Novo genome assembly of the South American freshwater fish Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: PLANT & ANIMAL GENOME CONFERENCE, 23., 2015, San Diego, CA. [Abstracts...]. San Diego: [s.n.], 2015. PAG 2015. Pôster P0231.

LOPES, S. T. Dos A. Manual de Patologia Clínica Veterinária. 3ª ed. Santa Maria: UFSM. 107p. 2007.

MATOS, M. S.; MATOS, P. F. DE. Laboratório Clínico Médico-Veterinário. Editora Atheneu. 2ª Ed. SP/RJ/BH. 1995. 238p.

MEDEIROS, M., AUBIN, J. & CAMARGO, A. (2017). Life cycle assessment of fish and prawn production: Comparison of monoculture and polyculture freshwater systems in Brazil. Journal of Cleaner Production, n. 156, p. 528-537.

MELO, L.A.S.; IZEL, A.C.U.; RODRIGUES, F.M. Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em viveiros de argila/barragens no estado do Amazonas. Manaus – AM: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2001 (EMBRAPA Amazônia Ocidental. (Documentos, 18).

MENDONÇA, P. P.; VIDAL-JUNIOR, M. V.; POLESE, M. F.; SANTOS, M. V. B.; REZENDE, F. P.; ANDRADE, D. R. Morphometrical development of tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818) under different photoperiods. Revista Brasileira de Zootecnia, v.41, n.6, p.1337-1341, 2012. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Disponível em www.sbz.org.br. ISSN 1806-9290.

MENEZES, A. Aquicultura na Prática: peixes, camarões, ostras, mexilhões, sururus. 4ª edição, Espírito Santo: Ed.UFES, 2010. 142 p.

NAKAUTH, A.C.S.S.; NAKAETH, R.F.; NÓVOA, N.A.C.B. Caracterização da piscicultura no município de Tabatinga-AM. IGAPÓ-Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM, v. 9, n. 2, p. 54-64, 2015.

NGUGI, C.C., OYOO-OKOTH, E., MUGO-BUNDI, J., ORINA, P.S., CHEMOIWA, E.J., ALOO, P.A., 2015. Effects of dietary administration of stinging nettle (*Urtica dioica*) on the growth performance, biochemical, hematological and immunological parameters in juvenile and adult Victoria Labeo (*Labeo victorianus*) challenged with *Aeromonas hydrophila*. Fish Shellfish Immunol. 44, 533–541. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2015.03.025>.

OLIVEIRA, A. M.; SILVA, M. DE N. P.; ALMEIDA-VAL, V. M. F. DE; VAL, A. L. Caracterização da atividade de piscicultura nas mesorregiões do Estado do Amazonas, Amazonia Brasileira. Revista Colombiana de Ciencia Animal, v. 4, n. 1, p. 154-162, 2012.

OLIVEIRA, A. M. (2014). Influência da temperatura ambiental e dos cenários climáticos futuros sobre o metabolismo dos ácidos graxos e desempenho zootécnico do tambaqui (*Colossoma macropomum*). 136 f. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Int. Instituto Nacional de Pesquisa na Amazônia, Manaus – AM.

OLIVEIRA-RIBEIRO, C. A., PELLETIER, E., PFEIFFER, W. C. e ROULEAU. Comparative uptake, bioaccumulation, and gill damages of inorganic mercury in tropical and Nordic freshwater fish. Environmental Research, v. 83, p. 286-292, 2000.

PANTOJA-LIMA, J.; SANTOS, S. M. DOS S.; OLIVEIRA, A. T. DE; ARAUJO, R. L.; SILVA, J. A. L. DA; ARIDE, P. H. R. Pró-rural aquicultura: relatos das principais ações de extensão tecnológica e um panorama do setor aquícola do Estado do Amazonas, Brasil. Nexus Revista de Extensão do IFAM. v. 1, n.1, p. 36-46, 2015a.

PARENTE, V. M.; OLIVEIRA-JÚNIOR, A. R.; COSTA, A. M. Potencialidades regionais: estudo de viabilidade econômica: Sumário executivo. Manaus: Superintendência da Zona Franca de Manaus. 2003.

PAVLIDIS, M.; FUTTER, W. C.; KATHARIO, P.; DIVANACH, P. Blood cells of six Mediterranean mariculture fish species. Journal Applied Ichthyology, 23: 70-73, 2007.

PENNA, M. A. H.; VILLACORTA-CORRÊA, M. A.; WALTER, T.; PETRERE JUNIOR, M. Growth of the tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) (Characiformes: Characidae): which is the best model? Brazilian Journal of Biology, v. 65, n. 1, p. 129-139, 2005.

PEREIRA-FILHO, M.; M.; B., A.M.; FONSECA, F.A.L.; ITUASSÚ, D.R.; ROUBACH, R.; ONO, E.A. Cultivo do pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro escavado. Acta Amazônica, v. 33, n. 4, p. 715-718, 2003.

PESTANA, D., PIE, M. & PILCHOWSKI, R. (2008). Organização e administração do setor para o desenvolvimento da aquicultura. Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2008.

PRADO, R. R., MENDONÇA, E. P., MONTEIRO, G. P., MELO, R. T., & ROSSI, D. A. (2016). Eritrograma em Medicina Veterinária: Apostila. PUBVET, 10(1), 61-82. ISSN: 1982- 1263.

RANZANI-PAIVA, M.J.T. 2007. Hematologia como ferramenta para avaliação da saúde de peixes. In: 2º Simpósio de Nutrição e Saúde de Peixes, 2009. Anais. 2º Simpósio de Nutrição e Saúde de Peixes. Botucatu, São Paulo. Universidade Estadual Paulista, 74p.

RANZANI-PAIVA, M. J. T., PÁDUA, S. D., TAVARES-DIAS, M., & EGAMI, M. I. (2013). Métodos para análise hematológica em peixes. Maringá: Eduem, 140p. ISBN: 978-85- 7628-530-4.

ROCHA,C.M.C.; RESENDE, E.K.; ROUTLEDGE, E.A.B.; LUNDSTEDT, L.M. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. In: Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v.48,n.8,p.iv-vi, ago. 2013.

RODRIGUES, A. P. O. NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DO TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*). Boletim Instituto Pesca, São Paulo, 40. v. 1, p. 135 – 145, 2014.

SATAKE, F.; PÁDUA, S.B.; ISHIKAWA, M.M. 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, 2009,p. 330-45.

SIGNOR, F. R. P., SIGNOR, A. A., SIGNOR, A., FEIDEN, A., & BOSCOLO, W. R. (2017). Parâmetros hematológicos e bioquímicos do jundiá (*Rhamdia voulezi*) alimentados com rações orgânica e convencional. Agrarian, 10 (37), 254-260. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v10i37.5323>.

SILVA, A.; CARNEIRO, S. E.; MELO, F.R. Desova induzida de tambaqui, *Colossoma macropomum*, Cuvier, 1818, com de hipófise de curimatã comum, *Prochilodus cearensis* Steindachner. Coletânea de Trabalhos Técnicos. DNOCS. Fortaleza (CE), 1981.

SILVA JUNIOR, W. A. S. J.; SILVA, C. N.; PENAFORT, J. M.; SOUZA, R. A. L. & PIMENTA JUNIOR, J. (2011). Alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com ração commercial incrementada por abóbora (*Cucúrbita moschata*). Anaisdo 9º Seminário Annual de Iniciação Científica.

SHERIDAN, M. A., MOMMSEN, T. P. Effects of nutritional state on in vivo lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Gen. Comp.Endocrinol.,v. 81, p. 473-483, 1991.

STREIT, J. R. D. P.; POVH J, A.; FORNARI, D. C.; GALO, J. M.; Guerreiro L. R. J.; Oliveira, D. Recomendações técnicas para a reprodução do tambaqui. Embrapa, 29, 2012.Documento 212.

