



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM



FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - FCA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E RECURSOS

PESQUEIROS – PPGCARP

**HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA PLASMÁTICA DE TRÊS ESPÉCIES DE
QUELÔNIOS DA AMAZÔNIA (PODOCNEMIDIDAE) PROVENIENTES DE
QUELONICULTURAS**

NEIANA PEREIRA ANSELMO

MANAUS - AM

2022

NEIANA PEREIRA ANSELMO

**Hematologia e bioquímica plasmática de três espécies de quelônios da Amazônia
(Podocnemididae) provenientes de queloniculturas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros – PPGCARP, da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, área de concentração: Uso Sustentável de Recursos Pesqueiros Tropicais

Área de Concentração: Uso Sustentável de Recursos Pesqueiros Tropicais

Linha de Pesquisa: Tecnologias de uso de Recursos Pesqueiros

Orientador: Prof. Dr. Adriano Teixeira de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Rocha Aride

MANAUS - AM

2022

Ficha Catalográfica

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

Anselmo, Neiana Pereira

A618h Hematologia e bioquímica plasmática de três espécies de quelônios da Amazônia (Podocnemididae) provenientes de queloniculturas /Neiana Pereira Anselmo. 2022
129 f.: il. color; 31 cm.

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

1. Tartaruga da Amazônia. 2. Podocnemis . 3. Sangue . 4. Réptil
5. Hematologia . I. Oliveira, Adriano Teixeira de. II. Universidade
Federal do Amazonas III. Título.

NEIANA PEREIRA ANSELMO

HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA PLASMÁTICA DE TRÊS ESPÉCIES DE QUELÔNIOS DA AMAZÔNIA (PODOCNEMIDIDAE) PROVENIENTES DE QUELONICULTURAS

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.

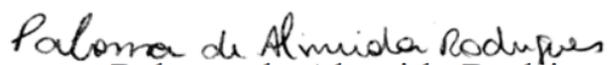
Aprovada em 27 de outubro de 2022.

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



Dra. Paloma de Almeida Rodrigues - Membro
Universidade Federal do Rio de Janeiro



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

DEDICATÓRIA

“Seja forte e corajoso. Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus estará com você por onde andar.” Josué 1:9

Dedico este trabalho aos amores da minha vida, Mauro Jorge Tavares e Marcio Jorge: Amo vocês.

Ao meu avô, José Henrique Pinto (In memoriam) e ao meu pai Samuel Anselmo (In memoriam).

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, em primeiro lugar, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades, pois em meio a todo caos me mantive firme no propósito dele para cumprir em minha vida a sua vontade.

Aos meus Pais, Neida e Samuel Anselmo, por acreditar e confiar que tudo daria certo, por me manter sempre no caminho, corrigir-me no momento certo e por sempre realizar o impossível, se necessário para não me faltar nada; pelos conselhos, pelas orações e por investir em mim.

Ao meu esposo Mauro Jorge de Souza Tavares, meu companheiro de vida, por nesse período de Mestrado nunca ter duvidado da minha capacidade; por sempre me lembrar do quanto sou capaz, que posso conquistar tudo.

Ao meu filho amado Márcio Jorge Anselmo Tavares: o milagre da minha vida. O filho que Deus me deu para testemunhar o amor dele por mim, por ser conforto nos momentos de desespero, pelo olhar mais sincero onde eu me encontro. Obrigada filho por trazer cor e vida para o meu mundo.

Aos meus irmãos, Bruno, Zacarias, Fernanda, Alessandra, Samuel, Samila, Andreina e Ana Rosa: obrigada pelos momentos de conversas, de risadas e descontração. Aos meus cunhados, Samuel e David, às minhas cunhadas Abigail e Fabiana, meus sobrinhos Clarice, Pedro Henrique, Isabela e David, pelo carinho.

Também, meu reconhecimento e carinho devem ficar aqui registrado à minha irmã Samila e ao meu cunhado David, que foram a única família durante o primeiro ano de mestrado, me acolheram em seu lar durante a minha estadia em Manaus.

À Dona Irene e Mario Jorge Tavares, meus sogros que se tornaram minha família e apoio para o meu filho. Obrigada em especial à Fabiana, que cuidou e cuida do meu filhote.

Agradeço infinitamente, ao meu orientador Professor Doutor Adriano Teixeira de Oliveira, pelas orientações e paciência, por sempre está disponível para tirar dúvidas, por sempre se fazer presente nos momentos precisos: profissionais como o senhor são os que fazem a diferença. Obrigada por aceitar ser meu orientador, por ter me ajudado e apoiado na escolha do tema e depois, mesmo de longe, me apoiar em todo o processo acadêmico: muito obrigada por acreditar. Ao meu co-orientador Professor Doutor Paulo Henrique Rocha Aride: obrigada por ter me aceitado como orientanda e por todo apoio na construção dessa dissertação.

A querida Doutora Ariany Lielb, pelas contribuições e orientações na construção desta dissertação, pelas palavras de incentivo, pelo apoio, disponibilidade em meio a rotina acadêmica e da maternidade. Deixo aqui os meus mais sinceros agradecimentos: Deu certo Doutora!.

Ainda pela direta contribuição, à Universidade Federal do Amazonas (UFAM), por meio do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPGCARP) pela oportunidade de fazer parte do corpo discente, que me permitiram realizar algo tão desejado. 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. A Fundação de Amparo à Pesquisa

do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo financiamento junto ao edital PPP, e pela bolsa concedida em 2019 o que foi essencial para poder me manter em Manaus.

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 Tecnológica (PADCIT) que permitiu que pudesse concluir meus estudos.

Aos amigos do PPGCARP, que dividiram comigo os momentos de felicidade e agonia (*rsrs* – risos), Euclides Queiróz, Flavia Farias, Luiza Sambora, e Paula Ribeiro: obrigada por ninguém sair do grupo carinhosamente intitulado “grupo dos fracos” e ninguém abandonar mutuamente e por torcerem pela conquista de cada um.

À instituição em que me tornei professora, Escola Estadual São Pedro, as queridas colegas Francisca Miranda, Nilcilane Valente, Rosilene Dantas, Fabiola Leão e a gestora Elizabeth Almeida. Em especial a professora Marcinete, obrigada pelos conselhos, pelas palavras de incentivo e por muitas vezes ser ouvinte e confidente.

Quanto aos que contribuíram de forma direta, agradeço profundamente 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, Isabela de Souza e Maria Fernanda Gomes, pela ajuda importante nas coletas e análises hematológicas: grata pela disponibilidade de vocês.

Por cada pessoa que contribuiu com esse momento importante da minha vida acadêmica e profissional: Obrigada a todos que contribuíram durante os momentos que estive produzindo essa dissertação: **Gratidão!**

LISTA DE FIGURAS

INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1: Berçário de Testudines confeccionado com alvenaria.....	21
Figura 2: Tanques escavados (barragens) para criação de Testudines.....	21
Figura 3: Tanque de reprodução de Testudines.....	22
Figura 4: Exemplos de Cryptodira (A) e Pleurodira (B).....	27
Figura 5: Exemplos de Cryptodira (A) e Pleurodira.....	27
Figura 6: Espécie recém-eclodida de tracajá <i>Podocnemis unifili</i>	29
Figura 7: Fêmea adulta de <i>Podocnemis expansa</i> em praia de desova.....	29
Figura 8: Adulto de <i>Peltocephalus dumerilianus</i>	31

CAPÍTULO 1

Figura 1: Leucócitos e trombócitos de quelônios amazônicos do Gênero <i>Podocnemis</i> ...	59
Figura 2: Infográfico dos locais de pesquisas (ambiente natural, produção e laboratorial) dos autores com trabalhos com quelônios amazônicos analisados nesta revisão de literatura. Elaborado a partir da figura de Filizola <i>et al.</i> (2002).....	61

CAPÍTULO 2

Figura 1: Infográfico das medidas biométricas em quelônios amazônicos: comprimento retilíneo da carapaça (CRC, cm) e comprimento do plastrão (CP, cm). Elaborado a partir de Bernhard <i>et al.</i> (2016).....	84
--	----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1: Eritrograma de quelônios da região Amazônica.....	53
Tabela 2: Leucograma e Trombograma de quelônios da região Amazônica.....	63
Tabela 3: Parâmetros bioquímicos plasmáticos de quelônios da região Amazônica.....	65

CAPÍTULO 2

Tabela 1: Biometria (Média \pm DP) e tartarugas oriundos de queloniculturas, Amazonas, Brasil.....	86
Tabela 2. Eritrograma de <i>Peltocephalus dumerilianus</i> da região Amazônica.....	87
Tabela 3. Leucograma e Trombograma de <i>Peltocephalus dumerilianus</i> da região Amazônica.....	88
Tabela 4. Parâmetros bioquímicos plasmáticos de quelônios da região Amazônica.....	89

CAPÍTULO 3

Table 1. Values obtained for morphological variables of big-headed Amazon River turtles (<i>Peltocephalus dumerilianus</i> Schweigger, 1812), sampled in a captive breeding system located in the city of Manaus, Amazonas state, Brazil.....	111
---	-----

Table 2. Hematological and biochemical parameters of the big-headed Amazon River turtles (*Peltocephalus dumerilianus* Schweigger, 1812) compared with *Podocnemis* species. Animals from a captive breeding system located in the city of Manaus (Brazil).....113

Table 3. Mean and reference values for hematological and biochemical parameters of healthy big-headed Amazon River turtles (*Peltocephalus dumerilianus* Schweigger, 1812) from a captive breeding system, located in the city of Manaus, Amazona Brazil.....115

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
1.1 Sistema de produção de Testudines: Quelonicultura.....	19
1.2 Comercialização de Testudines.....	22
1.3 Os Testudines e a família Podocnemididae.....	25
1.3.1 Tracajá <i>Podocnemis unifilis</i> (Troschel 1848).....	28
1.3.2 Tartaruga-da-amazônia <i>Podocnemis expansa</i> (Schweigger 1812)	30
1.3.3 Cabeçudo <i>Peltecephalus dumerilianus</i> (Schweigger 1812)	31
1.4 A hematologia e a bioquímica plasmática como ferramentas biológicas.....	32
2.OBJETIVOS	37
2.1 Objetivogeral.....	37
2.2 Objetivos específicos.....	37
3 REFERÊNCIAS	38
CAPÍTULO 1- Hematologia e bioquímica plasmática de quelônios (Testudines, Chelidae) da Região Amazônica: Revisão de literatura	47
Introdução.....	49
Material e métodos.....	50
Resultados e Discussão.....	70

Considerações finais.....	71
CAPÍTULO 2- Fisiologia e Bioquímica Sanguínea de quelônios de água doce produzidos em queloniculturas da Região Metropolitana de Manaus, Amazonas.....	76
Introdução.....	80
Material e métodos.....	82
Resultados.....	86
Discussão.....	89
Conclusão.....	95
CAPÍTULO 3- Hematological and blood biochemistry parameters of captive big-headed Amazon river turtles, <i>Peltocephalus dumerilianus</i> (Testudines: Podocnemididae).....	102
Introduction.....	106
Materials and methods.....	108
Results.....	110
Discussion.....	116
Conclusion.....	118
CONCLUSÃO GERAL.....	129

RESUMO

Os quelônios são animais que tem importância ecológica e cultural para os povos da região amazônica, sendo também, fonte proteica e econômica. O atual estudo buscou, por meio de uma revisão de literatura e pesquisas em campo, reunir informações acerca da hematologia sanguínea e bioquímica plasmática dos quelônios, considerando a escassez de dados publicados. De acordo com os dados apresentados neste trabalho, os parâmetros hematológicos e bioquímicos dos quelônios amazônicos, demonstram diferenças relacionadas aos fatores endógenos e exógenos que influenciam as características do sangue. O alto valor de VCM verificado sugere macrocitose, possivelmente ocorrida em função da eritropoiese, o que expõem a robustez dos animais. As altas taxas de glicose, colesterol e triglicérides para quelônios recém-eclodidos, corrobora com a literatura que retrata a demanda energética da alta atividade metabólica dos recém-eclodidos. No capítulo 2, os parâmetros hematológicos e bioquímicos demonstraram que a espécie *Podocnemis unifilis* estava sob condição de estresse, e que os valores de colesterol e triglicérides elevados podem estar relacionados com a quantidade de alimento fornecido. A qualidade da água apresentou valores baixos para o oxigênio dissolvido e, conseqüentemente, aumento de amônia e nitrito, o que pode estar relacionado com a quantidade de resíduo orgânico na água. Para a espécie *Peltecephalus dumerilianus*, o fator nutricional foi o fator mais provável para as diferenças verificadas. Esta espécie apresenta valores de Ht, RBC e VCM semelhantes aos valores de *Podocnemis expansa* em produção, além de demonstrar Hb, CHM e CHCM com valores próximos aos da espécie *Podocnemis unifilis*. Considerando os dados hematológicos e bioquímicos das espécies apresentados neste estudo fica evidenciado a influência do manejo na saúde e bem-estar dos quelônios. Os dados apresentados podem ser utilizados em ações voltadas para o manejo e estudos futuros sobre as espécies de quelônios amazônicos que foram objetos de investigação neste estudo.

Palavras-chave: sangue, quelônios, *Podocnemis*, tartaruga da Amazônia.

ABSTRACT

Turtles are animals that have ecological and cultural importance for the people of the Amazon region, as well as a protein and economic source. The current study sought, through a literature review and field research, to gather information about the blood hematology and plasma biochemistry of turtles, considering the scarcity of published data. According to the data presented in this work, the hematological and biochemical parameters of Amazonian turtles show differences related to endogenous and exogenous factors that influence blood characteristics. The high MCV value verified suggests macrocytosis, possibly due to erythropoiesis, which exposes the robustness of the animals. The high levels of glucose, cholesterol, and triglycerides for newly hatched chelonians corroborates the literature that portrays the energy demand of the high metabolic activity of newly hatched chelonians. In chapter 2, the hematological and biochemical parameters showed that the species *Podocnemis unifilis* was under stress condition, and that high cholesterol and triglycerides values may be related to the amount of food supplied. The water quality showed low values for dissolved oxygen and, consequently, an increase in ammonia and nitrite, which may be related to the amount of organic residue in the water. For the species *Peltocephalus dumerilianus*, the nutritional factor was the most likely factor for the differences verified. This species presents values of Ht, RBC, and MCV similar to the values of *Podocnemis expansa* in production, in addition to showing Hb, MCH, and MCHC with values close to those of the species *Podocnemis unifilis*. Considering the hematological and biochemical data of the species presented in this study, the influence of management on the health and well-being of chelonians is evidenced. The data presented can be used in actions aimed at management and future studies on the species of Amazonian chelonians that were investigated in this study.

Keywords: blood, turtles, *Podocnemis*, Amazon turtle.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A utilização do pescado como parte fundamental da alimentação dos povos da Amazônia brasileira é transcendente ao período colonial (Andrade, 2015). Após a colonização, o avanço do comércio intensificou a exploração de recursos naturais da região amazônica, inclusive o consumo de vertebrados da ordem Testudines (Schmidt, 1945), também conhecidos como quelônios, tartarugas, cágados ou jabutis (Ferrara *et al.*, 2017). O consumo de animais silvestres ainda é frequente em estados brasileiros como o Amazonas, constituindo fonte de proteína para subsistência (Andrade, 2017; Pezutti *et al.*, 2018). A prática, cultural e histórica, gera alta comercialização da carne e dos ovos, além do comércio de vísceras, plastrão e carapaça, usadas para fins domésticos e ornamentais (Andrade *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2010). Entre as espécies de Testudines, o tracajá *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) e a tartaruga da Amazônia *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), destacam-se como as mais consumidas e comercializadas (Vogt, 2008; Oliveira *et al.*, 2011). O cabeçudo, ou tartaruga-de-cabeça-grande-do-amazonas, *Peltocephalus dumerilianus* (Duméril e Bibron, 1835), embora menos conhecido do ponto de vista biológico também possui interesse zootécnico, sendo produzidas por queloniculturas e comercializadas na região amazônica (Vogt, 2011).

Visando mitigar a exploração de Testudines em ambiente natural, a quelonicultura, que é a produção de quelônios em cativeiro com finalidade comercial, se tornou uma alternativa para diminuir a pressão sobre os estoques dos animais de vida livre, viabilizando uma estrutura econômica, sustentável e racional dos recursos da fauna, gerando renda legalizada para as famílias locais (Júnior, 2001; Alves, 2015). No

entanto, ainda que só no Amazonas existam cerca de 150.762 quelônios sob produção em cativeiro esta atividade permanece de forma secundária na aquicultura e necessita de mais estudos para o conhecimento e aprimoramento das técnicas de manejo (Luz *et al.*, 2003; Embrapa, 2015; Garcez *et al.*, 2021).

Nesse sentido, o perfil hematológico tem sido largamente utilizado na avaliação dos animais mantidos em sistema de criação e permite a detecção de alterações que afetem o organismo, evidenciando infecções, estresse e outros sinais e sintomas de entraves sanitários (Campbell, 2007; Marcon *et al.*, 2008; Cubas *et al.*, 2014). No entanto, ainda são escassas pesquisas com parâmetros hematológicos para quelônios principalmente com as espécies amazônicas que sofrem interferências de fatores exógenos e endógenos dificultando a obtenção dos valores como referência (Martins, 2022). Além dos estudos de parâmetros a partir de células do sangue, os estudos de compostos bioquímicos do plasma sanguíneo de quelônios, também são limitados. De acordo com Silveira *et al.* (2017), os perfis bioquímicos do sangue são utilizados para avaliar o estado fisiológico dos répteis e levam em consideração variações das condições ambientais, parâmetros fisiológicos, sazonalidade e particularidades quanto a idade e sexo desses animais (Campebell, 2006; Silveira *et al.*, 2017). A literatura retrata particularidades das espécies sob metodologias diversas, e esta falta de padronização dificulta o uso das informações de forma comparativa, a fim de que novas pesquisas sejam estruturadas e de que o manejo tenha base sólida através dos dados publicados.

Diante da necessidade em obter informações sobre características do sangue de espécies de *Podocnemis*, o objetivo desta dissertação foi reunir informações publicadas ao longo dos anos sobre a hematologia e bioquímica sérica desse grupo de répteis da

região amazônica (ambiente de produção, ambiente natural e laboratorial), verificar parâmetros das células sanguíneas e do plasma da tartaruga-da-Amazônia *Podocnemis expansa*, do tracajá *Podocnemis unifilis* e da tartaruga-de-cabeça-grande-do-amazonas ou cabeçudo *Peltocephalus dumerilianus* produzidos em queloniculturas.

Assim, esta dissertação está organizada em uma parte introdutória, seguida de três capítulos e uma conclusão do estudo. A parte introdutória é composta por uma introdução geral, por uma revisão de literatura que abrange os principais tópicos do estudo, pelo detalhamento dos objetivos (geral e específicos) e pelo detalhamento das hipóteses.

O primeiro capítulo, é constituído por um artigo de revisão de literatura descritiva sobre a hematologia e sobre a bioquímica plasmática dos quelônios (Testudines, Podocnemididae) amazônicos, expondo e discutindo artigos publicados com quelônios provenientes de queloniculturas, laboratórios e ambiente natural. O segundo capítulo consiste em um artigo de pesquisa original que investiga a fisiologia e a bioquímica sanguínea de quelônios de água doce produzidos em queloniculturas da região de Manaus, Amazonas.

O terceiro capítulo, é composto por um artigo de pesquisa original que investiga os parâmetros hematológicos e bioquímicos do sangue das tartarugas amazônicas *Peltocephalus dumerilianus* (Duméril e Bibron, 1835), produzidas em queloniculturas. Finalizando a dissertação, a parte da conclusão geral sumariza as informações destacadas em cada capítulo e evidencia a informação que melhor traduz os resultados desta dissertação

As respostas obtidas auxiliarão na avaliação das condições sanitárias, fisiológicas e adaptativas dos animais em sistema de quelonicultura, além de contribuir como referência para elaboração e análises de trabalhos futuros.

1.1. SISTEMA DE PRODUÇÃO DE TESTUDINES: QUELONICULTURA

Entre as espécies de Testudines liberadas para a produção comercial, ou quelonicultura, a tartaruga *P. expansa* e o tracajá *P. unifilis* são as mais procuradas na Amazônia (Andrade *et al.*, 2008; Pezzuti *et al.*, 2008). A formação do plantel das produções comerciais de tartarugas depende da retirada anual de filhotes dos tabuleiros protegidos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), com risco aumentado anualmente (Pezzuti *et al.*, 2008). Para o manejo adequado em cativeiro, Luz *et al.* (2000), ressalta a importância de observar fatores como ambiente, instalações, alimentação, e densidade populacional. Para densidade populacional, considera-se como ótima aquela em que seja mínima a competição alimentar, para que os dejetos não interfiram na sanidade dos animais e consequentemente não os deixem sujeitos a condições estressantes.

O sistema de criação intensivo é pequeno, planejado e dimensionado à quantidade de animais alojados com profundidade variando entre 0,80 e 1,2 m (CENAQUA, 2000). Quando o sistema conta com a utilização de represas, viveiros de médio porte e os animais são mantidos sob média densidade, de acordo a fase de

criação, este é considerado semi-inteiro (CENAQUA, 2000). De acordo Andrade *et al.* (2008) o fornecimento de filhotes para cada criador devidamente registrado é de 4.000 a 4.500 filhotes/ha de lâmina d'água de viveiro, feito pela IBAMA, objetivando produzi-los até a idade adulta e reproduzi-los em cativeiro. Assim, um total 10% dos adultos devem permanecer nos criatórios como matrizes e 90% pode ser destinado para a comercialização (Andrade *et al.*, 2008).

A criação comercial das tartarugas tem sido conduzida em três fases (CENAQUA, 2000), são elas:

1ª) O berçário, que se inicia com o recebimento dos filhotes até um ano e possui densidade ocupacional recomendada de até 20 animais/m²;

2ª) A fase de crescimento, que compreende o período que vai da transferência do plantel do berçário para um recinto maior que mantém os animais até a etapa de comercialização dos lotes, possui densidade populacional recomendada de 1,0 a 3,0 espécimes/m²;

3ª) A fase de reprodução, onde recomendam-se duas densidades para animais com idade de três a seis anos de 1,0 animal/m², e acima dessa faixa etária, 1,0 animal a cada 2,0 m².

O berçário (Figura 1) é utilizado para proteger os filhotes e propiciar melhor crescimento no período de 2 a 12 meses, assim, o tempo no berçário deve ser suficiente para ocorrer o endurecimento da carapaça, a cicatrização umbilical e a eliminação do odor característico de gordura (Andrade *et al.*, 2008). A estrutura do berçário pode ser

contornada por madeira ou gaiolas, ser adicionado a estrutura de barragens, tanques escavados, alvenaria ou tanques-rede (IBAMA, 2016).



Figura 1. Berçário confeccionado com alvenaria. Fonte: Andrade (2008).

Reprodutores e matrizes de tartarugas acima de 4 anos ou 7 kg de peso vivo, e de tracajás com 4 anos ou acima de 3 kg, são cuidados em tanques tais como mostrado na figura 2 (Oliveira *et al.*, 2021). De acordo com Oliveira *et al.* (2021), as tartarugas e os tracajás possuem facilidade para reproduzirem em ambiente de produção, no entanto, é necessário a construção de praias com areia fina ou média, com cerca de 1,50 m de altura acima do nível da lâmina de água (Oliveira *et al.*, 2021).



Figura 2. Tanques escavados (barragens) para a fase de crescimento . Fonte: Oliveira *et al.* (2021).

Para o melhor desempenho animal, é fundamental que haja o acompanhamento, que consiste em registrar comprimentos dos animais em intervalos regulares de tempo, geralmente mensais, fornecendo estimativas da taxa de crescimento mensal (Luz, 2000). Os fatores ligados à manutenção e ao sistema de criação são fundamentais para a produção, pois, uma das finalidades da criação comercial de Testudines é de se tornarem-se autossustentáveis (Luz *et al.*, 2000; Araujo, 2011). Estas informações são essenciais para o aumento da sobrevivência dos animais nestes locais, o bem-estar dos mesmos e ainda, para a biologia da conservação que extrapola os conhecimentos de criadouros mediante aos animais de vida livre e vice-versa.



Figura 3. Tanque de reprodução de Testudines. Fonte: Oliveira (2021).

1.2. COMERCIALIZAÇÃO DE TESTUDINES

A Lei de Proteção à Fauna (Lei 5.197, de 1967) normalizada pelo IBAMA, normatiza a produção de quelônios, ou Testudines, em queloniculturas (Portaria n. 142, de 30 de dezembro de 1992) e o comércio dos produtos e coprodutos (Portaria n. 70, de 23 de agosto de 1996) no território brasileiro (Machado *et al.*, 2017). O uso e manejo da

fauna silvestre normatizado (Instrução Normativa do IBAMA de número 169; 20 de fevereiro de 2008), determina que a tartaruga da Amazônia (*Podocnemis expansa*), o tracajá (*P. unifilis*), o iaçá (*P. sextuberculata*) e a muçuã (*Kinosternon scorpioides*) podem ser produzidos, comercializadas e abatidas no Brasil (Mateus *et al.*, 2018).

No Estado do Amazonas, região Norte do Brasil, a legislação estabeleceu no ano de 2017 via SEMMA (Secretaria de Estado de Meio Ambiente) a Resolução número 26 do CEMAEAM (Conselho Estadual de Meio Ambiente do Estado do Amazonas) que regulamenta as técnicas de produção e manejo da *P. expansa* e da *P. unifilis*, para comércio ou para uso das comunidades tradicionais ribeirinhas (Mateus *et al.*, 2018).

Segundo Machado *et al.* (2017), que se basearam nos registros encontrados entre 1976 e 2001, as queloniculturas são compostas, majoritariamente, por espécies da fauna nativa, porém, a fauna silvestre exótica também pode estar presente em menor quantidade. As informações encontradas mostram que em um ranqueamento produtivo no estado do Amazonas, a avicultura (39,5%) é seguida pela produção de mamíferos (30,7%) e de répteis (29,8%). Dentre os répteis, predominam os quelônios (47,3%), principalmente no modo comercial (32,3%), sendo um percentual expressivo encontrado na condição conservacionista (14,3%) (Machado *et al.*, 2007).

De acordo com Garcez *et al.* (2021), o avanço da quelonicultura no Amazonas pode ter conexão com a alta demanda do mercado local para tartarugas, tracajás e iaçás, com o interesse dos produtores na regularização da atividade, com o auxílio técnico-científico do IBAMA-AM em cooperação com a Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Informações coletadas pelo grupo de pesquisadores do IBAMA-AM, UFAM e CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) através de

visitas técnicas (1996 a 2004) a criadores de quelônios, possibilitou sumarizar a produção de quelônios no estado quanto a tipos de instalações, densidades de cultivo, características nutricionais, manejo, evolução do plantel, custos produtivos, aspectos de fisiologia, bioquímica e reprodução dos quelônios (Garcez *et al.*, 2021).

Posteriormente ao ano de 2004 as informações reunidas pela equipe de pesquisadores foram transferidas aos quelonicultores, técnicos e cientistas por meio de publicações, e em 2008, através do Provárzea/IBAMA (Andrade, 2008). A democratização de informações, possibilitou o apoio da Agência de Agronegócios do Amazonas com a exposição de produtos em feiras móveis junto com pescados de áreas de manejo como o pirarucu (*Arapaima gigas*), o que popularizou o consumo de quelônios de produção.

Incentivos, desenvolvimento de pesquisa e extensão, e apoio técnico contribuíram para o sucesso da quelonicultura no estado do Amazonas (Garcez, 2021). De acordo com Garcez (2019) as informações geradas surgiram a partir de trabalhos publicados que destacaram características como, a localização em relação à Região Metropolitana de Manaus (RMM) que é o centro consumidor de quelônios (Anízio, 2009). O tamanho das propriedades (entre 9 e 35 ha; pequenas e médias), o tamanho das represas (0,1 a 6,0 há), dos berçários (30 a mais de 1.000 m²), e o fato dos empreendimentos aproveitarem barragens e tanques utilizados na piscicultura, foram observados por Andrade (2008). Lima (2000) destaca o perfil socioeconômico dos criadores, que tem a quelonicultura como uma atividade complementar. Cerca de 33% são comerciantes, 25% são agricultores, tem idade entre 40-59 anos (66,3%), renda familiar de 5 a 10 salários-mínimos (cerca de 41,7%), a escolaridade está entre ensino

fundamental e médio (58,3%) e possuem conhecimentos sobre características biológicas das tartarugas. De acordo com Andrade (2008) e Anísio (2009), queloniculturas em sistemas extensivos ou semi-intensivos que tentaram reduzir os custos de produção eram de pessoas físicas (61,5%) que utilizam recursos próprios, trabalharam com sistemas de produção consorciado com peixes como tambaqui (69%), alimentaram os animais com subprodutos encontrados na região como resíduos de filetagem de pescado (40%), frutas e tubérculos (20%), ou forneciam ração comercial peletizada para peixe tipo alevinagem (20%) com 36 a 42% proteína.

As queloniculturas amazonenses estão distribuídas entre os municípios de Manacapuru, Manaus, Rio Preto da Eva, Manicoré e Iranduba, tendo percentuais de distribuição de 27%, 16%, 16%, 11% e 5%, respectivamente. Mais de 90% da produção legalizada de animais silvestres no Amazonas são de *P. expansa* (Andrade, 2008; Anísio, 2009). O estado do Amazonas possui um plantel de 150.762 quelônios, ocupando o 1º lugar em quantidade de animais silvestres sob produção comercial no território brasileiro (Trajano e Carneiro, 2019; Garcez, 2021). Garcez (2019) classifica a *P. expansa* no Amazonas como o terceiro organismo aquático mais produzido, sendo o tambaqui (*Colossoma macropomum*) o primeiro, e o matrinxã (*Brycon amazonicus*) o segundo. São comercializados cerca de 3 ton./mês de quelônios no município de Manaus (12-15 ton/ano; 3.000 animais/ ano). Os quelonicultores do estado do Amazonas tiveram êxito na venda dos lotes de animais, precificados de R\$ 20 a 30,00/kg vivo, e parte deles realizam manejo reprodutivo de *P. expansa* e de *P. unifilis* desde 2002, produzindo até o ano de 2009 os totais de 14.695 e 4.851 filhotes, respectivamente (Garcez et al. 2021).

1.3. OS TESTUDINES E A FAMÍLIA PODOCNEMIDIDAE

Os quelônio (“*Chelys*”: “couraça; grego) são répteis com existência de aproximadamente 240 milhões de anos, tendo 356 espécies , divididos em 14 famílias (Teixeira 2018). Em torno de 20% das espécies ocorrem na América do Sul, e são distribuídas nas famílias Chelidae, Cheloniidae, Dermochelyidae, Emydidae, Geoemydidae, Kinosternidae, Podocnemididae e Testudinidae (Van Dijk *et al.*, 2014). As espécies com ocorrência na região norte do Brasil, juntamente com a China e Indonésia, ocupam o quinto lugar no ranking mundial de espécimes (Luz *et al.*, 2008; Ferrara *et al.*, 2017). No Brasil são conhecidas 36 espécies, com o destaque para a Amazônia brasileira, onde são encontradas 18 espécies continentais, sendo duas terrestres, enquanto as demais são aquáticas e semiaquáticas (Vogt, 2008; Van Dijk *et al.* 2014). A tartaruga da Amazônia *Podocnemis expansa* (Figura 3), o tracajá *P. unifilis* e a iacá *P. sextuberculata*, são os quelônios mais conhecidos no Brasil, habitam a bacia do rio Solimões e seus afluentes, em rios de água branca (barrenta), preta e clara, e possuem (Andrade *et al.*, 2016).