TAVARES-DIAS, M.; MELO, J.F.B.; MORAES, G.; MORAES, F.R. Características hematológicas de teleósteos brasileiros. IV. Variáveis do Jundiá (*Rhamdia quelen*) (Pimelodidae). Ciência Rural, Santa Maria, v.32, n.4,p.693-698, 2002.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R. Hematologia de peixes teleósteos. Villimpres: Ribeirão Preto, SP. 144p, 2004.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R.; ONAKA, E.M.; REZENDE, P.C.B. Changes in blood parameters of hybrid tambacu fish parasitized by *Dolops carvalhoi* (Crustacea, Branchiura), a fish louse. Veterinarski Arhiv, 2007. p. 355-363.

TAVARES-DIAS M, MARTINS M.L. Parasitos de peixes Characiformes e seus híbridos cultivados no Brasil. In: Tavares-Dias M, Mariano WS. Aquicultura no Brasil: novas perspectivas. Vol. 1. São Carlos: Pedro & João Editores; 2015. p. 283-304.

THRALL. MARY.A, et al.; Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária. 1 Ed. São Paulo: Roca, 2007.

TORTOLERO, S.A.R. Crescimento do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) criados em gaiolas flutuantes construídas com matéria-prima da região amazônica. 2003. 73 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – PE.

VAL, A. L.; SILVA, M. N. P.; ALMEIDA-VAL, E. V. M. F. "Hypoxia adaptation in fish of the Amazon: a never-ending task." South African Journal of Zoology, 33.2, 107-114, 1998.

VAL, A.L., ROLIM, P.R. AND RABELO, H., 2000. Situação atual da aqüicultura no norte. In: W.C. Valenti, C.R. Poli, J.A. Pereira and J.R. Borghetti, eds. Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. Brasília: CNPq, Ministério da Ciência e Tecnologia, pp. 247-266.

VILLACORTA-CORREA, M. A.; SAINT-PAUL, U. Structural indexes and sexual maturity of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae) in Central Amazon, Brazil. Revista Brasileira de Biologia, 59(4): 637-652. 1999.

VOSYLIENÉ, M.Z., The effects of heavy metals on haematological indices of fish (Survey). Acta Zoologica Lituanica. v. 9, p.76-82, 1999.

WOYNAROVICH, E. Manual de piscicultura. Traduzido por MELO, M. J. Brasília: CODEVASF, 1993. 71 p.; IL. CDU 639.311.

ZANIBONI, F. E.; BARBOSA, N. D. C. Priming hormone administration to induce spawning of some Brazilian migratory fish. Revista Brasileira de Biologia, v. 56, p. 655-659, 1996.

ZANIBONI FILHO, E; WEINGARTNER, M. Técnicas de indução da reprodução de peixes migradores. Rev. Bras. Reprod. Anim, Belo Horizonte, v.31, n.3, p.367-373, jul./set. 2007.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Descrever os parâmetros hematológicos e bioquímicos do tambaqui *Colossoma macropomum*, oriundos de pisciculturas dos municípios da Região Metropolitana de Manaus (RMM).

2.2 Objetivos Específicos

- Estabelecer o eritrograma, o leucograma e trombograma de tambaqui cultivados em pisciculturas na RMM;
- Estabelecer as características bioquímicas do plasma entre os tambaqui de diferentes municípios da RMM;
- Determinar as propriedades físico e química da água nos locais de cultivo;
- Comparar os parâmetros hematológicos, bioquímicos do plasma e as propriedades físicas e químicas da água de acordo com a localidade da RMM.

Artigo - Capítulo 1

Fisiologia sanguínea comparativa do tambaqui *Collossoma macropomum* (Cuvier, 1818) de diferentes localidades da região Amazônica

Flávia Dayane Felix Farias¹, Maria Fernanda da Silva Gomes¹, Bruno da Costa Takaki², Isabela Lira de Souza², Thalia Mesquita Rodrigues², Maiko Willas Soares Ribeiro¹, Paulo Henrique Rocha Aride¹, Adriano Teixeira de Oliveira^{1,2*}

¹Programa de Pós Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPGCARP), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), AM, Brasil.

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Campus Manaus Centro (CMC), AM, Brasil.

***Autor Correspondente:** Adriano Teixeira de Oliveira. E-mail: adriano.oliveira@ifam.edu.br

RESUMO

O tambaqui *Colossoma macropomum* é a principal espécie de peixe comestível oriunda de piscicultura da região Amazônica. O presente trabalho tem por objetivo determinar e comparar os parâmetros hematológicos e bioquímicos do tambaqui oriundos de pisciculturas de municípios da Região Metropolitana de Manaus (RMM). Foram amostrados duas pisciculturas em sistema de criação do tipo viveiro semi escavado em cada um dos cinco municípios investigados (Presidente Figueiredo, Manaus, Iranduba, Manacapuru e Novo Airão). Em cada fazenda 10 espécimes foram capturadas, totalizando 100 animais. O sangue foi coletado por punção caudal e os parâmetros hematológicos e bioquímicos foram determinados de acordo com metodologia descrita para teleósteos. Parâmetros físicos (temperatura, oxigênio dissolvido, pH e transparência) foram determinados com o uso de phmetro e oxímetro portátil, também foram determinados parâmetros químicos (amônia, dureza, alcalinidade e nitrito) com o uso de kits comerciais. O teste “t” de *Student* e a Análise de Variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey foi utilizado para comparação de pisciculturas do mesmo município e entre os municípios. O eritrograma foi baixo nos municípios de Iranduba e em Novo Airão quando comparado aos demais municípios, demonstrando indicativos de processos anemiantes e desidratação. Em relação a bioquímica plasmática foi observado baixos níveis em peixes dos municípios de Iranduba e Novo Airão. Ademais, valores muito elevados nos compostos lipídicos foram encontrados em tambaqui oriundos de Manacapuru. No Leucograma e trombograma foi encontrada variação intra específica elevada o que determinou similaridades entre os tambaqui das diferentes fazendas e municípios. Os valores físicos e químicos da água indicam águas em condições indevidas nos municípios de Iranduba e Novo Airão, assim pode estar associar aos achados relacionados aos parâmetros fisiológicos. Conclui-se que a qualidade de água é condição fundamental para as boas condições de saúde do tambaqui, assim os peixes oriundos dos municípios de Iranduba e Novo Airão estão em condicionais fisiológicas deficitárias, por outro lado os peixes oriundos de Manacapuru apresentam alimentação inapropriada, indicada pelos valores elevados de colesterol e triglicérides encontrados no sangue.

Palavras chave: sangue, bem estar, Amazonas, nativo, cultivo.

1. INTRODUÇÃO

O tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), pertence à família Serrasalmidae, habita águas tropicais e ocorre nas bacias Solimões, Amazonas e Orinoco, sendo um peixe de grande porte, podendo atingir aproximadamente 30 kg e mais de um metro de comprimento total em ambiente natural (Aride et al., 2018). *C. macropomum* é uma boa opção para a piscicultura nacional, apresentando várias características favoráveis ao confinamento, destacada a sua grande rusticidade, tolerância às baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água, boa aceitação de subprodutos agroindustriais, boa conversão alimentar, adaptação ao cultivo em cativeiro, rápido crescimento e boa aceitação pelos consumidores (Aride et al., 2018).

Sendo assim, desperta interesse nos produtores por ter fácil adaptação ao cativeiro, elevado valor de sua carne e rápido crescimento (Araújo-Lima & Goulding, 2005; Mendonça et al., 2012). Assim, a criação de tambaqui vem se intensificando nos últimos anos e hoje é a segunda espécie mais produzida comercialmente no Brasil, esse fato tem impulsionado os estudos voltados à espécie, desde sua fisiologia, genética, preservação, ecologia à tecnologias de produção (Peixe BR, 2022).

Entre as ferramentas biológicas utilizadas para acompanhar as condições de bem estar animal, os estudos hematológicos e o perfil bioquímico são utilizados no acompanhamento das expressões fisiológicas dos peixes e contribuem para atestar a saúde do animal, podendo ser um bom bioindicador na qual pode auxiliar na melhoria da cadeia produtiva (Hesser, 1960; Higuchi et al., 2011; Pereira et al., 2018) do tambaqui. Dentre os municípios do Amazonas que desenvolvem a piscicultura do tambaqui, destacam-se aqueles que formam a Região Metropolitana de Manaus (RMM), são eles: Manacapuru, Presidente Figueiredo, Manaus, Iranduba, Itacoatiara e Novo Airão, com aproximadamente 1.700 hectares de lâmina de água (Gandra, 2010).