Os quelônios (ou, popularmente, “bicho de casco”), apresentam o corpo recoberto por uma carapaça dorsal (Figura 3), acompanhado de um plastrão na parte ventral, com ossificações unindo vértebras, coluna e porção da cintura peitoral, características que os diferem dos demais répteis (Santos, 2010; Oliveira *et al.*, 2021).



Figura 4: Carapaça dorsal e ventral da tartaruga da Amazônia. Fonte:

tartarugas.avph.com.br

Tais répteis são classificados, conforme a forma com que retraem o pescoço para o interior do casco, como animais da subordem “Pleurodira” (pescoço dobrado na horizontal, posicionando-o lateralmente), e “Cryptodira” (retraem o pescoço na posição vertical; Figura 4 A). Pertencentes a subordem “Pleurodira” (Figura 4B), são encontrados na região amazônica as famílias Podocnemididae e Chelidae (14 espécies). Pertencente ao grupo Cryptodira existem as famílias Kinosternidae, Geoemydidae e Testudinidae, que totalizam quatro espécies (Balestra *et al.*, 2019; Camargo, 2018).



Figura 5: Exemplos de Cryptodira (A) e Pleurodira (B). Fonte: Balestra (2017).

Na família Podocnemididae constam os gêneros *Erymnochelys* (Baur, 1888), *Peltocephalus* (Duméril e Bibron, 1835) e *Podocnemis* (Wagler, 1830) (Van Dijk *et al.*, 2014). É no gênero *Podocnemis* que estão as espécies de tartaruga da Amazônia, tracajá, iacá e irapuca (Teixeira, 2018). Os Testudines utilizam o meio terrestre e aquático para alimentação, copulação, locomoção e abrigo, e são responsáveis por diferentes funções ecológicas, atuando na reciclagem de nutrientes. Através da alimentação (onívora), transformam em proteína a matéria orgânica ao ingerir matéria viva ou morta, sendo essencial para limpeza do ambiente aquático (Ferrara *et al.*, 2017).

A temperatura influencia o período de incubação e a determinação do sexo dos quelônios, que são ovíparos e depositam ovos em ninhos cavados (Balestra *et al.*, 2016; Nunes Júnior, 2018). A estratégia de vida dos Testudines se baseia na produção numerosa de filhotes a cada ciclo reprodutivo, embora a maturidade sexual seja tardia, os indivíduos adultos possuem baixa taxa de mortalidade (Ferrara *et al.*, 2017).

1.3.1 Tracajá *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848)

O tracajá *P. unifilis* (Figura 5) é um quelônio que possui habitat nos sistemas hidrográficos da bacia Amazônica, onde é comum, sendo fundamental para o equilíbrio da fauna e flora (Vogt, 2008). Este quelônio é descrito como semiaquático, e diferencia-se dos demais gênero de *Podocnemis* pela presença de duas escamas parietais frontais grandes e por possuírem sulco interparietal entre as órbitas (Ferrara *et al.*, 2017).



Figura 6. Espécie recém-eclodida de tracajá *Podocnemis unifilis*. Fonte: ICMBIO (2019).

Filhotes e machos adultos possuem manchas alaranjadas na cabeça, e as fêmeas adultas perdem a coloração e apresentam a cabeça em tom de marrom (Oliveira *et al.*, 2021). Tende a adaptarem-se aos ambientes, tais como rios, canais, lagos, córregos (ou igarapés) e florestas alagáveis (Vogt, 2008). Uma de suas características é ser uma espécie aquática, com atividade diurna e noturna, podendo alimentar-se de material animal e vegetal, como sementes, caules e pequenos crustáceos (Ferrara *et al.*, 2017). O tracajá tem o hábito alimentar onívoro, que em ambiente natural consome peixes, crustáceos e de plantas (Yoshioka *et al.*, 2017).

Os machos da espécie pesam de 3 a 5 kg, enquanto as fêmeas pesam de 4 a 7 kg, fazem ninhos medindo até 18 cm de profundidade e depositam de 12 a 35 ovos que eclodirão em até dois meses (Andrade *et al.*, 2016). O número médio de ovos de tracajá, por ninho, varia entre as regiões (Vogt, 2008; Teixeira *et al.*, 2018). Além do tamanho, estes animais possuem uma abertura no escudo anal, com formato de “U” nos machos, e formato de “V” nas fêmeas (Ferrara *et al.*, 2017). Nos dias atuais, esta espécie é ameaçada de extinção, classificada como vulnerável na lista vermelha da IUCN (IUCN

Red List of Threatened Species) e incluída no Apêndice II da CITES como espécie ameaçada (IUCN, 2020).

1.3.2. Tartaruga-da-amazônia *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812)

Em meio à diversidade da fauna de quelônios existente no Brasil, a tartaruga-da-Amazônia recebe destaque em razão da importância econômica, e pelo seu uso como fonte de proteína para população ribeirinha (Andrade *et al.*, 2016). É o maior quelônio de água doce da América do Sul, tendo distribuição ampla ocorrendo quase em todos os tributários da bacia Amazônica e bacia do rio Orinoco (Vogt, 2008; Andrade *et al.*, 2016). A tartaruga-da-amazônia (Figura 6) é caracterizada pelo casco ósseo, carapaça dorsal e pelo plastrão ventral recoberto por placas dérmicas, pele com couro, ausência de dentição, e presença de bico córneo (Portelinha, 2010).



Figura 7. Fêmea adulta de *Podocnemis expansa* em praia de desova. Fonte: Ferrara (2017).

1.3.3. Cabeçudo *Peltocephalus dumerilianus* (Schweigger, 1812)

O cabeçudo *Peltocephalus dumerilianus* (Schweigger, 1812) é especialmente utilizado como alimento nos locais onde espécies maiores, como o tracajá e a tartaruga-da-Amazônia, tiveram suas populações reduzidas ou em locais em que é muito abundante, como na bacia do rio Negro (Vogt, 2008; Schneider *et al.*, 2011, 2012, Ferrara *et al.*, 2017; Balestra, 2016). É a espécie de quelônios mais consumida, considerando biomassa, na região do município de Barcelos, no rio Negro, Amazonas (Ferrara *et al.*, 2016). Além do consumo, inundações de cursos da água motivadas pelas construções de hidrelétricas ameaçam o habitat da espécie (Ferrara *et al.*, 2007). A espécie é onívora oportunista-generalista, maior consumidor de matéria animal entre os Podocnemidídeos, uma das maiores espécies da família (Vogt, 2008). É distribuída entre os estados do Amazonas, Pará e Roraima, habitando preferencialmente em rios, igapós e lagoas, em áreas com um a três metros de profundidade (Vogt, 2008).

Estudos desenvolvidos com essa espécie estão relacionados à biologia reprodutiva (Vogt, 2001), anatômicos (Magalhães, 2010) e ecológicos (Castro, 2013), no entanto, há uma deficiência em estudos hematológicos voltados a avaliação do estado fisiológico tanto em ambiente natural quanto em condições de cativeiros.



Figura 8: Adulto de *Peltocephalus dumerilianus*. Fonte: Ferrara *et al.*(2017).

1.4 A HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA PLASMÁTICA COMO FERRAMENTAS BIOLÓGICAS

O sangue é responsável pela integração dos sistemas do organismo de um animal, mantendo os líquidos que estão distribuídos nos diferentes compartimentos do corpo em constante movimento (Marcon *et al.* 2008). Nos Testudines, o sangue circulante dentro dos vasos fechados, de forma idêntica aos demais vertebrados (Marcon *et al.*, 2008). A vantagem em utilizar o sangue para obter informações sobre o estado de saúde do animal está no fácil acesso, na não necessidade de eutanasiar os animais, e poder utilizar pequenas amostras de sangue podem gerar diferentes análises, sem causar efeitos colaterais severos para obter um diagnóstico (Marcon *et al.*, 2008).

Segundo Santos *et al.* (2005) os valores de parâmetros sanguíneos de tartarugas em produção podem ser diferentes dos valores das tartarugas de vida selvagem. Isto pode estar relacionando aos diferentes habitats, alimentação e uso de dieta artificial, além da manipulação dos animais, condições de estresse, e principalmente a temperatura, já que as mudanças de temperatura no ambiente influenciam diretamente o metabolismo dos répteis.

De acordo com Campebell (2012), a hematologia é o estudo da fisiologia do sangue e seus componentes (plasma e células), eficaz no diagnóstico de possíveis doenças, como anemia, reações inflamatórias, parasitemias, alterações hematopoiéticas e hemostáticas. Por meio do sangue, o hemograma é um dos exames de diagnósticos mais utilizados, por se tratar de um exame de triagem que deve ser solicitado em primeiro caso, para direcionar os exames complementares em situações de determinada

suspeita clínica é dividido em grupos, o do Eritrograma e o Leucograma e Trombograma (Almosny e Monteiro, 2008; Camargo, 2018).

Deste modo, os estudos hematológicos se baseiam nas análises feitas por meio do hemograma, utilizando algumas propriedades do sangue, denominados parâmetros hematológicos, incluindo propriedades como hematócrito, a concentração de hemoglobina e o número de células vermelhas presentes no sangue (Marcon *et al.*, 2008).

As avaliações dos parâmetros hematológicos de um animal retratam diretamente sua fisiologia cardiorrespiratória e em última análise, seu estado de saúde (Lopes, 2016). O hemograma é uma mensuração valiosa para os estudos em répteis, mas os valores de referência para a maioria não são conhecidos (Silveira *et al.*, 2017).

O fácil acesso ao estado geral de animais de cativeiro, revela algumas preocupações, como os resultados obtidos nas análises por diversos autores, essas podem sofrer interferência de fatores, como local de coleta, sexo, idade, temperatura, estresse, anticoagulante, o corante e método de contagem celular usado (Campbell, 2006; Campbell, 2012; Prieto-Torres *et al.*, 2013), principalmente nas análises do sangue de Testudines provenientes de cativeiro.

O volume de sangue em répteis é de 5% a 8% do peso corpóreo, e a quantidade de sangue a ser coletado é de 3 mL por quilograma de peso, não devendo ultrapassar 10% do volume total (Thrall *et al.*, 2004). Para minimizar os erros nas amostras, é importante se atentar a medidas, como o processamento do sangue ocorrer logo após a coleta (Thrall *et al.*, 2004; Wilkinson, 2004).

A coleta de sangue em quelônios pode ser feita nos seguintes locais, tais como: coração, veia jugular, veia ou artéria braquial, veia coccígea ventral, seio orbital, veia escapular, pelo corte das unhas e punção do vaso femoral (Jacobson, 1993; Campbell, 2012). Perez (2008) destaca que os valores de hemograma e bioquímica séricos ou plasmáticos são diferentes para os Testudines, eles variam conforme o ecossistema em que cada espécie adaptou seu modo de vida pelo clima, altitude, tipo de alimento à sua disposição, atividade diária que eles executam, dentre outros fatores.

Para a coleta de sangue devem ser utilizados tubos contendo anticoagulantes, como a heparina (Thrall *et al.*, 2004). O ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA, do inglês *Ethylenediamine tetraacetic acid*), causa hemólise de células do sangue em várias espécies de répteis, principalmente em Testudines, de acordo com Thrall *et al.* (2004). Os esfregaços devem ser feitos, sempre que possível, sem a utilização de anticoagulante, pois, permitem a melhor avaliação dos componentes sanguíneos (Thrall *et al.*, 2004).

Através do eritrograma é possível compreender a avaliação dos eritrócitos, muito importante na avaliação do estado de saúde de um animal, além disso retrata a estimativa do número de células vermelhas que circulam em cada milímetro cúbico de sangue (1 mm³ equivale a 6-10 µL; quantidade menor do que uma gota) (Marcon *et al.*, 2008). O aumento do hematócrito pode dificultar o fluxo de sangue, exigindo mais do coração para que o fluxo esteja dentro dos níveis necessários para o bom funcionamento do animal (Marcon *et al.*, 2008).

Em Testudines o hematócrito é baixo em relação aos mamíferos, pois quando o hematócrito apresenta alto valor em sua contagem, associado à dosagem de proteína

total, provavelmente há uma desidratação, comum em répteis de criatórios, devidos a erros de manejo no sistema de criação, por sua vez, quando o hematócrito se apresenta baixo, casos de anemia e doença crônica devem ser considerados (Rosenthal, 2002). Assim, o valor normal de hematócrito para os répteis varia a cerca de 20 e 40%, de acordo com a espécie, o local de coleta, procedimentos e técnicas de análise, condições sazonais de *habitat*, idade, gênero, estado nutricional, entre outros (Campbell, 2007).

O Leucograma compreende a contagem total e diferencial de leucócitos, assim a alta taxa dos leucócitos é supostamente relacionada com doenças inflamatórias, infecciosas e neoplasias, por outro lado, valores baixos de leucócitos podem ou não ser associados com doença viral, sequestro de células ou supressão da medula óssea (Rosenthal, 2002).

As análises referentes as variáveis da bioquímica plasmática são essenciais especialmente para relacionar ao estresse, equilíbrio homeostático e dieta, na qual respondem facilmente a quaisquer alterações que possam ocorrer, seja em condição de cultivo ou em ambiente natural (Santos, 2011).

De acordo com Campbell (2006), o plasma de répteis, é transparente, de coloração amarelada ou alaranjada devido à presença de pigmentos carotenoides na dieta dos animais. Os estudos relacionados as alterações bioquímicas plasmáticas em répteis são escassos quando comparados aos animais domésticos (Campbell, 2006).

Os valores das variáveis plasmáticas em animais de sistema de criação podem apresentar variação significativamente dos valores encontrados para animais de vida livre, devido aos fatores aos quais são submetidos devido ao estresse de confinamento, dietas artificiais e a forma que é manejado (Bolten e Bjorndal, 1992).

As análises que compreende a bioquímica plasmática de répteis geralmente são: proteínas totais, albumina, glicose, ácido úrico, aspartato amino transferase (AST), creatina kinase (CK), cálcio, fósforo e outras substâncias cujas dosagens podem ser úteis no diagnóstico de doenças, como a creatinina, lactato desidrogenase (LDH), sódio, potássio, cloro, CO₂ total e eletroforese de proteínas (Campbell, 2006).

Nesse sentido, algumas pesquisas foram conduzidas sobre a fisiologia sanguínea de espécies de Testudines na região Amazônica. Marcon *et al.* (2008) investigaram a fisiologia sanguínea de tartaruga da Amazônia *Podocnemis expansa* em fazendas situadas na Região Metropolitana de Manaus, na qual foi demonstrado alterações ocasionadas pela manutenção e alimentação dos animais. Oliveira-Júnior *et al.* (2009) também investigaram a hematologia da tartaruga-da-Amazônia no estado do Amazonas, assim a glicose plasmática, hemoglobina, volume corpuscular médio (VCM), linfócitos e heterófilos foram os parâmetros com as menores variações. Também foram encontradas correlações entre contagem de hemácias, hematócrito e concentração de hemoglobina, além do mais, *P. expansa* apresentou linfócitos, azurófilos, heterófilos, eosinófilos e basófilos com características morfológicas semelhantes às de outras espécies de tartarugas (Oliveira-Júnior *et al.*, 2009).

Oliveira *et al.* (2011) em um estudo com recém-eclodidos de *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata* encontraram eritrócitos, trombócitos, linfócitos, azurófilos, heterófilos, eosinófilos e basófilos. Tavares-Dias *et al.* (2012) realizaram estudos fisiológicos com recém-eclodidos, jovens e adultos de *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata* oriundos da Reserva Biológica do Abufari, rio Purus, Amazonas, e concluíram que a análise dos parâmetros sanguíneos de Testudines de vida livre pode ir além da

determinação dos valores de referência, pois, também pode ser usada como ferramenta auxiliar rápida no diagnóstico de doenças, estresse, desnutrição e desidratação.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

- Verificar parâmetros hematológicos e bioquímicos de *Podocnemis expansa*, *Podocnemis unifilis* e *Peltocephalus dumerilianus* provenientes de sistemas de produção comercial da região Amazônica.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Relatar estudos realizados com hematologia de quelônios amazônicos indexados a bancos de dados disponíveis.
- Quantificar o hematócrito, a hemoglobina, o RBC, e os índices hematimétricos VCM, HCM e CHCM em *Podocnemis expansa*, *P. unifilis* e *Peltocephalus dumerilianus* em quelonicultura na região metropolitana de Manaus – Amazonas;
- Avaliar se o manejo sanitário e os parâmetros físicos e químicos da água de cultivo de *P. expansa* e de *P. unifilis*, se correlacionam com os dados da hematologia e bioquímica dos indivíduos amostrados.

3. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- Alves, H. R.B. Influência das matrizes de *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) e da temperatura de incubação na reprodução em cativeiro nos municípios de Iranduba e Manacapuru, Amazonas. Dissertação mestrado. (Ciências Pesqueiras no Trópicos) Universidade Federal do Amazonas –UFAM. Manaus-Am. 2015.
- Anízio, T. L. F. Avaliação dos sistemas de produção e da cadeia produtiva da criação comercial de Testudines nos municípios de Iranduba, Manacapuru e Itacoatiara. Monografia- Universidade Federal do Amazonas - Manaus-AM. 2008.
- Andrade, P. C. M. Cartilha de Conservação e Manejo de Testudines “Projeto pé-de-pincha”. Iniciativas promissoras, ProVárzea-AM. v. 1. Manaus. 2005.
- Andrade, P. C. M. (Org.). Criação e Manejo de Testudines no Amazonas. v. 2. Manaus: Ibama, ProVárzea, 2008.
- Andrade, P. C. M.; Duarte, J. A. da M.; Costa, F. S. da; Rodrigues, W.; Alves, H. R. B.; Brelaz, A. O. 2008. Instalações para a criação de Testudines. In: Andrade, P.C.M. 2008. Criação e manejo de Testudines no Amazonas. Manaus: ProVárzea-Ibama, 2ed. p. 227-264.
- Andrade, P. C. M., Lima A.C.; Azevedo, S.H.; Oliveira A.B.; Almeida Júnior C.D. , Garcez J.R.; Duarte, J.A.M.; Martins, K.P.M.; Anízio, T.L.F.; Rodrigues, W.S.; Monteiro, M.S.; Pinto, J.R.S.; Oliveira, P.H.G. 2011. Programa Pé-de-pincha, 12 Anos de Manejo Participativo de Testudines por Comunidades do Médio Rio Amazonas, Negro e Madeira. 1º Workshop: Estratégias Para Conservação De Testudines Da Amazônia: Proteção De Praias.

- Andrade, P. C. M. 2016. Técnicas de conservação e manejo de Testudines – Manual do monitor de praia- Baseado nas diretrizes do protocolo básico simplificado para o monitoramento reprodutivo e manejo conservacionista de Testudines amazônicos do RAN/ ICMBio e PQA/IBAMA. Manaus: UNISOL/UFAM. ISBN 978-85-9510-009-1.
- Almosny, N. R. P.; Monteiro, A. M. 2007. Patologia clínica. In: Cubas, Z. S.; Silva J. C. S.; Catão- Dias. J. L. (Ed.). Tratado de animais selvagens: medicina veterinária. São Paulo: Roca,. 939-966p.
- Balestra, R. A. M (Org.). Manejo conservacionista e monitoramento populacional de Testudines amazônicos. Brasília: Ibama, (2016).
- Balestra, R. A. M.; Heming, N. M.; Carvalho, R. M. V. De.; Silveira, A. L.; Drummond, G. M.; Deusdede, I. F.; Luz, V.L.F. Diversidade e abundância de Testudines na Bacia do Rio São Francisco- Relatório técnico das expedições de levantamento dos Testudines na bacia hidrográfica do São Francisco realizadas em 2006 e 2007. Goiania 2008.
- Campbell, T.W. 2007. Hematologia de répteis. In: THRALL M.A. (Ed.). Hematologia e bioquímica clínica veterinária. São Paulo: Roca.215-247p.
- Campbell T.W. 2014.. Clinical Pathology. In: Mader DR, Divers SJ, organizadores. Current Therapy in Reptile Medicine and Surgery. 1st ed St. Louis, Mo: Elsevier; p. 70–92. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9781455708932000089>.
- Garcez, R.J.; Oliveira, B.A.; Andrade, M.C. P.; Duarte, M.A. J. Criação comercial e comunitária de Testudines no estado do Amazonas. 2021 In: Matos, O.B.DE.;

Lima, P.J.; Oliveira, A. T DE. Andrade, P.C.M. Aquicultura na Amazônia: Estudo técnico-científico e difusão de tecnologia.

Júnior, H R. M. P. Crescimento compensatório e efeito fisiológico da restrição e privação alimentar em tracajá (*Podocnemis unifilis*), durante o cultivo. Dissertação de Mestrado/Biodiversidade Tropical. Universidade Federal do Amapá- Macapá, 2017.

Junior, G.S.; Balestra, R.A.M.; Luz, V. L F. 2016 Breve histórico da conservação dos Testudines amazônicos no Brasil. In: Balestra, R. A. M. 2016. Manejo conservacionista e monitoramento populacional de Testudines amazônicos. Brasília: Ibama, 1ed.p 11-14.

Luz, V. L.F. Avaliação do crescimento e morfometria do trato digestivo de *Podocnemis expansa* (Tartaruga-da-Amazônia) criada em sistema de cativeiro em Goiás. Dissertação/Medicina Veterinária - Universidade Federal de Goiás- Goiânia, 2000.

Luz, V. L. F., J. H. Stringhini, Y. S. L. Bataus, W. Assis de Paula, M. N. Novais, e I. J. Reis. 2003b. Morfometria do Trato Digestório da Tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) Criada em Sistema Comercial. Revista Brasileira de Zootecnia **32**:10–18.

Luz, V. L. F; Reis, I. J. dos. Criação comercial de tartaruga e tracajá. Manual técnico. Sebrae. Cuiabá. 2005. 72 p.

Marcon, J.L.; Silva, M.G.; Batista, G.S.; Farias, R.S.; Monteiro, L.B.B. 2008. Fisiologia e Bioquímica de Testudines e suas implicações para o manejo e a criação em cativeiro. In: Andrade, P.C.M. (Ed). *Criação e manejo de Testudines no Amazonas*. Manaus: Ibama, ProVárzea, 193-221p.

- Oliveira-Junior, A.A.; Tavares-Dias, M.; Marcon, J.L. 2009. Biochemical and hematological reference ranges for the Amazon freshwater turtle, *Podocnemis expansa* (Reptilia: Pelomedusidae), with a morphologic assessment of blood cells. *Research in Veterinary Science*, 86: 146-151.
- Oliveira. B.A.; Garcez. R, J.; Andrade. M.C.P. Guia técnico Nupa Norte Aquicultura: Boas práticas na criação de Testudines da Amazônicos.1º edição 2021.
- Perpiñán D. Chelonian haematology 2. Identification of blood cells. In *Pract.* 2017;39(6):274–83. Available at: <http://inpractice.bmj.com/lookup/doi/10.1136/inp.j2361>.
- Pires, T.T., Rostan, G., Guimarães, J.E., 2009. Hemograma e bioquímica sérica de tartarugas cabeçudas (*Caretta caretta*) de vida livre e mantidas em cativeiro, no litoral norte da Bahia. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. São Paulo, v. 46, n. 1, p. 11-18.
- Santos, M. Q. DE C. Propriedades do sangue e efeito do mergulho forçado sobre o perfil hematológico de *Podocnemis erythrocephala* (Spix, 1824) (Testudines, Podocnemididae) do Médio Rio Negro, Amazonas. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Biológica)- Universidade Federal do Amazonas - Manaus, AM , 2011.
- Teixeira, Z, M. Etnozoologia, educação ambiental e manejo comunitário de Testudines (Reptília) na reserva extrativista riozinho da liberdade – Acre. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) Universidade Federal do Acre, Rio Branco.2018.
- Thrall, M. A. 2004. *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry* 1. ed. Fort Collins Lippincott Willan e Wikins 582p.

- Trajano, M.C. E Carneiro, L.P. 2019. Diagnóstico da Criação Comercial de Animais Silvestres no Brasil. Ibama, Brasília, 2019.56p.
- Stacy N.I.; Alleman A.R.; Saylor K.A. Diagnostic Hematology of Reptiles. Clin LabMed. 2011; 31(1):87–108.
- Van Dijk, P. P. V. et al. Turtles of the World, 7th Ed. Annotated checklist of taxonomy, synonymy, distribution with maps, and conservation status. Chelonian Research Monographs, v. 5, 2014.
- Vogt, R.C. 2008. Tartarugas da Amazônia. Lima: Walter H. Wust. 104p.
- Vogt, R.C. 2001. Turtles of the Rio Negro. In: Chao, N.L.; P. Petry; G. Prang; L. Sonneschien e M. Tlusty (Eds.). Conservation and Management of Ornamental Fish Resources of the Rio Negro Basin, Amazonia, Brazil - Projeto Piaba. Editora da Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 310 p.
- Zhang F, GU H, Li P. A review of chelonian hematology. Asian Herpetol Res. 2011; 2(1):12–20.

CAPÍTULO I

ARTIGO DE REVISÃO DE LITERATURA

Anselmo, N. P., Liebl, A.R.S., Aride, P.H.R., Oliveira, A. T. (2022). Hematologia e bioquímica plasmática dos quelônios (Podocnemididae) da Região Amazônica: Revisão de literatura. Formatado segundo **Acta Amazônica**, 33 p.

**HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA PLASMÁTICA DOS QUELÔNIOS
(PODOCNEMIDIDAE) DA REGIÃO AMAZÔNICA: REVISÃO DE
LITERATURA**

Neiana Pereira Anselmo ¹; Ariany Rabello da Silva Liebl ¹; Paulo Henrique Rocha
Aride ¹; 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

Este artigo apresenta revisão de literatura dos parâmetros hematológicos e bioquímicos de quelônios amazônicos oriundos de habitats diferentes. A metodologia está baseada em bancos de dados científicos nacionais e internacionais confiáveis e em diferentes idiomas, nos períodos de 2000 a 2021. Os resultados obtidos nestes estudos evidenciaram diferenças dos parâmetros hematológicos e bioquímicos entre as espécies de quelônios Amazônicos e outras espécies de quelônios analisadas em trabalhos publicados. Os filhotes de *P. unifilis* (tracajás) demonstraram diferenças nos parâmetros sanguíneos em relação a quelônios adultos (fêmea e macho) da literatura consultada. Diferenças também foram observadas entre *P. erythrocephala* (irapuca) recém-eclodidos e adultos (macho e fêmea). Os valores do hematócrito (Ht) dos grupos *P. unifilis* filhote ($15.1 \pm 1.9 \%$) e *P. erythrocephala* recém-eclodidos ($15.36 \pm 2.87 \%$) apresentados pelos autores foram inferiores aos dos animais adultos da mesma espécie. Nos índices hematimétricos, quando comparados entre espécies, o volume corpuscular médio (VCM) encontrado foi maior para *P. unifilis* (VCM: 1425.1 ± 448.3 fL), para *P. dumerilianus* (VCM: $716.0173,1$ fL), e para *P. expansa* (VCM: 92.3 ± 150.2 fL). Os valores hematológicos e bioquímicos apresentados podem ter interferência de fatores como sexo e estágio de desenvolvimento em determinadas espécies, como também em relação ao ambiente e outros aspectos da biologia. As informações reunidas podem ser referência para pesquisas futuras.

Palavras-chave: quelônios, sangue, fisiologia sérica, tracajá, tartaruga da Amazônia, irapuca.

ABSTRACT

This article presents a literature review of Amazonian turtle's hematological and biochemical parameters from different habitats. The methodology is based on reliable national and international scientific databases and in different languages, from 2000 to 2021. The results obtained in this study for the hematological and biochemical parameters showed differences between the Amazonian turtle's species and other turtles analyzed in published works. The pups of *P. unifilis* (tracajás) showed differences in blood parameters about turtles (female and male) from the consulted literature. Differences were also observed between newly hatched *P. erythrocephala* (irapuca) and adults (male and female). The hematocrit (Ht) values of the newly hatched *P. unifilis* (15.1 ± 1.9 %) and *P. erythrocephala* (15.36 ± 2.87 %) groups presented by the authors were lower than those of the adult animals of the same species. In the hematimetric indices, when compared between species, the mean corpuscular volume (MCV) found was higher for *P. unifilis* (MCV: 1425.1 ± 448.3 fL). The hematological and biochemical values presented may be influenced by factors such as sex and developmental stage in certain species, as well as in relation to environment and other aspects of biology. The information gathered can be a reference for future research.

Keywords: turtles, blood, serum physiology, tracajá, Amazon turtle, irapuca.

INTRODUÇÃO

O sangue é responsável pela integração dos diferentes sistemas de um animal, mantendo os líquidos que estão distribuídos nos compartimentos do corpo em constante movimento, atuando no transporte de nutrientes dentro do organismo (Marcon *et al.*, 2008). A hematologia é o ramo da Biologia e especialidade clínica que estuda o sangue dos animais com sistema circulatório fechado, principalmente, componentes celulares, tais como eritrócitos e leucócitos, e tem melhores resultados quando associada a bioquímica.

Animais de ambientes aquáticos ou terrestres, incluindo répteis da ordem Testudines (Batsch, 1788), sob cultivo em cativeiro para comercialização ou em ambiente natural, tem a hematologia como uma importante ferramenta para avaliação da saúde do organismo (Almosny e Monteiro, 2004). Os benefícios da hematologia são reconhecidos, pois, os parâmetros sanguíneos proporcionam rápida identificação do estresse no animal, o que propicia realizar correções no manejo e maximizar o desenvolvimento dos quelônios (Araújo *et al.*, 2009).

A rotina da avaliação hematológica dos répteis inclui a determinação de hematócrito (Ht) ou volume globular (VG), hemoglobina (Hb), contagem de eritrócitos, contagem de leucócitos (glóbulos brancos; leucometria global), contagem diferencial de leucócitos (leucometria específica) e avaliação da morfologia das células do sangue (Nardini *et al.*, 2013). A identificação e a contagem de leucócitos e trombócitos podem ser utilizadas para avaliar e controlar o estado fisiológico dos organismos aquáticos em cativeiro, padronizando as condições ideais para o seu cultivo (Tavares-Dias *et al.*, 2007). No hemograma, assim como em outros exames, as análises podem sofrer

interferência de fatores como dimorfismo sexual, espécie, fase de desenvolvimento, tipo de ambiente, genética populacional, maturidade, condições migratórias, dieta, níveis de estresse, sazonalidade, presença de ectoparasitas e condições ambientais (Perez, 2008; Stacy *et al.*, 2011; Pietro-Tores *et al.*, 2013). Além disso, fatores determinados pela interferência humana como manipulação, local de armazenamento, processamento das amostras, local de coleta, anticoagulante, corante e método de contagem celular usados também influenciam nesses parâmetros (Campbell, 2012).

De acordo com Silveira *et al.* (2017), os perfis bioquímicos do sangue são utilizados para avaliar o estado fisiológico dos reptéis, levando em consideração as condições ambientais e os parâmetros fisiológicos, tais como estado nutricional, sexo, idade, estação do ano e estado fisiológico. As análises bioquímicas são realizadas com o plasma ou soro do sangue coletado, onde são quantificadas as substâncias produzidas pelos órgãos do animal, as quais regulam o sistema endócrino do organismo. Assim como ocorre nas análises bioquímicas com animais de outros gêneros, em quelônios as amostras de sangue coletadas devem ser centrifugadas para separação do plasma, processadas o mais breve possível, armazenado sob refrigeração ou congeladas até que compostos como glicose, triglicerídeos, colesterol e proteínas sejam analisados (Innis e Knotek, 2020; Batista, 2021).

Os quelônios são pertencentes à família podocnemidídeos e compreendem três gêneros de água doce: *Erymnochelys* (Baur, 1888), *Peltocephalus* (Duméril e Bibron, 1835) e *Podocnemis* (Wagler, 1830) (Andrade *et al.*, 2009; Van Dijk *et al.*, 2014; Ferrara *et al.*, 2017). Este último, abrange espécies silvestres da Amazônia que durante séculos tem sido exploradas para comércio e consumo humano e outras

finalidades. As principais espécies *Podocnemis* exploradas são *P. expansa* (Schweigger, 1812), *P. unifilis* (Troschel, 1848) e *P. sextuberculata* (Cornalia, 1849) (Andrade *et al.*, 2009; Van Dijk *et al.*, 2014; Ferrara *et al.*, 2017).

A tartaruga da Amazônia (*P. expansa*), o tracajá (*P. unifilis*), o iacá (*P. sextuberculata*) e a irapuca (*P. erythrocephala*; Spix, 1824), são habitantes da bacia do rio Solimões e seus afluentes, além de outros rios de água branca (barrenta), e rios de águas preta e clara (Andrade *et al.*, 2016). Estes répteis são encontrados em ambientes terrestres ou aquáticos, e alguns são classificados como espécies semiaquáticas utilizando terra e água em diferentes períodos do ano (Ferrara *et al.*, 2017). A estratégia de vida dos quelônios envolve a produção de muitos filhotes a cada ciclo reprodutivo, tendo uma alta taxa de natalidade. De acordo com ferrara et al. (2017), estes quelônios contribuem diretamente nas funções ecológicas, onde habitam, fazendo parte da cadeia alimentar e na reciclagem de nutrientes. Por meio de sua alimentação, geralmente onívora, transformam em proteína animal a matéria orgânica ao ingerir abundantemente matéria viva ou morta, sendo estes essenciais para limpeza de rios e lagos (Ferrara *et al.*, 2017). Diante disso o objetivo desse trabalho é apresentar por meio de uma revisão de literatura os parâmetros hematológicos e bioquímicos de quelônios da Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração desta revisão de literatura, foram coletadas informações publicadas nos bancos de dados de literaturas científicas, nacional e internacional, Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>), Biblioteca Digital de teses e dissertações (<http://bdtd.ibict.br/vufind/>), Scopus (<https://www.scopus.com/>), e

Periódicos CAPES (<https://www-periodicos-capes-gov-br>), utilizando estudos disponíveis nos idiomas português, inglês e espanhol. As seguintes palavras-chaves foram utilizadas: quelônios, testudines amazônicos, hematologia, bioquímica, tartaruga da Amazônia. A pesquisa contemplou trabalhos publicados no período que compreende os anos entre 2000 e 2021. Após verificação dos títulos e resumos relacionados ao tema pesquisado, e exclusão dos que não continham informações relevantes, foram selecionadas as 10 publicações com maior índice de citações nos bancos de dados e maior facilidade de acesso. Tais publicações foram tabuladas e organizadas de acordo com as espécies, parâmetros sanguíneos, localidade, estágio de desenvolvimento, dimorfismo sexual e autoria dos artigos, antes de serem analisados de forma descritiva qualitativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Santos (2011), ainda que a hematologia seja comumente utilizada na avaliação de quelônios de água doce, a caracterização do sangue das espécies do gênero *Podocnemis* necessita de maiores informações reunidas e maior discriminação quanto a particularidades sanguíneas das espécies. Os trabalhos apresentados nesta revisão bibliográfica demonstram diferenças significativas para todos os parâmetros analisados nas espécies *Peltocephalus dumerilianus*, *Podocnemis erythrocephala*, *P. expansa*, *P. unifilis*, *P. sextuberculata*, quando comparadas quanto aos ambientes (produção em cativeiro, ambiente natural, ambiente laboratorial), ao dimorfismo sexual (macho e fêmea) e aos estágios de desenvolvimentos (recém-eclodido, filhote e adultos).

Os filhotes de *P. unifilis* (tracajás) descritos nos estudos de Yoshioka *et al.* (2017) apresentaram diferenças sob parâmetros sanguíneos de quelônios adultos (fêmea e macho) estudados por Pamphilio Júnior (2017) e por Tavares-Dias *et al.* (2012) (Tabela 1). Para a espécie de *P. erythrocephala* (irapuca) houve diferença entre recém-eclodidos e adultos (macho e fêmea) descritos no trabalho de Santos (2011). O autor ressalta que as diferenças estatísticas encontradas revelam que o estágio de desenvolvimento é um importante fator para estabelecer valores hematológicos de referência para grupos de quelônios.

Os valores do hematócrito (Ht) dos grupos *P. unifilis* filhote (15.1 ± 1.9 %) e *P. erythrocephala* recém-eclodidos (15.36 ± 2.87 %) apresentados pelos autores na tabela 1, foram inferiores aos dos animais adultos da mesma espécie, mesmo sendo coletados em ambientes diferentes (ambiente natural e ambiente laboratorial). O fato sugere que para estas espécies a fase de desenvolvimento pode ter maior influência sob o percentual de hematócrito do que o ambiente. No entanto, tais valores tabulados são maiores quando comparados ao trabalho de Lopes (2016) com quelônios da espécie *Phrynops hilarii* (Duméril e Bibron, 1835; cágados-de-barbelas; Ht entre 10.57% e 13.13%) em ocorrência no ambiente natural da região do Pampa, Sul do Brasil, com diferentes pesos e fases de desenvolvimento.

Valores de hematócrito inferiores a 20% tais como ocorreram nos quelônios dos estudos de Yoshioka *et al.* (2017), Tavares-Dias *et al.* (2012) e Santos (2011) (Tabela 1), e ainda nos trabalhos de Lopes (2016), sugerem que o animal pode estar em condição de anemia (Thrall *et al.* 2004; Morselli *et al.* 2016). Porém, considerando a quantidade de dados analisados nesta revisão, e o fato de os parâmetros hematológicos

de quelônios tenderem a ter grandes variações entre fases de desenvolvimento, machos e fêmeas, dimorfismo sexual e entre ambientes (Lopes 2016), a condição de anemia não pôde ser confirmada.

Tabela 1. Eritrograma de quelônios na região Amazônica.

Espécie	Ht (%)	Hb (g.dl ⁻¹)	RBC (milhões. μL^{-1})	VCM (fL)	HCM (%)	CHCM (%)	*Estágio/ Dimorfismo sexual	Localidade/ Ambiente	Fonte
<i>P. dumerilianus</i> ¹	20.6±3.7	7.9±2.4	0.34±0.08	637.2±71.2	247.0±37.1	39.0±4.9	Adulto/ Macho	Amazonas (Produção em cativeiro)	Anselmo <i>et al.</i> , 2021
<i>P. dumerilianus</i> ¹	20.5±3.6	9.0±2.7	0.29±0.05	716.0±173.1	285.3±69.6	44.2±12.1	Adulto/ Fêmea	Amazonas (Produção em cativeiro)	Anselmo <i>et al.</i> , 2021
<i>P. erythrocephala</i> ²	21.5±0.4	6.30±1.32	0.44±0.08	485.5±90.28	142.1±26.6	29.11±3.5	Adulto/ Macho	Rio Negro-AM (Ambiente Natu- ral)	Santos, 2011
<i>P. erythrocephala</i> ²	20.77±0.38	5.73±1.1	0.41±0.08	477.2±117.8	130.5±32.6	27.6±3.6	Adulto/ Fêmea	Rio Negro-AM (Ambiente Natu- ral)	Santos, 2011
<i>P. erythrocephala</i> ²	15.36 ± 2.87	4.71 ± 1.16	0.38 ± 0.12	433.78 ± 151.40	121.58±39.7	28.58 ± 2.68	Recém-eclodido	Rio Negro-AM (Ambiente Natu- ral)	Santos, 2011
<i>P. expansa</i> ²	25.1±6.9	6.5±1.21.3	20.28±0.07	922.3±150.2	-	26.2±5.4	Adulto/	Amazonas	Oliveira Junior <i>et al.</i> , 2009

							Macho e fêmea	(Ambiente Natural)	
<i>P. expansa</i> ²	21.8±6.6	5.1±2.3	0.28±0.08	851.4±281.1	-	22.3±5.5	Adulto/ Macho e fêmea	Rio Purus-AM (Ambiente Natural)	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
<i>P. expansa</i> ²	29.7±4.2	16.3±7.3	-	852.7±245.6	-	55.3±23.3	Recém-eclodido	Rio Purus-AM (Ambiente natural)	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
<i>P. expansa</i> ²	23.9±1.8	6.7±0.4	-	859.5. ±27.3	241.1±7.4	28.1±0.7	Adulto/ Macho e fêmea	Amazonas (produção em cativeiro)	Marcon <i>et al.</i> , 2008
<i>P. unifilis</i> ²	23.9±4.7	7.0±1.6	0.18±0.08	14251±448.3	-	30.1±3.3	Adulto/ Macho e fêmea	Rio Purus-AM (Ambiente Natural)	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
<i>P. unifilis</i> ²	15.1 ± 1.9	6.03 ± 0.84	1.80±4.35	1005.54±250	361.27±775	39.98±93	Filhotes	Amazonas (Ambiente Laboratorial)	Yoshioka <i>et al.</i> , 2017
<i>P. unifilis</i> ²	22.30 ± 3.43	6.25 ± 1.56	0.20 ± 0.09	1446.4 ± 769.53	35.50 ± 14.26	27.77 ± 7.69	Adulto/ Macho e fêmea	Amazonas (Ambiente Laboratorial)	Pamphilio Júnior, 2017

<i>P. sextuberculata</i> ²	17.6 ± 5.4	4.7±1.2	0.16±0.05	1.291.3±652.3	-	27.3±4.2	Adulto/ Macho e fêmea	Rio Purus-AM (Ambiente Natural)	Tavares- Dias <i>et al.</i> , 2012
---------------------------------------	------------	---------	-----------	---------------	---	----------	--------------------------	------------------------------------	---------------------------------------

¹: Gênero *Peltocephalus*; ²: Gênero *Podocnemis*; **Ht**: Hematócrito; **Hb**: Hemoglobina; **RBC**: red blood cells – glóbulos vermelhos; **VCM**: Volume corpuscular médio; **HCM**: Hemoglobina corpuscular médio; **CHCM**: Concentração de hemoglobina corpuscular médio; *: Estágio de desenvolvimento.

Valores de hematócrito superiores a 40% indicam hemoconcentração ou policitemia, Campbell, (2007), Morselli *et al.* (2016). No trabalho atual, os estudos revisados não apresentaram valores superiores ao percentual supracitado (Ht>40%), desta forma, os dados do hematócrito dos quelônios apresentados (Tabela 1) estão dentro dos percentuais estipulados para os répteis por Stacy *et al.* (2011) (20 a 40%).

No organismo animal, a concentração de hemoglobina está relacionada ao grau de atividade, sendo maior nos animais mais ativos, Ferrarezi (2006). Santos (2011), pesquisando sobre irapuca (*P. erythrocephala*) observou concentrações de hemoglobina que variaram em todas as fases de desenvolvimento (Tabela 1) e se mostraram superiores nos quelônios maduros e inferior nos recém-eclodidos. Nas análises de hemoglobina (Hb) verificadas (Tabela 1) os machos das espécies estudadas pelos autores apresentaram valores elevados em relação as fêmeas. No entanto, de acordo com Pessoa (2015), para tartarugas, não há diferença significativa entre sexos, mas, assim como anteriormente discutido quanto ao hematócrito nesta revisão de literatura, para a hemoglobina também há uma tendência de aumento dos valores em concordância com o aumento da idade.

Nos trabalhos de Medeiros *et al.* (2012) com tartarugas tigre-d'água-americano (*Trachemys scripta elegans*; Wied, 1838), foi observado hemoglobina com valores médios de 7.1%, o que se aproxima dos valores médios verificados na tabela 1. Stacy *et al.* (2011) ressaltam que a maioria dos répteis clinicamente saudáveis apresentam o percentual de hemoglobina entre de 5.5 a 12 g.dL⁻¹. Desta forma, nos estudos citados os resultados estão na média de hemoglobina em répteis.

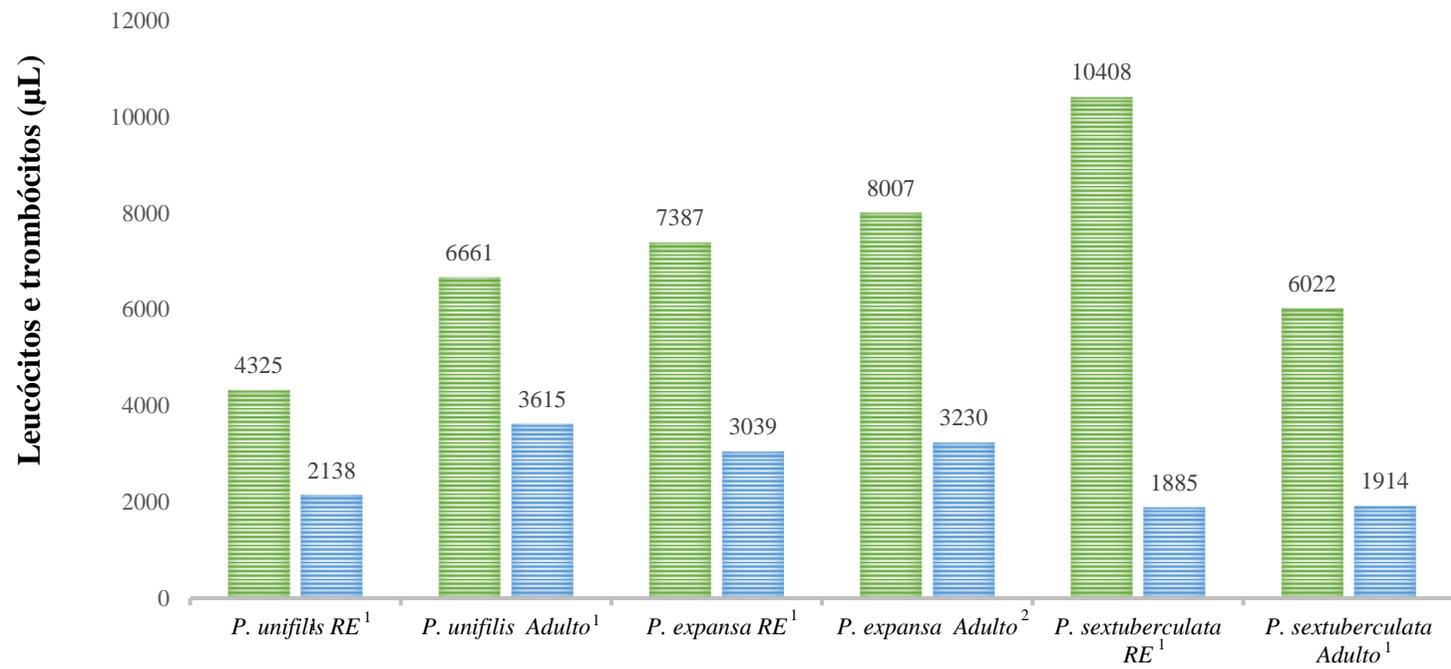
Santos (2011) apresentaram dados de RBC e HCM (*Red blood cells* e Hemoglobina corpuscular médio, respectivamente) com valores inferiores para os recém-eclodidos (*P. erythrocephala*) em comparação aos animais maduros (*P. dumerilianus* e *P. erythrocephala*) (Tabela 1). Já nos índices hematimétricos (Tabela 1), quando comparados entre espécies, o volume corpuscular médio (VCM) mostrou-se maior nos grupos de *P. unifilis* (VCM: 1425.1±448.3 fL) relatado por Tavares-Dias *et al.* (2012), no grupo de *P. dumerilianus* (VCM: 716.0173,1 fL) relatado por Anselmo *et al.* (2021) e no grupo de *P. expansa* (VCM: 92.3±150.2 fL) descrito por Oliveira Junior *et al.* (2009), sendo todos quelônios adultos (Tabela 1).