Oliveira et al., (2013) afirmam que um dos principais entraves para o desenvolvimento da piscicultura por produtores rurais do Amazonas é a falta ou restrição de informações e de técnicos especializados no manejo adequado do cultivo. Fatores como a qualidade da água de cultivo, manejo diário, sistema de alimentação, forma de abate, infraestrutura da propriedade, e a forma de aquisição e manipulação cooperam para o bem-estar animal e, conseqüentemente, afetam o rendimento e a produtividade de uma unidade produtiva. Quando esses fatores não são desempenhados da forma adequada, os peixes ficam predispostos a infecções bacterianas,

infestação por parasitas e condições fisiológicas de extrema debilidade, diminuindo assim as taxas de conversão alimentar e o crescimento dos animais, podendo causar até a sua morte, gerando, assim, perdas de produção.

De acordo com Sipaúba e Tavares (1994), as variáveis físicas-químicas mais apropriadas à qualificação da água de viveiros são: oxigênio dissolvido, pH, dióxido de carbono livre, alcalinidade total, dureza, condutividade elétrica, temperatura, transparência, nutrientes, abundância de plâncton. Entretanto, Melo (1999), atenta que para efetuar o controle de qualidade da água em piscicultura, deve-se abordar um programa de monitoramento condizente aos objetivos da investigação, ou seja, assegurar a saúde dos organismos, manter a produção primária ou controlar a descarga de efluentes.

Muitas informações foram propostas sobre a hematologia do tambaqui, entretanto, a maioria dos trabalhos foram realizados em ambiente experimental, informações sobre a verdadeira situação fisiológica e de sanidade no cultivo do tambaqui ainda são inconclusivas e mesmo incipientes. Assim, até o presente momento não existem estudos conclusivos para determinar os intervalos de referências para o tambaqui que possui grande importância econômica no setor produtivo do estado do Amazonas.

Há uma vertente de inovação no presente projeto que se dará por conta de ser possível traçar o limite entre as condições de doença e saúde de *C. macropomum* de viveiros situados na RMM, bem como de sua aplicação que pode contribuir na cadeia produtiva aquícola no estado, visando gerar subsídios para que possa aumentar a produção e abrir perspectivas para que tão logo se possa denominar de “selo verde”, que estabelece as condições ideais de saúde para que essas espécies possam ser comercializadas, promovendo futuramente até mesmo uma propriedade intelectual, bem como estabelecer a origem dos melhores tambaqui do estado do Amazonas e de qual localidade ainda é necessário melhorar as condições de saúde dessa espécie alvo no setor piscícola do estado do Amazonas. O presente trabalho tem por objetivo determinar e comparar os parâmetros hematológicos e bioquímicos do tambaqui oriundos de pisciculturas de municípios da Região Metropolitana de Manaus (RMM).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Ética animal

Experimento foi desenvolvido em conformidade com os regimentos dos princípios éticos na experimentação animal considerados pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), mediante aprovação das Comissões de Ética no Uso de Animais – CEUA's da Universidade Federal do Amazonas sob protocolo nº 005/2018. Todos os experimentos realizados foram conduzidos de acordo com Persie du Sert et al., (2020).

2.2 Área de estudo e amostragem

A Região Metropolitana de Manaus (RMM), também conhecida como Grande Manaus, é a segunda maior região metropolitana da região Norte do Brasil, de acordo com a estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), sua população era de 2.676.936 habitantes. Instituída em 2007 pela Lei Complementar Estadual nº 52, reúne 13 municípios do estado do Amazonas em processo de conurbação, sendo: Autazes, Careiro, Careiro da Várzea, Iranduba, Itacoatiara, Itapiranga, Manacapuru, Manaquiri, Manaus, Novo Airão, Presidente Figueiredo, Novo Airão, Rio Preto da Eva e Silves.

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, foram amostradas duas pisciculturas do tipo viveiro semi escavado em cada um dos cinco municípios da RMM, são eles: Presidente Figueiredo (Fazenda A), Manacapuru (Fazenda B), Iranduba (Fazenda C), Manaus (Fazenda D) e Novo Airão (Fazenda E), totalizando dez pisciculturas. Durante esse período foram coletados dez (n= 10) espécimes de tambaqui em cada uma fazenda amostrada, constituindo um total de cem (N= 100) tambaqui.

2.3. Captura dos animais, colheita sanguínea e biometria

As capturas foram realizadas com o auxílio da rede de arrasto, em seguida os animais foram anestesiados com o uso de eugenol (0,2 g/L) e a retirada de amostras sanguíneas por punção caudal com seringas descartáveis contendo anticoagulante heparina (5000 UI). Após a coleta sanguínea, foi determinado a biometria de cada animal, na qual foi determinado o comprimento total (CT, cm) com o uso de fita métrica e o peso corpóreo (g) com o uso de balanças portáteis. Após os procedimentos de manuseio os animais foram devolvidos ao ambiente de cultivo.

2.4. Parâmetros sanguíneos e métodos de analíticos

O sangue coletado foi dividido em duas alíquotas, uma para a determinação do eritrograma, leucograma e trombograma, e outra para obtenção do plasma e posterior dosagem dos constituintes bioquímicos. A contagem de eritrócitos (RBC) foi feita em câmara de Neubauer após diluição em solução de formol-citrato, o hematócrito (Ht) pelo método do microhematócrito e a concentração de hemoglobina (Hb) pelo método da cianometahemoglobina. A partir desses dados foram calculados os índices hematimétricos: volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

Extensões sanguíneas foram confeccionadas e coradas seguindo as recomendações de Oliveira et al., (2021) e usadas para m utilizadas para a contagem de leucócitos e trombócitos totais (Tavares-Dias; Moraes, 2006), bem como para a contagem diferencial dos leucócitos que se baseia na contagem de 200 tipos leucocitários de interesse.

O plasma foi obtido após centrifugação a 750 G, este foi congelado em nitrogênio líquido (-86°C) até o momento das análises bioquímicas. As concentrações de glicose, triglicerídeos, colesterol total, proteínas totais, uréia e lactato foram determinadas por métodos enzimático-colorimétricos quantificados por kits comerciais (Labtest, Brasil) específicos para cada parâmetro. A dosagem dos íons sódio (Na^+) e potássio (K^+) e cloretos (Cl^-) foi determinado por método colorimétrico usando kit comercial (Labtest, Brasil).

2.5. Análise da água

A avaliação das propriedades físico-químicas tais como a temperatura (°C), pH, condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e oxigênio dissolvido (mg/L), foram determinados em cada piscicultura amostrada, utilizando-se aparelho digital multi-paramétrico. Outros parâmetros, tais como a dureza (mg/L), alcalinidade (mg/L), amônia total (mg/L) e nitrito (mg/L) foram determinados com o uso de kit colorimétrico (Alfakit, Brasil).

2.6. Análise estatística

Para exclusão dos *outliers* foi empregado o teste estatístico Steam and life, posteriormente

o teste de normalidade também foi empregado para averiguação da normalidade dos dados. Após a verificação da normalidade foi aplicado o teste *t* de *Student* e a Análise de Variância (ANOVA) seguida do teste de Tukey que foi utilizado para comparação de pisciculturas do mesmo município e entre os municípios, admitindo-se 95% de confiabilidade.

3. RESULTADOS

Os parâmetros biométricos demonstram similaridades em relação ao comprimento total e peso do tambaqui nos cinco municípios amostrados, entretanto, variações intra específica foram acentuadas na Fazenda C e Fazenda E (Tabela 1).

Tabela 1. Biometria (media \pm desvio padrão) do tambaqui *Collossoma macropomum* de viveiros escavados de cinco fazendas da Região Metropolitana de Manaus (RMM), Amazonas, Brasil.

Variáveis	Municípios da RMM				
	Fazenda A	Fazenda B	Fazenda C	Fazenda D	Fazenda E
Comprimento total (cm)	12,2 \pm 0,2 ^a	12,9 \pm 0,3 ^a	12,0 \pm 1,0 ^a	12,3 \pm 0,1 ^a	12,0 \pm 0,6 ^a
Peso (g)	70,8 \pm 5,9 ^a	68,0 \pm 6,1 ^a	58,1 \pm 13,2 ^a	67,8 \pm 3,0 ^a	56,8 \pm 14,1 ^a

Para o eritrograma foi observado diferenças estatística significativa com valores inferiores nos municípios de Iranduba e Novo Airão, principalmente para o hematócrito, concentração de hemoglobina e eritrócitos (tabela 2).

Tabela 2. Eritrograma (media \pm desvio padrão) do tambaqui *Colossoma macropomum* de viveiros escavados de cinco fazendas da Região Metropolitana de Manaus, Amazonas, Brasil.

Variáveis	Municípios da RMM				
	Fazenda A	Fazenda B	Fazenda C	Fazenda D	Fazenda E
Ht (%)	30,3 \pm 1,0 ^a	32,7 \pm 0,7 ^b	25,0 \pm 1,2 ^c	31,5 \pm 1,0 ^{ab}	26,5 \pm 1,3 ^d
Hb (g/dL)	12,0 \pm 0,3 ^a	12,0 \pm 0,9 ^a	7,4 \pm 1,8 ^b	11,7 \pm 2,0 ^a	6,7 \pm 2,1 ^b
RBC (milhão/ μ L)	2,2 \pm 0,7 ^a	3,0 \pm 0,7 ^b	1,8 \pm 0,2 ^c	2,7 \pm 0,7 ^b	1,3 \pm 0,5 ^d
VCM (fL)	137,7 \pm 14,3 ^a	109,0 \pm 10,0 ^b	138,9 \pm 6,0 ^a	116,7 \pm 14,3 ^b	203,8 \pm 26,0 ^c
HCM (pg)	54,5 \pm 4,3 ^a	40,0 \pm 12,8 ^b	41,1 \pm 9,0 ^b	43,3 \pm 28,6 ^{ab}	51,5 \pm 42,0 ^{ab}
CHCM (g/dL)	39,6 \pm 3,0 ^a	36,7 \pm 1,3 ^b	29,6 \pm 1,5 ^c	37,1 \pm 2,0 ^b	25,3 \pm 1,6 ^d

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas

No leucograma e trombograma foram encontrados seis tipos celulares, são elas os trombócitos, os linfócitos, os eosinófilos, os monócitos, os neutrófilos e a LG-PAS, na qual houve um predomínio no quantitativo para linfócitos e monócitos (Tabela 3). Diferenças estatísticas significativas foram encontradas em leucócitos totais, trombócitos, linfócitos, eosinófilos e monócito, na qual esteve associada aos tambaqui oriundos da Fazenda C e Fazenda E (Tabela 3).

Tabela 3. Leucograma e trombograma (media \pm desvio padrão) do tambaqui *Colossoma macropomum* de viveiros escavados de cinco fazendas da Região Metropolitana de Manaus, Amazonas, Brasil.

Variáveis	Municípios da RMM				
	Fazenda A	Fazenda B	Fazenda C	Fazenda D	Fazenda E
Leucócitos totais (μ L)	44.632 \pm 6.001 ^a	41.120 \pm 4.945 ^b	56.797 \pm 7.771 ^a	43.711 \pm 10.110 ^{ab}	25.110 \pm 9.954 ^c
Trombócitos (μ L)	20.000 \pm 6.500 ^a	24.222 \pm 5.900 ^a	12.981 \pm 3.856 ^b	25.513 \pm 4.927 ^a	14.221 \pm 2.779 ^b

Linfócitos (μL)	16.513 ± 6.009^a	16.448 ± 6.430^a	22.151 ± 5.991^b	14.425 ± 3.001^a	9.541 ± 5.640^c
Eosinófilos (μL)	7.587 ± 2.345^a	6168 ± 1.990^a	11.359 ± 3.76^b	7.431 ± 1.876^a	3.013 ± 1.101^c
Monócitos (μL)	13.835 ± 4.532^a	14392 ± 7.945^a	19.879 ± 5.001^b	15.299 ± 4.321^a	7.784 ± 990^c
Neutrófilos (μL)	5.356 ± 2.300^a	3290 ± 1.611^b	2.840 ± 901^b	5.245 ± 1.001^a	2.762 ± 912^a
LG-PAS (μL)	1341 ± 450^a	822 ± 210^b	568 ± 453^c	1.311 ± 210^a	2.010 ± 499^d

Na bioquímica plasmática os níveis de proteínas totais, glicose, colesterol, triglicerídeos e uréia apresentaram valores inferiores em tambaqui oriundos das Fazenda C e Fazenda E (Tabela 4). Os níveis de fósforo, cloretos, sódio e potássio não apresentaram diferenças significativa entre os cinco municípios investigados (Tabela 4).

Tabela 4. Bioquímica plasmática (media \pm desvio padrão) do tambaqui *Colossoma macropomum* de viveiros escavados de cinco fazendas da Região Metropolitana de Manaus, Amazonas, Brasil.

Variáveis	Municípios da RMM				
	Fazenda A	Fazenda B	Fazenda C	Fazenda D	Fazenda E
Proteínas totais (g/dL)	$3,2 \pm 3,5^a$	$5,0 \pm 2,0^b$	$1,9 \pm 1,0^c$	$4,0 \pm 1,9^{ab}$	$2,5 \pm 1,3^c$
Glicose (mg/dL)	$78,9 \pm 6,9^a$	$91,0 \pm 11,2^b$	$50,1 \pm 9,3^c$	$80,7 \pm 8,9^{ab}$	$53,6 \pm 7,9^c$
Colesterol (mg/dL)	$290,1 \pm 10,8^a$	$361,0 \pm 27,1^b$	$180,1 \pm 8,9^c$	$259,3 \pm 17,2^d$	$150,1 \pm 7,3^d$
Triglicerídeos (g/dL)	$268,5 \pm 13,0^a$	$250,8 \pm 8,8^b$	$130,2 \pm 5,9^c$	$263,2 \pm 15,0^b$	$110,0 \pm 9,9^d$
Uréia (mg/dL)	$157,5 \pm 7,8^a$	$201,9 \pm 16,2^b$	$80,1 \pm 8,0^c$	$177,7 \pm 7,7^d$	$79,9 \pm 5,3^c$
Fósforo (mg/dL)	$9,1 \pm 1,0^a$	$8,9 \pm 0,9^a$	$8,3 \pm 0,8^a$	$8,4 \pm 0,6^a$	$9,6 \pm 0,7^a$
Cloretos (mM/L)	$107,0 \pm 16,0^a$	$111,1 \pm 11,1^a$	$108,0 \pm 12,9^a$	$107,0 \pm 7,8^a$	$113,0 \pm 7,0^a$
Sódio (mEq/L)	$181,2 \pm 7,0^a$	$185,3 \pm 8,9^a$	$181,9 \pm 9,9^a$	$153,3 \pm 11,9^a$	$170,5 \pm 5,5^a$
Potássio (mEq/L)	$7,2 \pm 2,0^a$	$6,9 \pm 1,1^a$	$7,0 \pm 0,8^a$	$6,8 \pm 1,0^a$	$7,0 \pm 0,9^a$

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas

Nas propriedades físicas e químicas das águas dos viveiros escavados amostrados, foi possível observar alterações entre os municípios principalmente nos níveis de oxigênio dissolvido, amônia total e nitrito, nos quais apresentaram valores elevados na Fazenda C e Fazenda E (Tabela 5).

Tabela 5. Propriedades física e química da água (média \pm desvio padrão) de viveiros escavados de cultivo do tambaqui *Colossoma macropomum* de cinco fazendas da Região Metropolitana de Manaus, Amazonas, Brasil.