As menores concentrações de VCM foram observadas por Santos (2011) ao estudar a espécie *P. erythrocephala* (VCM: 433.78 ± 151.40 fL) recém-eclodidos (Tabela 1). De acordo com as referências estabelecidas por Campbell (2006) para répteis, o VCM varia entre 200 e 1200 fL. Diante disto, os valores de VCM analisados estão em concordância com a referência, exceto os valores de *P. sextuberculata* (1291.3 ± 652.3) e de *P. unifilis* (1425.1 ± 448.3 fL) adultos macho e fêmea. O alto valor de VCM verificado por Tavares-Dias *et al.* (2012) sugere macrocitose (aumento no volume de eritrócitos), possivelmente ocorrida em função da eritropoiese (Costa *et al.* 2019; Fabrizzi. 2010) influenciada pela hipóxia durante o estresse do mergulho testado pelos autores (Garcia-Pachon, 2007). Outros fatores relevantes ao analisar aumentos de VCM em répteis são os distúrbios do balanço hidroeletrólítico do organismo, como ocorre quando há perda anormal de água Marcon *et al.* (2008) e o período do ano (sazonal), considerando animais em ambiente natural (Hurtado, 2018). Somente *P. dumerilianus* adulto, fêmea (produção em cativeiro) e *P. expansa* recém-eclodido (ambiente natural), verificados por Anselmo *et al.* (2021) e Tavares-Dias *et al.* (2012), respectivamente,

apresentaram CHCM (Concentração de hemoglobina corpuscular médio) com valores superiores a 41%, que é o percentual máximo determinado por Campbell (2006) para répteis.

A quantificação de trombócitos e de células leucocitárias é essencial para compreensão das defesas imunológica do organismo de quelônios (Tavares-Dias e Moraes, 2007). Os trombócitos de quelônios se apresentam como células nucleadas, elípticas e fusiformes, com a função de coagulação (hemostasia) e na defesa do organismo, tendo uma estimativa de difícil obtenção devido aos agregados formam (Oliveira *et al.*, 2009; Campbell, 2015; Pamphilio Júnior, 2017). Os níveis de trombócitos (Figura 1) apresentados para adultos macho e fêmea de *P. unifilis* e para recém-eclodidos das espécies *P. sextuberculata* e *P. expansa* apresentaram valores maiores quando comparados aos valores obtidos para *P. expansa* e para *Phrynops geoffroanus* (Schweigger, 1812; Cágados-de-barbicha) apresentados por Pessoa (2015). Os quelônios analisados por Pessoa (2015) foram testados para hemoparasitose e a ocorrência de trombocitopenia (diminuição no número de trombócitos) em tartarugas debilitadas ou sob estresse, é esperado (Manire *et al.*, 2017; Clauss *et al.*, 2008).

Os leucócitos agem protegendo os processos vitais de distúrbios infecciosos e do estresse, o que os tornam indicadores da saúde animal (Faggio *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2016; Liebl *et al.*, 2021). Considerando todas as espécies de quelônios analisadas, os dados apresentados por Tavares-Dias *et al.* (2012) na Figura 1 revelam que o número de leucócitos circulantes foi maior para *P. expansa* e *P. unifilis* adultos (respectivamente, $8007 \pm 3271 \mu\text{L}$ e $6661 \pm 3741 \mu\text{L}$) quando comparados a *P. sextuberculata* adultos ($6022 \pm 2197 \mu\text{L}$).



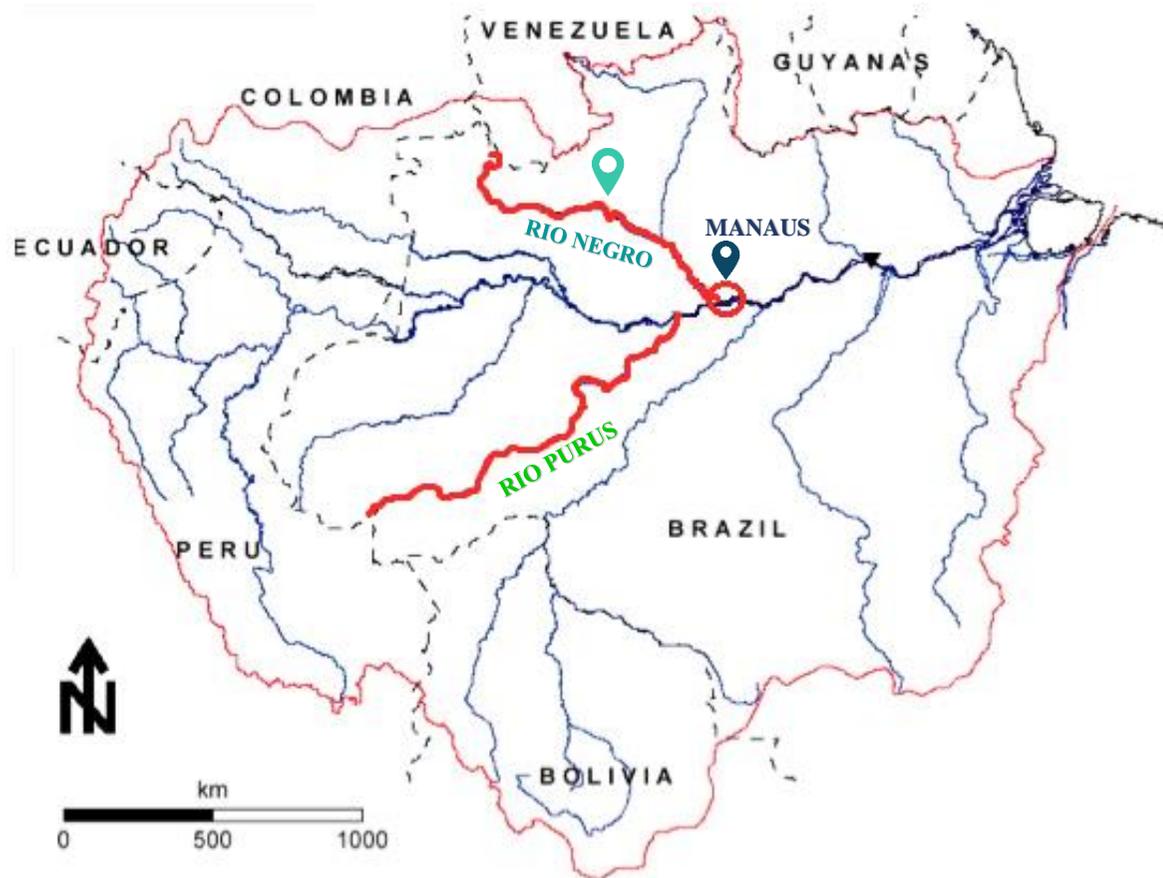
Espécies amazônicas da ordem Testudines e gênero *Podocnemis* (Wagler, 1830)

■ Leucócitos (µL) ■ Trombócitos (µL) ¹Tavares-Dias et al. 2012; ²Oliveira Júnior, 2007 RE: Recém-eclodido

Figura 1. Leucócitos e trombócitos de quelônios amazônicos do Gênero *Podocnemis*.

Já o menor resultado para adultos (Figura 1), foi verificado Tavares-Dias *et al.* (2012) pesquisando a espécie *P. unifilis* adultos ($6661 \pm 3741 \mu\text{L}$). Dos quelônios recém-eclodidos, os animais das espécies *P. unifilis* ($4325 \pm 1199 \mu\text{L}$) apresentaram a menor concentração de leucócitos (Figura 1), enquanto a *P. sextuberculata* apresentaram o maior resultado ($10408 \pm 7165 \mu\text{L}$), sendo ambas pesquisadas por Tavares-Dias *et al.* (2012).

De acordo com Pires *et al.* (2008), a concentração máxima de leucócitos para quelônios em ambiente natural é de $6200 \mu\text{L}$. Desta forma, a concentração verificada para *P. sextuberculata* (Tavares-Dias *et al.*, 2012) pode ser classificada como leucocitose (alta concentração de leucócitos; Figura 1). Além da espécie anteriormente mencionada, para a *P. expansa* no estágio recém-eclodido ($7387 \pm 2925 \mu\text{L}$) e no estágio adulto ($8007 \pm 3271 \mu\text{L}$), ambas pesquisadas no ambiente natural (Rio Purus – AM; Figura 2) por Tavares-Dias *et al.* (2012), também ocorre leucocitose. A leucocitose pode ocorrer como uma resposta fisiológica a condições de estresse, como o mergulho testado pelos autores, e a processos infecciosos (Goulart, 2004; Santos, 2011).



📍 Santos, 2011
 📍 Tavares-Dias et al. (2012)
 📍 Marcon et al ,2008; Oliveira Junior et al.,2009; Anselmo et al, 2021

Figura 2. Infográfico dos locais de pesquisas (ambiente natural, produção e laboratorial) dos autores com trabalhos com quelônios amazônicos analisados nesta revisão de literatura. Elaborado a partir da figura de Filizola *et al.* (2002).

Na diferenciação de leucócitos, observou-se que as contagens relativa e absoluta dos eosinófilos dos trabalhos analisados (Tabela 2) apresentaram números similares quando comparados aos dos estudos de Pires *et al.* (2008) ($468,86 \pm 302,04 \mu\text{L}$; $15,55 \pm 6,52\%$). Os valores para essa espécie neste estudo estão acima dos valores estipulados pela literatura consultada, onde a contagem para eosinófilos no sangue de répteis saudáveis varia de 7 a 20% (Tesserolli, 2004). Em casos de parasitismo e estimulação imune inespecífica os valores podem aumentar. O significado da eosinopenia é desconhecido para répteis (Irizarry-Rovira, 2004; Silveira *et al.*, 2017).

Os heterófilos são granulócitos redondos, com núcleo arredondado e têm um citoplasma repleto de grânulos eosinofílicos fusiformes que atuam na fagocitose e na imunidade inata (Manire *et al.*, 2027; Stacy *et al.*, 2015). O aumento no número de heterófilos (heterofilia) pode indicar entraves na saúde animal, já que estas células sugerem resposta inflamatória severa à infecção bacteriana e a outros processos patológicos. Nos trabalhos com quelônios de Pires *et al.* (2006), de Pires *et al.* (2009) e de Pamphilio Júnior (2017), os valores apresentados foram de 59,37%, 53,77% e 27,00%, respectivamente. O atual estudo de revisão de literatura verificou valores inferiores para as espécies *P. unifilis*, *P. expansa*, *P. sextuberculata*, sendo, $3262 \pm 2165\mu\text{L}$, $4820 \pm 1767\mu\text{L}$, $2883 \pm 1064\mu\text{L}$, $6518 \pm 4667\mu\text{L}$ que representam, respectivamente, 48,97%, 65,22%, 33,4% e 62,62% (Tabela 2). O aumento de heterófilos observado é denominado heterofilia, e pode indicar resposta a uma doença inflamatória (Batista, 2021).

Tabela 2. Diferenciação de leucócitos granulócitos e agranulócitos de quelônios da região Amazônica.

Espécie	Linfócitos (μL)	Eosinófilos (μL)	Heterófilos (μL)	Basófilos (μL)	*Estágio/ Dimorfismo sexual	Localidade	Fonte
<i>P. unifilis</i> ¹	537±245	434±353	69.4±8.4	237±94	Recém-eclodido	Rio Purus-AM (Ambiente Natural)	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
<i>P. unifilis</i> ¹	1235±1005	1416±778	3262±2165	322±188	Adulto/ Macho e fêmea	Rio Purus-AM (Ambiente Natural)	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
<i>P. expansa</i> ¹	1159±561	718±532	4820±1767	332±256	Recém-eclodido	Rio Purus-AM (Ambiente Natural)	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
<i>P. expansa</i> ¹	2009±912	2423±1216	2623±1554	511±459	Adulto/ Macho e fêmea	Rio Purus-AM (Ambiente Natural)	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
<i>P. expansa</i> ¹	-	1373.0±658	2883.0± 1064	491.0±337	Adulto/ Macho e fêmea	Amazonas (Ambiente Natural)	Oliveira Junior <i>et al.</i> , 2009
<i>P. sextuberculata</i> ¹	1502±1358	1049±547	6518±4667	682±480	Recém-eclodido	Rio Purus-AM (Ambiente Natural)	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
<i>P. sextuberculata</i> ¹	654±284	749±278.0	409±266	4024±1498	Adulto/ Macho e fêmea	Rio Purus-AM (Ambiente Natural)	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012

¹: Gênero *Podocnemis*; *: Estágio de desenvolvimento.

Os linfócitos correspondem de 15% a 85% da contagem leucocitária em reptéis de acordo com Oliveira (2003). Em pesquisa realizada por Pires *et al.* (2006) com *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758), criadas em cativeiro na Bahia, região Nordeste do Brasil, os valores obtidos para os linfócitos foram de $2009 \pm 912 \mu\text{L}$, o que representa de 29,5% em relação aos leucócitos totais, enquanto valores de 54,50% foram apresentados nos estudos de Pamphilio Júnior (2017) com *Chelonoidis carbonarius* (Spix, 1824). Os valores verificados pelos autores citados anteriormente estão dentro do percentual referência para linfócitos de quelônios e são similares aos encontrados nestes estudos (Tabela 2).

Basófilos são células pequenas e esféricas, com núcleo segmentado e grânulos citoplasmáticos que dificultam a visualização do núcleo (Hurtado 2018). Os Basófilos descritos nos estudos de Stein *et al.* (2015) apresentaram valores de 500,28 a 2.159 μL , similar aos encontrados para os animais adultos e recém-eclodidos das espécies *P. sextuberculata* e *P. expansa* nesta revisão (Tabela 2). Quando comparados a outros gêneros, os quelônios apresentam alta circulação de basófilos na corrente sanguínea, podendo totalizar até 60% dos leucócitos. No entanto, quando este percentual é ultrapassado, pode ser um indicativo de presença de infecções virais (Tesserolli, 2004; Stacy *et al.*, 2011; Batista, 2021).

A análise de metabólitos permite a avaliação do *status* nutricional em animais de vida livre ou em cativeiro (Pamphilio Júnior, 2017). Nos dados demonstrados na Tabela 3, os níveis de proteínas totais diferem para as espécies e fases de desenvolvimentos dentro de cada trabalho analisado.

Tabela 3. Parâmetros bioquímicos plasmáticos de quelônios da região Amazônica.

Espécie	Proteínas Totais (g.dL ⁻¹)	Glicose	Colesterol	Triglicerídeos	Localidade	*Estágio/ Dimorfismo sexual	Fonte
		(mg. dL ⁻¹)	Total (mg. dL ⁻¹)	(g.dL ⁻¹)			
<i>P. unifilis</i>	3.31 ± 0.48	35.82 ± 8.07	82.27 ± 28.33	80.84 ± 52.13	Amazonas (Ambiente Laboratorial)	Adulto/ Macho e fêmea	Pamphilio Júnior, 2017
<i>P. unifilis</i>	2.3±3.5	89.7±18.4	800.4±324.1	58.6±40.7	Rio Purus-AM (Ambiente Natural)	Recém-eclodido	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
<i>P. unifilis</i>	3.8 ± 0.7	149.9 ± 66.5	125.0 ± 55.2	27.8 ± 8.3	Rio Purus-AM (Ambiente Natural)	Adulto/ Macho e fêmea	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
<i>P. unifilis</i>	3.81 ± 0.67	49.65 ± 8.59	95.51 ± 16.47	151.83 ±34.46	Amazonas (Ambiente laboratorial)	Filhotes	Yoshioka <i>et al.</i> , 2017
<i>P. erythrocephala</i>	20.84 ± 3.41	6.49	1.84 ± 0.53	0.69± 0.17	Rio Negro- AM (Ambiente Natural)	Adulto/ Macho	Santos, 2011
<i>P. erythrocephala</i>	20.82 ± 4.28	6.53	2.09± 0.66	0.77 ± 0.37	Rio Negro-AM	Adulto/ Fêmea	Santos, 2011

					(Ambiente Natural)		
<i>P. erythrocephala</i>	14.67 ± 1.89	7.81	2.81 ± 0.83	0.47	Rio Negro	Recém-eclodido	Santos, 2011
<i>P. expansa</i>	2.1 ± 0.5	89.7 ± 18.4	677.7 ± 162.8	64.9 ± 16.8	Rio Purus-AM	Recém-eclodido	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
					(Ambiente Natural)		
<i>P. expansa</i>	2.4 ± 0.7	92.7 ± 22.2	38.3 ± 26.5	18.9 ± 7.0	Rio Purus-AM	Adulto/ Macho e fêmea	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
					(Ambiente Natural)		
<i>P. expansa</i>	3.5 ± 1.3	91.3 ± 17.7	58.1 ± 18.3	35.4 ± 19.7	Amazonas	Adulto/ Macho e fêmea	Oliveira Junior <i>et al.</i> , 2009
					(Ambiente Natural)		
<i>P. expansa</i>	2.8 ± 0.7	94.9 ± 30.6	38.3 ± 38.6	31.3 ± 20.9	Amazonas	Adulto/ Macho e fêmea	Marcon <i>et al.</i> , 2008
					(produção em cati- veiro)		
<i>P. sextuberculata</i>	1.9 ± 0.5	92.1 ± 19.8	945.8 ± 240.7	83.6 ± 61.4	Rio Purus	Recém-eclodido	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
					(Ambiente Natural)		
<i>P. sextuberculata</i>	1.6 ± 0.3	127.1 ± 42.2	117.3 ± 51.4	37.7 ± 9.9	Rio Purus	Adulto/ Macho e fêmea	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012
					(Ambiente Natural)		

<i>P. dumeriliana</i>	3.6 ± 1,2	76,4 ± 8.1	86.7±10.9	379.1 ±31.2	Amazonas (Produção em cativo)	Adulto/ Macho	Anselmo <i>et al.</i> , 2021
<i>P. dumeriliana</i>	4.4 ± 2.1	83.4±8.0	73.8±27.6	379.5±31.2	Amazonas (Produção em cativo)	Adulto/ Fêmea	Anselmo <i>et al.</i> , 2021

*: Estágio de desenvolvimento.