Variáveis	Municípios da RMM				
	Fazenda A	Fazenda B	Fazenda C	Fazenda D	Fazenda E
Temperatura (°C)	29,6 \pm 0,1 ^a	29,7 \pm 0,2 ^a	30,1 \pm 0,3 ^a	29,8 \pm 0,1 ^a	29,9 \pm 0,2 ^a
pH	6,8 \pm 0,3 ^a	7,0 \pm 0,1 ^{ab}	7,3 \pm 0,2 ^b	7,2 \pm 0,2 ^b	7,0 \pm 0,1 ^{ab}
Oxigênio dissolvido (mg/L)	4,5 \pm 0,2 ^a	5,0 \pm 0,4 ^a	2,8 \pm 0,5 ^b	5,2 \pm 0,4 ^a	3,1 \pm 0,4 ^b
Dureza (mg/L)	80,1 \pm 5,1 ^{ab}	93,1 \pm 8,9 ^b	78,0 \pm 3,0 ^{ab}	92,0 \pm 0,9 ^b	67,2 \pm 4,2 ^c
Alcalinidade (mg/L)	69,0 \pm 1,0 ^a	60,9 \pm 4,0 ^b	66,6 \pm 1,5 ^a	54,0 \pm 4,9 ^c	59,3 \pm 3,1 ^c
Amônia total (mg/L)	0,01 \pm 0,00 ^a	0,01 \pm 0,01 ^a	0,50 \pm 0,30 ^b	0,02 \pm 0,01 ^a	0,60 \pm 0,10 ^b
Nitrito (mg/L)	0,00 \pm 0,00 ^a	0,00 \pm 0,00 ^a	0,02 \pm 0,01 ^b	0,00 \pm 0,00 ^a	0,01 \pm 0,00 ^b

*Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas

4. DISCUSSÃO

Um aspecto característico dos peixes é a ampla variação hematológica interespecífica (Tavares-Dias et al., 2004; Tavares-Dias & Moraes, 2007), em geral atribuídas a fatores como variação genética, estado nutricional, sexo, idade, estresse de captura, procedimentos de manipulação e amostragem sanguínea (Tavares-Dias e Moraes, 2004; Kori-Siakpere et al., 2005; Svobodová et al., 2008). Embora a hematologia de peixes seja uma ferramenta valiosa, o progresso no estabelecimento de parâmetros hematológicos é lento e a literatura é fragmentada e freqüentemente incompleta (Kori-Siakpere et al., 2005; Castro et al., 2020).

No presente estudo os dados biométricos do tambaqui entre os municípios amostrados não apresentaram diferenças estatísticas, ademais os espécimes investigados são juvenis, porém é possível observar valores menores da biometria do tambaqui, principalmente em relação ao peso na Fazenda C e Fazenda E. Os resultados presentes na Tabela 1 corroboram aos estudos

conduzidos por Bussons et al., (2021) e Liebl et al., (2022) que conduziram pesquisas com o tambaqui em condições experimentais que são diferentes das realizadas no presente estudo que sucedeu em viveiros escavados.

O eritrograma, que também é chamado de série vermelha do sangue, fornece informações sobre processos anemiantes, desidratação e ajustes fisiológicos em condições de estresse (Oliveira et al., 2016). Nos valores do eritrograma do tambaqui (Tabela 2), verifica-se que as espécimes oriundas de pisciculturas da Fazenda A, Fazenda B e Fazenda D apresentam condições fisiológicas similares. Por outro lado, observar-se que os tambaqui da Fazenda C e Fazenda E apresentam indicativo de processos anemiantes, ocasionado pelos baixos valores de Ht e Hb, além disso existe uma tentativa de compensação fisiológica devido a redução dos valores Ht que teve relação direta com redução da eritropoiese (baixo valor de RBC) observada. Nesse sentido, a anemia do tambaqui é maior do aquela apontada no presente estudo.

A série branca do sangue (leucograma e trombograma) indica principalmente as respostas de peixes frente a alguma perturbação dos fatores abióticos ou bióticos (Oliveira et al., 2021). No presente estudo foi identificado trombócitos, linfócitos, eosinófilos, neutrófilos e LG-PAS com morfologia similar aos estudos de Tavares-Dias e Moraes (2004). Naquele estudo, houve alerta sobre a dificuldade de encontrar em extensões sanguíneas um tipo leucocitário denominado de LG-PAS. Pode haver dificuldade de diferenciar eosinófilo e LG-PAS, podendo assim super estimar o número de eosinófilos no sangue (Oliveira et al., 2011).

Na análise comparativa das células brancas existiu variação acentuada intraespecífica o que ocasionou valores elevados do desvio padrão, refletindo diretamente nos testes estatísticos de comparação de médias. Apesar dessa característica, os valores de leucócitos totais em tambaqui de da Fazenda C foram superiores quando comparados as demais fazendas. Foi identificado trombocitopenia em tambaqui da Fazenda C e Fazenda E, os animais apresentavam palidez e pontos hemorrágicos pelo corpo, para Anselmo et al., (2021) essas características podem indicar número baixos de trombócitos ocasionado por alguma doença, parasito ou outra condição ambiental imposta ao organismo. Houve também linfocitose, eosinocitose e monocitose entre os tambaqui oriundos de viveiro tanque escavado existente na Fazenda C e Fazenda E. Diferente de outros estudos conduzidos com tambaqui *C. macropomum* que não observaram alterações nos valores de tipos leucocitários (Tavares-Dias e Moraes, 2010; Mariano et al., 2017; Soares et al., 2017; Oliveira et al., 2019). De acordo com Oliveira et al., (2021) os linfócitos e os monócitos geralmente são predominantes no sangue de peixes dulciaquícolas e são as principais células de

defesa identificadas por marcações citoquímicas.

Os níveis de proteínas totais foi elevado no tambaqui oriundo da Fazenda A e Fazenda E (Tabela 4). As proteínas totais são compostos bioquímicos importantes na constituição de tecido, incluindo o tecidosanguíneo (Oliveira et al., 2016), assim pode estar associada principalmente a má nutrição (Chagas et al., 2005; Liebl et al., 2022).

Baixo nível de proteína total sanguínea também pode ocorrer em consequência da redução da síntese protéica por disfunção hepática, e também em consequência do aumento da permeabilidade das proteínas plasmáticas ou da degradação das proteínas pelas enzimas proteolíticas que são liberadas das células endoteliais destruídas por vírus ou bactérias (Stoskopf, 1993). Por outro lado, aumento dos níveis de proteínas totais podem estar associados à hemólise (Hrubec e Smith, 1999). Essa mesma observação também foi reiterada para os níveis de uréia plasmática.

Assim, os tambaqui das Fazenda A e Fazenda D possuem valores de proteínas totais plasmáticas similares aos tambaqui investigados em condições experimentais nos estudos de Tavares-Dias e Moraes (2010), Bussons et al., (2021) e Liebl et al., (2022). Por outro lado, os níveis de proteínas totais descritos em tambaqui da Fazenda B são superiores aos descritos na literatura (Tavares-Dias e Moraes, 2010; Bussons et al., 2021; Liebl et al., 2022).

Tem sido afirmado que a concentração de glicose depende do modo de vida do peixe e, particularmente, de sua capacidade locomotora (Carneiro e Amaral, 1979). Além disso, os níveis de glicose têm sido atribuídos ao estresse causado pela baixa taxa de oxigênio, pela dieta e também pelo dano braquial (Tavares-Dias e Moraes, 2010).

No presente estudo, valores superiores de glicose foram encontrados em tambaqui oriundo da Fazenda B e valores inferiores em tambaqui oriundo da Fazenda C e Fazenda E (Tabela 4). Nesse sentido, o tambaqui em condições naturais tem como característica serem onívoros e migratórios e desenvolvem estratégia alimentar de acúmulo de reservas quando possuem alimento em abundância (Villacorta-Correa e Saintpaul, 1999). Porém, os tambaqui oriundo da Fazenda B podem estar super alimentados e em processo de acúmulo de energia sob a forma de glicose, por outro lado os tambaqui oriundos da Fazenda C e Fazenda E podem estar subnutridos e em dificuldade fisiológica dentro dos viveiros. Pantoja-Lima et al., (2015) reiteram que a principal dificuldade do produtor de peixe no estado do Amazonas é a aquisição de ração, visto que os preços elevados e as dificuldades logística até os sistemas de criação.

Os compostos lipídicos investigados no presente estudo (colesterol e triglicerídeos) reinteram baixos níveis no sangue de *C. macropomum* da Fazenda C e Fazenda E, a exemplo dos níveis de proteínas totais e glicose, indicando baixos níveis de acumulo de gordura nessas especimes o que naturalmente irá refletir no sabor de suas carnes.

O fósforo é obtido através da alimentação e auxilia no processo de formação de dentes e ossos, no funcionamentos dos músculos e fornecimento de energia (Colville e Bassert, 2010). Assim, no presente estudo foram similaridades no tambaqui das cinco localidades investigadas, bem como os seus valores estiveram dentro dos encontrados em outras pesquisas (Tavares-Dias e Moraes, 2010).

Para os íons cloretos, sódio e potássio não houve diferença estatísticas significativas, bem como os valores estiveram dentro do descritos para a mesma espécie em trabalhos de Tavares- Dias et al., (2010), Bussons et al., (2021) e Liebl et al., (2022), indicando assim boas condições de regulação iônica nos ambientes de viveiros escavados do tambaqui da RMM.

Izel e Melo (2004) avaliando a criação em tanques escavados em pisciculturas de tambaqui no estado do Amazonas retratam que os valores de oxigênio dissolvido variaram de 6,1 a 10,4 mg/L, a temperatura foi de 28,9°C, a transparência de 40 cm e o pH de 7,5. As concentrações de amônia total foram menores que 1 mg/L, a alcalinidade total foi de 36 mg/L e a dureza total foi 40 mg/L (Izel e Melo, 2004). Entretanto, os mesmos autores sugerem variações de acordo com as condições de manejo, cuidados com o tanque e horários a serem determinadas as variáveis.

Assim, os níveis de temperatura foram similares entre as localidades amostradas e apreentaram valores similares aos descritos por Izel e Melo (2004) e Porto (2021) quando analisaram essa variável em tanques escavados no estado do Amazonas. Para o pH houve diferença estatística significativa do tambaqui oriundo da Fazenda A, explicado devido a maioria das águas de viveiros escavadas da localidade serem oriundas de águas de igárapes, que são pretas e mais ácidas (Santos, 2018).

Os níveis de oxigênio dissolvido na água de viveiros escavados foram significativamente baixos nas Fazendas C e Fazenda E. Esses valores foram baixos quando comparados as recomendações descritas por Izel e Melo (2004), porém Porto (2021) também descreveu esses valores em um sistemas de produção situadas na RMM.

Os níveis de dureza e alcalinidade não apresentaram um padrão claramente definido quando comparados aos demais parâmetros e/ou explicados por conta do tipo de água do rio que abastecem esses municípios, porém os valores estiveram dentro dos achados de Porto (2021). Para os níveis de amônia total e nitrito houve valores acentuados na Fazenda C e Fazenda E, embora não seja predominante Porto (2021) também encontrou alguns viveiros escavados com valores similares.

5. CONCLUSÃO

As espécimes de juvenis de tambaqui cultivadas em viveiros escavados situados na RMM apresentam variáveis hematológicas, bioquímicas e propriedades físicas e química da água diferentes. É importante ao se propor intervalos fisiológicos de referência para o tambaqui bem como a qualidade física e química da água, que seja considerado além das questões nutricionais, o manejo e outros fatores associados ao cultivo, a localidade e a origem da água. Além do mais, a qualidade de água é fundamental para as boas condições de saúde do tambaqui, assim os peixes oriundos da Fazenda C e Fazenda E estão em condicionais fisiológicas baixas. Por outro lado os peixes oriundos da Fazenda B apresentam alimentação inapropriada, indicada pelos valores elevados de colesterol e triglicérides encontrados no sangue. Porém, esses dados podem ser estar associados a outros fatores como a sazonalidade, o sexo, aumento de dióxido de carbono e temperatura, estado nutricional, variação genética, altas densidades de estocagem e principalmente nas práticas de manejo inadequadas, resultando alterações nas variáveis hematológicas, bioquímicas e imunidade dos animais

AGRADECIMENTOS

Ao financiamento do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) por meio do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCIT). A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) e o Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio do edital Programa Primeiros Projetos (PPP) que concedeu financiamento para a execução desse trabalho. FDFE agradece a concessão da bolsa de mestrado concedida pela FAPEAM e ATO agradece a concessão de bolsa de produtividade concedida pelo CNPq.

REFERÊNCIAS

- ANSELMO N.P, SILVA CKP, FRANCA MFL, SANTOS MQC, ARIDE PHR, PANTOJA-LIMA J, OLIVEIRA AT (2021) Hematological parameters of captive big-headed Amazon river turtles, *Peltocephalus dumerilianus* (Testudines: Podocnemididae). *Acta Biológica Colombiana*, 26: 207-213. 10.15446/abc.v26n2.80616.
- ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; GOMES, L. C. 2005. Tambaqui (*Colossoma macropomum*) IN: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Ed). *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Cap. Tambaqui, v. 2. Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, RS, p. 67-104.
- ARIDE, P. H. R., OLIVEIRA, A. T., OLIVEIRA, A. M., FERREIRA, M. S., BAPTISTA, R. B., SANTOS, S. M., PANTOJA-LIMA, J. (2016). Growth and hematological responses of tambaqui fed different amounts of cassava (*Manihot esculenta*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68: 1697-1704. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8704>.
- ARIDE, P. H. R., OLIVEIRA, A. M., BATISTA, R. B., FERREIRA, M. S., PANTOJA-LIMA, J., LADISLAU, D. S., & OLIVEIRA, A. T. (2018). Changes on physiological parameters of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed with diets supplemented with Amazonian fruit *Camu camu* (*Myrciaria dubia*). *Brazilian Journal of Biology*, 78(2): 360-367 DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.169442>.
- ARIDE, P. H. R., OLIVEIRA, A. M., FERREIRA, M. S., LIEBL, A. R. S., COMASSETTO, L. E., LADISLAU, D. S., BASSUL, L. A., SILVA, B. R., MATTOS, D. C., LAVANDER, H.D., SOUZA, A. B., POLESE, M. F., RIBEIRO, M. W. S., CASTRO, P. D. S., & OLIVEIRA, A. T. (2020). Growth and hematological responses of tambaqui, *Colossoma macropomum* fed different levels of rice, *Oryza* spp. *Brazilian Journal of Biology*, 81: 1- 7 DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.232560>.
- BANCO MUNDIAL. 2020. O Banco Mundial prevê o declínio mais acentuado das remessas na história recente. In: *Banco Mundial* [online]. [Citado em 22 de maio de 2020]. www.worldbank.org/en/news/press-release/2020/04/22/world-bank-predicts-harpest-decline-of-remittances-in-recent-history.
- BONDAD-REANTASO, MG, MACKINNON, B., HAO, B., HUANG, J., TANG-NELSON, K., SURACHETPONG, W., ALDAY-SANZ, V., SALMAN, M., BRUN, E., KARUNASAGAR, I., HANSON, L., SUMPTION, K., BARANGE, M., LOVATELLI, A., SUNARTO, A., FEJZIC, N., SUBASINGHE, R., MATHIESEN, Á.M. & SHARIFF, M. 2020. Ponto de vista: O SARS-CoV-2 (a causa do COVID-19 em humanos) não infecta animais aquáticos para alimentação nem contamina seus produtos. *Asian Fisheries Science*, 33: 74-78 [online]. [Citado em 22 de maio de 2020]. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2020.33.1.009>.
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. 1992. *Water quality and pond soil analyses for aquaculture*. Auburn: Auburn University, 183 p.

BUSSONS INB, SOUZA ES, ARIDE PHR, DUNCAN WLP, FURUYA WM, BUSSENS MRFM, OLIVEIRA AT, FAGGIO C (2021) Growth performance, hematological responses and economic indexes of *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) fed graded levels of glycerol. *Comparative Biochemistry and Physiology* 249; 109122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2021.109122>.

BUZOLLO, H., SANDRE, L. C. G., NEIRA, L. M., NASCIMENTO, T. M. T., JOMORI, R. K., & CARNEIRO, D. J. (2019). Digestible protein requirements and muscle growth in juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Aquaculture Nutrition*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/anu.12888>.

CARNEIRO, N. M.; AMARAL, A. D. The normal blood sugar of *Pimelodus maculatus* (Lacépède, 1803) (Pisces: Teleostei). Comparison between o-toluidine and glucose-oxidase methods. *Boletim de Fisiologia Animal Universidade de São Paulo*, v. 3, p. 39-48, 1979.

CASTRO PDS, LADISLAU D, RIBEIRO MWS, LOPES ACC, LAVANDER HD, BASSUL LA, MATTOS DC, LIEBL ARS, ARIDE PHR, OLIVEIRA AT (2020) Hematological parameters of three species of tucunarés (*Cichla* spp.) from Lake Balbina, PresidenteFigueiredo, Amazonas. *Brazilian Journal of Biology* 80, 1-7 DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.219409>.

CHAGAS, E. C.; GOMES, L. C.; MARTINS JÚNIOR, H.; ROUBACH, R.; LOURENÇO, J. N. P. Desempenho de tambaqui cultivado em tanques-rede, em lago de várzea, sob diferentes taxas de alimentação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 40, p. 833-835, 2005.

CLAVELLE, T. 2020. Pesca global durante COVID-19. In: *Global Fishing Watch* [online]. [Citado em 22 de maio de 2020]. <https://globalfishingwatch.org/data-blog/global-fisheries-during-covid-19/>.

COLVILLE TP, BASSERT JM (2010) Anatomia e fisiologia clínica para medicina veterinária. Rio de Janeiro: Elsevier, 543 p. HRUBEC T. C.; SMITH, S. A. Differences between plasma and serum samples for the evaluation of blood chemistry values in rainbow trout, channel catfish, hybrid tilapias, and hybrid striped bass. *Journal of Aquatic Animal Health*, v.11, p.116-122, 1999.

FAO. 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.

FAO. 2020. *Resumo dos impactos da pandemia COVID-19 no setor de pesca e aquicultura: Adendo à Situação Mundial da Pesca e Aquicultura 2020*. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9349en>.

FERREIRA, A. C. O.; COSTA, V. M.; SILVA, W. D.; VIANA, R. B.; Isoeritrólise do Potro Neonato. UFRA - Publicação PETVET, ano 1, n.1, 2014.

FSBI Fish Welfare (Briefing Paper 2). Fisheries Society of the British Isles. Cambridge: Granta Information Systems, 2002. Disponível em: <http://www.le.ac.uk/biology/fsbi/briefing.html>. Acesso em: 03 de abril de 2021.

GANDRA, A.L. O Mercado do Pescado da Região Metropolitana de Manaus. Montividéu: Infopesca, 2010. p. 5-83.

GOLDENFARB, P. B., BOWYER, F. P., HALL, E., & BROSIOUS, E. (1971). Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. American Journal of Clinical Pathology, 56(1), 35-39. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcp/56.1.35>.

HESSER, E. F. (1960). Methods for routine fish hematology. The Progressive FishCulturist, 22(4), 164-171. DOI: [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1960\)22\[164:MFRFH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1960)22[164:MFRFH]2.0.CO;2).

HIGUCHI, L. H., FEIDEN, A., MALUF, M. L. F., DALLAGNOL, J. M., ZAMINHAN, M., & BOSCOLO, W. R. (2011). Avaliação eritrocitária e bioquímica de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos à dieta com diferentes níveis protéicos e energéticos. Ciência Animal Brasileira, 12(1), 70-75. DOI: <https://doi.org/10.5216/cab.v12i1.8986>.

ISHIKAWA, N. M., RANZANI-PAIVA, M. J. T., & LOMBARDI, J. V. (2008). Metodologia para quantificação de leucócitos totais em peixe *Oreochromis Niloticus*. Archives of Veterinary Science, 54-63. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v13i1.11560>.

IZEL ACU, MELO LAS (2004) Criação de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques escavados no Estado do Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2004. 20 p.

JERÔNIMO, G. T.; FRANCESCHINI, L.; ZAGO, A.; SILVA, R. J.; PÁDUA, S. B.; VENTURA, A. S.; ISHIKAWA, M. M., TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M. L. Parasitos de peixes Characiformes e seu híbridos cultivados no Brasil. In: Tavares-Dias, M. & Mariano, W.S. (Orgs). Aquicultura no Brasil: novas perspectivas. São Carlos, Editora Pedro & João, 2015.

KORI-SIAKPERE, O., AKE, J.E.G., IDOGE, E. 2005. Haematological characteristics of the African snakehead, *Parachanna obscura*. African J. of Biotec., 4, 527-530.

LIEBL, A. R. S., CAO, M. A., NASCIMENTO, M. S., CASTRO, P. D. S., DUNCAN, W. L. P., PANTOJA-LIMA, J., ARIDE, P. H. R., BUSSONS, M. R. F. M., FURUYA, W. M., FAGGIO, C., OLIVEIRA, A. T. (2022). Dietary lysine requirements of *Colossoma macropomum* (CUVIER 1818) based on growth performance, hepatic and intestinal morphohistology and hematology. *Veterinary Research Communications*, 46: 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11259-021-09872-6>.

LIMA, A. F.; MORO, G. V.; KIRSCHNIK, L. N. G.; BARROSO, R. M. Engorda de peixes. In: Rodrigues, A. P. O... [et al] (Editores técnicos). *Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos*. Embrapa Pesca e Aquicultura. Brasília, DF: Embrapa, 2013b. 440 p. 1ª edição ISBN 978-85-7035-272-9 CDD 639.3.

LIMA, J. F., MONTAGNER, D., DUARTE, S. S., YOSHIOKA, E. T. O., DIAS, M. K. R., & TAVARES-DIAS, M. (2019). Sistema de recirculação usando filtros biológicos aerados no cultivo de alevinos de tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54, 00294. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00294>.

LIMA CA, BUSSONS MRFM, OLIVEIRA AT, ARIDE PHR, O'SULLIVAN FLA, PANTOJA-LIMA J (2020) Socioeconomic and Profitability Analysis of Tambaqui *Colossoma macropomum* Fish Farming in the State of Amazonas, Brazil. *Aquaculture Economics & Management* 1: 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1080/13657305.2020.1765895>.

MARIANO, W. S. ; SOUSA, F. L. G. ; TAVARES-DIAS, MARCOS ; RODRIGUES, R. L. C. ; AZEVEDO, S. B. ; LIMA, J. O. Estudo hematológico de tambaqui (*Colossoma macropomum*) submetido à concentração subletal de biopesticida a base de *Bacillus thuringiensis*. *Revista SODEBRAS*, v. 12, p. 54-58, 2017.

MATOS, M. S.; MATOS, P. F. DE. *Laboratório Clínico Médico-Veterinário*. Editora Atheneu. 2ª Ed. SP/RJ/BH. 1995. 238p.

MELARD, C., OROZCO, J.J., URAN, L.A. and DUCARME, C., 1993. Comparative growth rate and production of *Colossoma macropomum* and *Piaractus brachypomus* (*Colossoma bidens*) in tanks and cages using intensive rearing conditions. In: G. BARNABE and P.

KESTEMONT, eds. *Production, environment and quality*. Ghent: European Aquaculture Society, pp. 433-442.

MELO, J.S.C. *Água e Construção de Viveiros na Piscicultura*. 1999. p.102.

OBA, E.T.; MARIANO, W.S.; SANTOS, L.R.B. Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. In: *Manejo e Sanidades de peixes em cultivo*. Macapá: EMBRAPA, 2009.

OLIVEIRA AT, CRUZ WR, PANTOJA-LIMA J, ARAÚJO SB, ARAÚJO MLG, MARCON JL, TAVARES-DIAS M (2011) Morphological and cytochemical characterization of thrombocytes and leukocytes in hatchlings of three species of Amazonian freshwater turtles. *Veterinarski Arhiv* 81(5): 657-670.

OLIVEIRA, A. C. B.; MIRANDA, E.; CORREA, R. Exigências nutricionais e alimentação do tambaqui. In: Fracalossi, D. M.; Cyrino, J. E. P. *Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira*. Florianópolis: Aquabio, 2013. p. 231-240.

OLIVEIRA AT, SANTOS MQC, ARAUJO MLG, LEMOS JRG, SALES RSA, PANTOJA-LIMA J, TAVARES-DIAS M, MARCON J.L (2016) Hematological parameters of three freshwater stingray species (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the middle Rio Negro, Amazonas state. *Biochemical Systematics and Ecology* 69: 33-40 <https://doi.org/10.1590/1519-6984.01816>.

OLIVEIRA A.T, LEMOS JRG, SANTOS MQC, SALES RSA, PANTOJA-LIMA J, ARIDE PHR, ARAUJO M.L.G, TAVARES-DIAS M (2021) Morphological, cytochemical and ultrastructural aspects of blood cells in freshwater stingray species in the middle Rio Negro basin of Amazonian Brazil. *Scientific Reports* 11: 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95183-4>.

OLIVEIRA, L. C. D. ; BRASILIENSE, A. R. P. ; Dias, M.K.R. ; Oba, E.T. ; TAVARES-DIAS, M . Toxicological, hematological and immunological effects of levamisole and ivermectin diet supplementation in *Colossoma macropomum* (Serrasalminidae). *Diseases of aquatic organisms*, v. 136, p. 255-263, 2019.

PADUA, D.M.C.; AGUIAR, M.S.; BOIJINK, C.L. 2008. A Piscicultura no Desenvolvimento do Estado de Goiás. In: Guerra, C.; Tejerina-Garro, F. L.; Pietrafesa, J. P. (Org.). *Cerrado, Sociedade e Ambiente: desenvolvimento sustentável em Goiás*. Goiânia: Editora da UCG. p. 275-303. 978-85-7103-373-0.

PANTOJA-LIMA, J. ; SANTOS, S. M. ; Oliveira, AT ; ARAUJO, R. L. ; SILVA JUNIOR, J. A. L. ; BERNARDINO, G. ; ALVES, R. R. S. ; FERRAZ FILHO, A. ; GOMES, A. L. ; ARIDE, P. H. R. . Pesquisa e transferência de tecnologia aliadas para desenvolvimento da aquicultura no Estado do Amazonas. In: Marcos Tavares Dias, Wagner dos Santos Mariano. (Org.). *Aquicultura no Brasil: novas perspectivas*. 2ed. São Carlos: Pedro & João, 2015, v. 2, p. 313-332.

PEDRO, N.; GUIJARRO, A. I.; LOPEZ-PATIÑO, M. A.; MARTINEZ-ALVAREZ, R.; DELGADO, M. J. Daily and seasonal variations in haematological and blood biochemical parameters in the tench, *Tinca tinca* Linnaeus, 1758. *Aquaculture Research*, v. 1185-1196, 2005.

PEREIRA, D. S. P., GUERRA-SANTOS, B., MOREIRA, E. L. T., ALBINATI, R. C. B., & AYRES, M. C. C. (2018). Parâmetros hematológicos e histológicos de tilápia-do-Nilo em resposta ao desafio de diferentes níveis de salinidade. *Boletim do Instituto de Pesca*, 42(3), 635-647. DOI: <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2016v42n3p635>.

PEIXE BR - Anuário brasileiro de piscicultura. 2021. 71p. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuariopeixe-br-da-piscicultura-2022/>. Acessado em 09 de fevereiro de 2022.

PERCIE DU SERT N, HURST V, AHLUWALIA A, ALAM S, AVEY MT, BAKER M, BROWNE WJ, CLARK A, CUTHILL IC, DIRNAGL U, EMERSON M, GARNER P, HOLGATE ST, HOWELLS DW, KARP NA, LAZIC SE, LIDSTER K, MACCALLUM CJ, MACLEOD M, PEARL EJ, PETERSEN O, RAWLE F, PEYNOLDS P, ROONEY K, SENA ES, SILBERBERG SD, STECKLER T, WURBEL H (2020) The ARRIVE guidelines 2.0: Updated guidelines for reporting animal research. *PLoS Biol* 18(7): e3000410 <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000410>.

PORTO EL (2021) Níveis de metais pesados em cultivos semi-intensivos de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) NO ESTADO DO AMAZONAS. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, 60 p.

SAINT-PAUL, U., 1991. The potential for *Colossoma* culture in Latin America. *Infofish International*, vol. 2, pp. 49-53.

SANTOS SM (2018) Efeitos da piscicultura em canais de igarapés sobre a ictiofauna na Amazônia Central. Tese de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, 112 p.

SOARES, BRUNA VIANA ; NEVES, LÍGIA RIGÔR ; FERREIRA, DRIELLY OLIVEIRA ; OLIVEIRA, MARCOS SIDNEY BRITO ; CHAVES, FRANCISCO CÉLIO MAIA ; CHAGAS, EDSANDRA CAMPOS ; GONÇALVES, RAISSA ALVES ; TAVARES-DIAS, MARCOS. Antiparasitic activity, histopathology and physiology of *Colossoma macropomum* (tambaqui) exposed to the essential oil of *Lippia sidoides* (Verbenaceae). *Veterinary Parasitology*, v. 234, p. 49-56, 2017.

SIPAÚBA TAVARES, L.H. *Limnologia Aplicada a Aquicultura*. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70 p.

SOUZA, A. D., & INHAMUNS, A. J. (2011). Análise de rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializadas no Estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazônica*, 41(2), 289-296.

STOSKOPF, M. K. Fish medicine. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1993. 882 p.

SVOBODOVÁ, Z., KROUPOVÁ, H., MODRÁ, H., FLAJSHANS, M., RANDÁK, T., SAVINA, L.V., GELA, D. 2008. Haematological profile of common carp spawners of various breeds. J App Ichth 24, 55-59.

TAVARES-DIAS, M. Características bioquímicas de *Brycon cephalus* e *Brycon orbignyanus*, teleósteos dulciaquícolas brasileiros de importância econômica. p. 282-285, 2004. Disponível em: <http://www.civa2004.org/>.

TAVARES-DIAS, M. & MORAES, F.R. 2004. *Hematologia em peixes teleósteos*. Villimpres: Ribeirão Preto, SP.

TAVARES-DIAS, M., BOZZO, F. R., SANDRIN, E. F. S., CAMPOS-FILHO, E. & MORAES, F. R. 2004. Células sanguíneas, eletrólitos séricos, relação hepato e esplenosômica de carpa-comum, *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) na primeira maturação gonadal. Acta Scientiarum 26, 73–80.

TAVARES-DIAS, M. & MORAES, F.R. 2007a. Leukocyte and thrombocyte reference values for channel catfish (*Ictalurus punctatus* Raf), with an assessment of morphologic, cytochemical, and ultrastructural features. Veterinary Clinical Pathology 36, 49-54.

TAVARES-DIAS, M., MORAES, FR (2010). BIOCHEMICAL PARAMETERS FOR *Piaractus mesopotamicus*, *Colossoma macropomum* (Characidae) and hybrid tambacu (*P. mesopotamicus* X *C. macropomum*). Ci. Anim., Bras., Goiânia, v. 11, n. 2, p. 363-368, abr./jun. 2010.

TEIXEIRA FILHO, A.C. Piscicultura ao alcance de todos. São Paulo: Nobel, 1991. 212p.

TRIPATHI, N. K.; LATIMER, K. S.; BURNLEY, V. V. Biochemical reference intervals for koi (*Cyprinus carpio*). Comparative Clinical Pathology, v. 12, p. 160-165, 2003.

VILLACORTA-CORREA, M. A.; SAINT-PAUL, U. Structural indexes and sexual maturity of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Characiformes: Characidae), in central Amazon, Brazil. Brazilian Journal of Biology, v. 59, p. 637-652, 1999.

VOLPATO, G.L. Considerações metodológicas sobre o teste de preferência na avaliação do bem-estar em peixes. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, p.53-61, 2007.

WINTROBE, M.M. Variations on the size and haemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. *Folia Haematologica*, Leipzig, v.51, p.32-49, 1934.