No trabalho de Tavares-Dias et al. (2012), as proteínas totais foram superiores (Tabela 3) nos quelônios adultos, machos e fêmeas, para as espécies *P. expansa* e *P. unifilis* (2.4 ± 0.7 g.dL⁻¹ e 3.8 ± 0.7 g.dL⁻¹, respectivamente). O mesmo padrão foi verificado no trabalho de Santos (2011) para a espécie *P. erythrocephala*, onde as proteínas totais foram significativamente maiores nos adultos (machos: $20,84 \pm 3,41$ g.dL⁻¹; fêmeas: $20,82 \pm 4,28$ g.dL⁻¹) em comparação aos recém-eclodidos ($14,67 \pm 1,89$ g.dL⁻¹) (Tabela 3). O aumento dos valores de proteínas totais nas fêmeas está relacionado a maturação e ao acúmulo de proteína vitelínica. Já nos machos, a maior concentração proteica na corrente sanguínea está relacionada com a elevação de testosterona (Kakizoe et al., 2007). Desta forma, o aumento de proteínas totais verificado pelos autores pode ter relação com a quantidade de machos e fêmeas analisados e com a maturação ou etapa da vida adulta dos animais coletados. Em contrapartida, no trabalho de Tavares-Dias et al. (2012), foram verificados valores superiores de proteínas para os recém-eclodidos ($1,9 \pm 0,5$ g.dL⁻¹) em comparação aos adultos da espécie *P. sextuberculata*, o que pode ter relação com o sexo dos animais coletados, alto metabolismo comum para a fase inicial da vida, ou com a dieta dos animais adultos. Espécies onívoras tendem a ser carnívoras quando mais jovens e herbívoras quando adultas, evidenciando a influência da alimentação nos níveis plasmáticos do sangue dos animais, tais como quelônios.

Em répteis, o teor de proteínas totais para animais saudáveis varia ente 3 a 7 g.dL⁻¹. Quando superior a 7 g.dL⁻¹ considera-se hiperproteinemia, ocorrendo juntamente com a desidratação e associada a doença inflamatória crônica (Campbell 2006; Thrall et al., 2007). Nos trabalhos de Oliveira Junior et al. (2009) com a espécie *P. expansa* os valores de proteínas totais foram maiores dos que os encontrados por Marcon et al.

(2008) e Tavares-Dias *et al.* (2012), podendo ser um reflexo dos diferentes locais de origem (produção em cativeiro no estado do Amazonas e ambiente natural no Rio Purus – AM, respectivamente), das condições ambientais e nutricionais (Marcon *et al.*, 2008).

Os valores para a glicose e colesterol apresentados por Santos *et al.* (2011) para *P. erythrocephala* (7,81 mg.dL⁻¹ e 2,81 ± 0,83 mg.dL⁻¹, respectivamente) foram maiores nos recém-eclodidos em comparação aos animais adultos, semelhante ao que ocorre com *P. expansa* e *P. sextuberculata* dos valores encontrados por Tavares-Dias *et al.* (2012) (Tabela 3). Elevadas concentrações de colesterol total e glicose em recém-eclodidos indicam alta demanda energética em função do metabolismo acelerado neste estágio do desenvolvimento, podendo ser suprida através da mobilização deste composto a partir dos resíduos vitelínicos (Santos, 2011).

Os valores de triglicerídeos para *P. unifilis*, *P. expansa* e *P. sextuberculata* apresentado no trabalho de Tavares-Dias *et al.* (2012) foram maiores nos recém-eclodidos (Tabela 3). Em geral, as tartarugas têm taxa de crescimento diferente ao longo da vida e, assim como ocorre para os níveis de colesterol, os triglicerídeos são disponibilizados para suprir a demanda energética da alta atividade metabólica dos recém-eclodidos. Os valores de triglicerídeos (22,9 ± 9,8 mg.dL⁻¹) apresentados por Fonseca *et al.* (2016) para *P. expansa* mantidas em cativeiro foram semelhantes aos valores verificados para as espécies deste estudo. Em animais com diabetes mellitus, obstruções biliares, pancreatite, hipotireoidismo ou que recebem dietas ricas em carboidratos e gorduras, os níveis séricos de colesterol podem estar aumentados (Fonseca *et al.*, 2016). Os trabalhos de Anselmo *et al.* (2021), Pamphilio Júnior (2017), e Yoshioka *et al.* (2017) apresentaram os maiores valores para triglicerídeos, o que pode estar relacionado com dieta fornecidos aos animais, considerando que estavam em

ambientes de produção comercial e laboratorial. A variação de triglicéride e colesterol (hiperlipidemia), podem ser respostas a processos fisiológicos ou patológicos (Thrall *et al.*, 2015)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os valores hematológicos e bioquímicos encontrados neste estudo variam em relação ao sexo e estágio de desenvolvimento em determinadas espécies, como também em relação ao ambiente e ao estilo de vida, mudanças sazonais e outros aspectos da biologia.

Alguns fatores aos quais os animais foram submetidos podem ter relação direta com os níveis elevados observados na hematologia e na bioquímica, sendo causados pelo estresse no momento da coleta e alterando os resultados. A provável anemia pode estar relacionada com a leucocitose e ser indicativa de infestação parasitária, em animais de cativeiros já que os animais estão aglomerados, facilitando a infecção.

Os parâmetros hematológicos e bioquímicos das espécies estudadas por diversos autores e agrupados no atual estudo podem ser utilizados para o controle e correção do manejo em queloniculturas, além de servir como referência para pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

Almosny, N. R. P.; Monteiro, A. M. 2007. Patologia clínica. In: CUBAS, Z. S.; SILVA J. C. S.; CATÃO- DIAS. J. L. (Ed.). Tratado de animais selvagens: Medicina veterinária. São Paulo: Roca, p. 939-966.

Andrade, P. C. M. 2016. Técnicas de conservação e manejo de Testudines – Manual do monitor de praia- Baseado nas diretrizes do protocolo básico simplificado para o monitoramento reprodutivo e manejo conservacionista de Testudines amazônicos do RAN/ ICMBio e PQA/IBAMA. Manaus: UNISOL/UFAM. ISBN 978-85-9510-009-1.

Anselmo, N.P.; Silva, C.K.P.; França, M.F.L.; Santos, M.Q.C.; Aride, P.H.R, Pantoja-Lima, J.; Oliveira, A.T. (2021) Hematological parameters of captive big-headed Amazon river turtles, *Peltocephalus dumerilianus* (Testudines: Podocnemididae). *Acta Biológica Colombiana*, 26(2): 213-207. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v26n2.80616>.

Araújo, C.S.O.; Tavares-Dias, M.; Gomes, A.L.S.; Andrade, S.M.S.; Lemos, J.R.G.; Oliveira, A.T.; Cruz, W.R.; Affonso, E.G. 2009. Infecções parasitárias e parâmetros sanguíneos em *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (*Arapaimatidae*) cultivados no estado do Amazonas, Brasil. In: Tavares-Dias, M (Org) Manejo e sanidade de peixes em cultivo, v.1. Embrapa Amapá Macapá, pp 389-424.

Campbell, T.W. 2014. Clinical Pathology. In: Mader D.R, Divers SJ (org). Current Therapy in Reptile Medicine and Surgery. 1st ed St. Louis, Mo: Elsevier. p. 70–92.

Campbell, T.W. 2007 Hematologia de répteis. In: Tharll, M.A. (Ed.). Hematologia e bioquímica clínica veterinária. São Paulo: Roca, p.215-247.

Campbell, T.W. 2012. Hematology of reptiles. In: THRALL, M.A. (Ed). Veterinary hematology and clinical chemistry. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, p. 277–297.

Clauss T.M.; Dove A.D.M.; Arnold J.E. (2008) "Hematologic Disorders of Fish" *Veterinary Clinics of North America - Exotic Animal Practice* 11(3), 445–462.

Conceição, J.R.O. Avaliação de práticas de manejo de Jabuti-Piranga (*Chelonoidis carbonarius*) em cativeiro. Relatório técnico. Dissertação de Mestrado, Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Auditoria Ambiental, Santos, SP, 2019.

Ferrara, C.R., Fagundes, C.K., Morcatty, T.Q. and Vogt, R.C. 2017. Quelônios Amazônicos – Guia de identificação e distribuição. WCS, Manaus, 2017,182p. ISBN 978-85-93844-00-3.

Filizola, N.; Guyot, J-L; Molinier, M.; Guimarães, V.; Oliveira, E.; Freitas, M. A. 2002. Caracterização hidrológica da bacia Amazônica. In: Rivas, A.; Freitas, C. (org.). *Amazônia uma perspectiva interdisciplinar*. EDUA Manaus, 2002, p. 33-53.

Pamphilio Júnior, H R. M. Crescimento compensatório e efeito fisiológico da restrição e privação alimentar em tracajá (*Podocnemis unifilis*), durante o cultivo. Dissertação de Mestrado/Universidade Federal do Amapá- Macapá, 2017. 62p.

Marcon, J.L.; Silva, M.G.; Batista, G.S.; Farias, R.S.; Monteiro, L.B.B. 2008. Fisiologia e Bioquímica de quelônios e suas implicações para o manejo e a criação em cativeiro. In: Andrade, P.C.M. (Ed). *Criação e manejo de quelônios no Amazonas*. Manaus: Ibama, ProVárzea, p.193-221. ISBN 978-85-7300-262-1.

Manire C.A.; Norton T.M, Stacy B.A, Innis C.J, Harms C.A. (2017) *Sea Turtle Health & Rehabilitation*, 1^a ed., J. Ross publishing, .155-180p.

Morselli. M.E.P., Faria F.S.E.D.V., Ribeiro. V. M.F., Viana, M.N.S.; Parente, A.F.; Baginski. L.J.; et al. 2016. Biometria e parâmetros hematológicos em tartarugas da Amazônia de um criatório comercial de Rio Branco/AC. *Arquivo Brasileiro. Medicina Veterinaria. Zootec.*, v.68, n.6, p.1548-1556. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-8945>.

Nardini, G.; Leopardi, S.; Bielli, M. 2013 *Clinical Hematology in Reptilian Species. Vet. Clini. Exot.Anim.* v.16. 1-30p.

Garcez, J.R.; Oliveira. A de B.; Andrade. M.C.P.; Duarte, J.A da M. 2021. Criação comercial e comunitária de quelônios no Estado do Amazonas In Oliveira. B.A.; Garcez. R, J.; Andrade. M.C.P. (Ed.). *Guia técnico Aquicultura: Boas práticas na criação de quelônios da Amazônicos*. Nupa Norte 1^o edição, 13-30p. ISBN 978-65-5706-904-2.

Oliveira-junior, A.A.; Tavares-Dias, M.; Marcon, J.L. 2009. Biochemical and hematological reference ranges for Amazon the freshwater turtle, *Podocnemis expansa* (Reptilia: Pelomedusidae), with a morphologic assessment of blood cells. *Research in Veterinary Science*, 86: 146-151p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2008.05.015>.

Pires, T.T.; Rostan, G.; Guimarães, J.E. 2009. Hemograma e bioquímica sérica de tartarugas cabeçudas (*Caretta*) de vida livre e mantidas em cativeiro, no litoral norte da Bahia. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. São Paulo, v. 46, n. 1, 11-18p.

- Santos, M. Q. DE C. 2011. Propriedades do sangue e efeito do mergulho forçado sobre o perfil hematológico de *Podocnemis erythrocephala* (Spix, 1824) (Testudines, Podocnemididae) do Médio Rio Negro, Amazonas. Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Biológica/Universidade Federal do Amazonas - Manaus, AM. 68p.
- Stacy N.I.; Alleman, AR.; Sayler, K.A. 2011. Diagnostic Hematology of Reptiles. *Clinics in Laboratory Medicine* 31(1):87–108p.
- Tavares-Dias, M.; Moraes, F.R. 2007. Leukocyte and thrombocyte reference values for channel catfish (*Ictalurus punctatus* Raf), with an assessment of morphologic, cytochemical, and ultrastructural features. *Veterinary Clinical Pathology* 36, 49-54p.
- Tavares-Dias, M.; Silva, M. G.; Oliveira, A. T.; Oliveira-Júnior, A. A.; Marcon, J. L. 2012. Propriedades do sangue de três espécies de quelônios do gênero *Podocnemis* de vida livre da Reserva Biológica do Abufari, baixo rio Purus, Estado do Amazonas, Brasil. 1º. Ed. Maringá:Massoni In: Silva-Souza, A. T.; Lizama, P. A. de los M. e Takemoto, R. M. Patologia e sanidade de organismos aquáticos. 195-220p.
- Thrall, M. A. 2004. *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry* 1. ed. Fort Collins Lippincott Willan e Wikins 582p.
- Van Dijk, P. P. V.; Iverson, J. B.; Rhodin, A. G. J.; Shaffer, H. B.; Bour, R. 2014. *Turtles of the World, (Ed). Annotated checklist of taxonomy, synonymy, distribution with maps, and conservation status. Chelonian Research Monographs, v. 5, 2014, 329-479p.*
- Yoshioka E. T. O.; Costa, R. de A.; Brasiliense, A. R. P.; Castelo, A. S.; Damasceno. L. F. 2017. Avaliação fisiológica de filhotes de tracajás *Podocnemis unifilis* alimentados

com diferentes níveis de proteína nas rações. Boletim de pesquisa e desenvolvimento /
Embrapa Amapá; 33 p. ISSN 1517- 4867, 98.

CAPÍTULO 2

ARTIGO COMPLETO ORIGINAL

ANSELMO, N. P., RIBEIRO, M. W. S., FARIAS, F.D.F., ARIDE, P.H.R., OLIVEIRA, A. T. (2022). Fisiologia e Bioquímica Sanguínea de quelônios de água doce produzidos em queloniculturas da Região Metropolitana de Manaus, Amazonas. **Formatado segundo Fishes**, 26 p.

HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA SANGUÍNEA DE TRACAJÁ (*Podocnemis unifilis*) TARTARUGA DA AMAZÔNIA (*Podocnemis expansa*) PRODUZIDOS EM QUELONICULTURAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS, AMAZONAS

Neiana Pereira Anselmo ^{1*}; Maiko Willas Soares Ribeiro¹; Flavia Dayane Felix Farias¹;
Paulo Henrique Rocha Aride ¹; 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

As queloniculturas são alternativas para o consumo de quelônios sem gerar o declínio das espécies no ambiente natural. Este estudo objetiva verificar parâmetros hematológicos e bioquímicos de *Podocnemis expansa* e *P. unifilis* provenientes de queloniculturas. A amostragem sanguínea ocorreu por punção do vaso femoral em 36 animais, sendo parte do material coletado centrifugado a fim de se obter o plasma sanguíneo. Os parâmetros físicos da água de produção (temperatura, oxigênio dissolvido e pH) assim como os parâmetros químicos (amônia, dureza, alcalinidade e nitrito) foram verificados. A comparação das análises do foram testadas estatisticamente utilizando Análise de Variância (ANOVA), seguindo de teste t Student ou teste de Tukey. A análise do hematócrito não revelou diferenças significativas entre as espécies ($p > 0,05$). Na bioquímica plasmática os níveis de proteína, glicose, colesterol, ureia, cloretos e triglicerídeos de *P. unifilis* foram estatisticamente semelhantes para a espécie *P. expansa*, não apresentando diferença dentro dos dados analisados ($p > 0,05$). Nas propriedades físicas e químicas das águas dos viveiros amostrados, foi possível observar alterações entre as duas queloniculturas, tendo a quelonicultura do local 1 apresentado maiores níveis de oxigênio dissolvido ($5,0 \pm 0,4 \text{ mg.L}^{-1}$). Já a quelonicultura do local 2, apresentou níveis maiores de alcalinidade ($66,6 \pm 1,5 \text{ mg.L}^{-1}$), amônia total ($0,50 \pm 0,30 \text{ mg.L}^{-1}$) e nitrito ($0,02 \pm 0,01$). O estudo mostra a possível influência do manejo na qualidade da água, no entanto, a ausência de diferença significativa entre os parâmetros sanguíneos das espécies, evidencia a robustez destes quelônios que se mantêm constantes quanto a fisiologia em produção sob condições semelhantes.

Palavras-chave: Aquicultura, organismo aquático, qualidade da água, testudines, sangue.

ABSTRACT

Turtle farms are alternatives for the consumption of turtles without generating the decline of the species in the natural environment. This study aims to verify the hematological and biochemical parameters of *Podocnemis expansa* and *P. unifilis* from turtle farms. Blood sampling was performed by puncturing the femoral vessel in 36 animals, and part of the collected material was centrifuged to obtain blood plasma. The physical parameters of the production water (temperature, dissolved oxygen, and pH), as well as the chemical parameters (ammonia, hardness, alkalinity, and nitrite), were verified. The comparison of the analysis was wasted statistically using Analysis of Variance (ANOVA), following Student's t-test or Tukey's test. Hematocrit analysis did not reveal significant differences between species ($p>0.05$). In plasma biochemistry, the levels of protein, glucose, cholesterol, urea, chlorides, and triglycerides of *P. unifilis* were statistically similar for the species *P. expansa*, with no difference within the analyzed data ($p>0.05$). In the physical and chemical properties of the waters from the ponds sampled, it was possible to observe changes between the two cheloncultures, with the chelonculture at site 1 showing higher levels of dissolved oxygen ($5.0\pm 0.4 \text{ mg.L}^{-1}$). The turtle culture at site 2, on the other hand, showed higher levels of alkalinity ($66.6\pm 1.5 \text{ mg.L}^{-1}$), total ammonia ($0.50\pm 0.30 \text{ mg.L}^{-1}$), and nitrite (0.02 ± 0.01). The study shows the possible influence of management on water quality, however, the absence of significant difference between the blood parameters of the species, evidences the robustness of these chelonians that remain constant in terms of physiology in production under similar conditions.

Keywords: Aquaculture, aquatic organism, water quality, Testudines, blood.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo país com maior número de espécies de quelônios, sendo 36 espécies distribuídas pelos biomas brasileiros predominantes nos estados do Pará, Rondônia, Roraima, Maranhão, Piauí, Pernambuco, Alagoas, Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Amazonas (Vogt *et al.*, 2015). A Amazônia brasileira destaca-se como a região onde são encontradas 18 espécies como habitats em água continentais, terrestres e vida semiaquática (Van Dijk *et al.*, 2014; Ferrara *et al.*, 2017). São animais conhecidos popularmente como tartarugas, e que tem características muito particulares que os diferenciam claramente de outros reptéis (Dantas Filho, 2020).

Por possuírem uma carne saborosa, o consumo de quelônios pela população nordestina é parte cultural e tradicional na região, levando a exploração e redução dos estoques dessas espécies na natureza. As espécies mais procuradas são a tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*; Schweigger, 1812), o tracajá (*Podocnemis unifilis*; Troschel, 1848) e o iacá (*Podocnemis sextuberculata*; Cornalia, 1849) (Lima, 2012; Schneider *et al.*, 2012).

Com a exploração e redução dos estoques dessas espécies em ambiente natural, a quelonicultura, que é a criação de quelônios em cativeiros para fins comerciais, tem se mostrado promissora como alternativa ao consumo livre de atividades ilegais (Araujo *et al.*, 2019). No estado do Amazonas, a criação em cativeiro tem como metas principais promover a segurança alimentar e nutricional de trabalhadores rurais e povos tradicionais, além de conservar as espécies nativas (Teixeira, 2018). O Amazonas é líder em produção de quelônios de água doce em aquiculturas na região Amazônica, que se estende por outros países, e no Brasil.

Na aquicultura, as condições ambientais podem favorecer o surgimento de diferentes patologias, enfraquecendo a resistência imunológica dos animais (Dantas Filho, 2020). Para manter o controle sanitário durante a produção de quelônios, o hemograma e a análise bioquímica do plasma sanguíneo tornam-se imprescindíveis por fornecerem informações sobre o status geral dos animais, tais como respostas ao estresse por condições ambientais, nutricionais, ou inerentes ao organismo (Ferronato, 2008; Camargo, 2018).

A partir dos dados do perfil hematológico pode-se monitorar a sanidade animal, diagnosticar patologias e agir preventivamente em prol a saúde dos quelônios em produção, o que favorece o bem-estar, o desempenho zootécnico e os ganhos econômicos (Silvestre *et al.*, 2004; Ferronato, 2008). A hematologia é uma análise consolidada no monitoramento da fisiologia de organismos aquáticos, terrestres e semiaquáticos, e promove resultados confiáveis na avaliação dos eritrócitos, leucócitos e trombócitos, tendo eficiência e eficácia maximizada quando associada à análise da bioquímica (Prado *et al.*, 2016; Liebl *et al.* 2021).

De acordo com Albuquerque *et al.* (2002) a análise bioquímica é recente e estuda os processos bioquímicos de biomoléculas que se encontram ordenadas no organismo, podendo ser classificada em proteínas, lipídios, ácidos e glicídios. O perfil bioquímico reflete a atividade orgânica do animal e retrata a homeostase, estes exames são importantes para a avaliação das condições fisiológicas dos animais, uma vez que pode haver a influência dos fatores endógenos e exógenos revelados na variação deste parâmetro (Pereira, 2015).

Assim, o objetivo deste artigo é verificar parâmetros da hematologia e a bioquímica do plasma de quelônios de água doce oriundos de queloniculturas da Região Metropolitana de Manaus, Amazonas.

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

2.2 Área de estudo e amostragem

A Região Metropolitana de Manaus (RMM), criada pela Lei Complementar Estadual nº 52 de 30 de maio de 2007, é formada pela união de oito municípios: Manaus, Careiro da Várzea, Iranduba, Itacoatiara, Manacapuru, Novo Airão, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva. O termo refere-se à extensão da capital amazonense com seus municípios vizinhos, apesar de distantes e não conturbados, e com baixa densidade demográfica, 21,44 habitantes/km². De acordo com estimativa de 2015 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sua população era de 2.360.491 habitantes, fazendo desta a segunda região metropolitana mais populosa do Norte do Brasil.

2.3. Manejo dos animais e colheita sanguínea

Os quelônios analisados são criados em consórcio com peixes e utilizam a mesma base nutricional de ração com 28% de proteína. O total de 36 quelônios (N=36), sendo 22 tartarugas-da-amazônia e 14 tracajás foram coletados manualmente após 24 horas de jejum, no período da manhã, utilizando rede de arrasto. Seguindo recomendações de Tavares-Dias *et al.* (2011), para colheita sanguínea foram utilizados animais adultos. A amostragem sanguínea ocorreu por punção do vaso femoral, após higienização do local com álcool 70%, seringas de 3 mL e agulhas de 27x8 mm contendo heparina 5000 UI, sendo amostrados 1,5 mL de sangue de cada animal. As amostras foram acondicionadas em tubos específicos e mantidas a temperatura de -4 °C durante todo procedimento.

Para as análises bioquímicas, parte da amostra coletada foi processada em campo por centrifugação, obtendo o plasma sanguíneo, que foi inserido em botijão de nitrogênio líquido para manutenção da temperatura a -20 °C. Todo material foi transportado e analisado no Laboratório de Morfofisiologia Animal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Campus Manaus Centro (CMC).

2.4. Biometria dos animais

Em campo, após a coleta de sangue para as análises hematológicas, foi realizada a biometria dos animais por aferimento do peso corporal (g), com auxílio de balança portátil, e mensuração do comprimento retilíneo da carapaça (CRC, cm) e comprimento do plastrão (CP, cm), com auxílio de fita métrica (Figura 1).

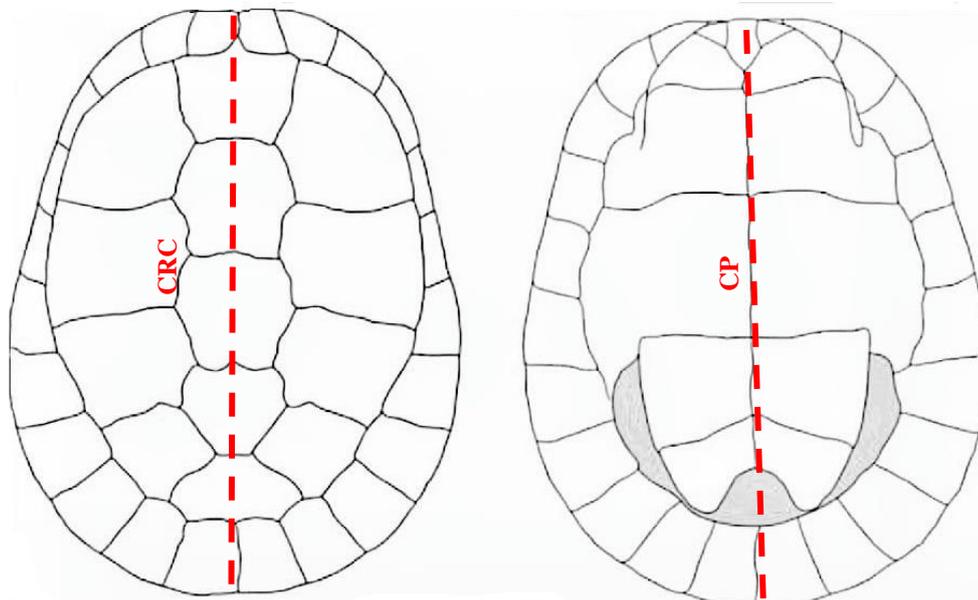


Figura 1: Infográfico das medidas biométricas em quelônios amazônicos: comprimento retilíneo da carapaça (CRC, cm) e comprimento do plastrão (CP, cm). Elaborado a partir de Bernhard *et al.* (2016).

2.5. Eritrograma

Na análise dos eritrócitos (série vermelha), o hematócrito (Ht, %) foi determinado pelo método de microhematócrito utilizando tubo capilar heparinizado. A concentração de hemoglobina (Hb, g.dL^{-1}) determinada pelo método da cianometahemoglobina, utilizando o reagente de Drabkin, e a contagem de eritrócitos (RBC, milhões. μL^{-1}) foi realizada utilizando câmara de Neubauer após a diluição do sangue em solução de formol-citrato. A partir dos valores de Ht, Hb e RBC de cada indivíduo, foram calculados os índices hematimétricos: volume corpuscular médio (VCM, fL), hemoglobina corpuscular média (HCM, pg) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM, g.dL^{-1}), seguindo as recomendações de Wintrobe (1934).

2.6. Bioquímica plasmática

A bioquímica plasmática foi determinada com auxílio de kits comerciais específicos para cada constituinte. A concentração de proteínas plasmáticas totais (g.L^{-1}) foi determinada pela metodologia de biureto modificada, e a glicose plasmática (mmol.L^{-1}) foi determinada pela metodologia da glicose oxidase. Os triglicerídeos (mmol.L^{-1}) e o colesterol total (mmol.L^{-1}), foram verificados através de métodos enzimático-colorimétricos.

2.7. Monitoramento da qualidade da água

Os níveis de oxigênio dissolvido (mg. L^{-1}), temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e pH foram verificadas por meio de aparelho multiparâmetro (G-50, Horiba®, Quioto, Japão) e o teor de nitrito (mg. L^{-1}) foi verificado por meio de kits colorimétricos, seguindo orientações do fabricante (Alfakit®, Florianópolis, Brasil), de acordo com Liebl *et al.* (2022).

2.8. Análises Estatística

A comparação das análises do eritrograma e bioquímica plasmática foram testadas estatisticamente utilizando Análise de Variância (ANOVA), seguindo de teste t Student ou teste de *Tukey*, aplicados após avaliação da robustez das amostras através dos testes de normalidade e de homoscedasticidade, *Shapiro Wilk* e *Bartlett*, respectivamente.

te, utilizando o software estatístico R® (r-project, Auckland, Nova Zelândia). Os dados analisados foram considerados significativos quando $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

3.1 Biometria dos animais

Nas análises biométricas, os quelônios *P. unifilis* e *P. expansa* não apresentaram diferenças estatísticas ($p > 0,05$) para peso corporal (g), comprimento retilíneo da carcaça – CRC (cm) e para comprimento do plastrão – CP (cm), conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Biometria de *Podocnemis expansa* (tartaruga da Amazônia) e *Podocnemis unifilis* (tracajá), provenientes de queloniculturas da Região metropolitana de Manaus - AM.

ESPÉCIE	PESO CORPO- RAL (g)	CRC (cm)	CP (cm)
<i>Podocnemis unifilis</i>	3460,00 ± 0,772	15,6 ± 7,47	11,73 ± 0,92
<i>Podocnemis expansa</i>	5614,30 ± 243,11	19,16 ± 4,12	14,21 ± 2,97

CRC: Comprimento retilíneo da carcaça; **CP:** Comprimento do plastrão.

3.2 Eritrograma

Para o Eritrograma não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$) nos índices hematimétricos, VCM, HCM e CHCM, principalmente para o hematócrito, concentração de hemoglobina e eritrócitos (Tabela 2).

Tabela 2. Eritrograma de quelônios da região Amazônica.

Espécie	Ht (%)	Hb (g.dL ⁻¹)	RBC (milhões. μL^{-1})	VCM (fL)	HCM (pg)	CHCM (%)
<i>Podocnemis unifilis</i>	22,8±2,3	2,8±0,4	2,4±0,4	286,2±30,0	12,0±2,8	6,4±0,9
<i>Podocnemis expansa</i>	20,71±1,49	5,45±1,48	0,460±0,095	484,34±77,50	114,71±21,54	24,95±5,25

Ht: Hematócrito; **Hb:** Hemoglobina; **RBC:** red blood cells glóbulos vermelhos; **VCM:** Volume corpuscular médio; **HCM:** Hemoglobina corpuscular médio; **CHCM:** Concentração de hemoglobina corpuscular médio.

3.3. Bioquímica plasmática

Na bioquímica plasmática os níveis de proteína, glicose, colesterol, ureia, cloretos e triglicerídeos de *P. unifilis* foram estatisticamente semelhantes para a espécie *P. expansa*. (Tabela 4).

Tabela 3. Parâmetros bioquímicos plasmáticos de quelônios da região Amazônica.

Espécie	Proteínas Totais (g.dL ⁻¹)	Glicose (mg. dL ⁻¹)	Colesterol Total (mg. dL ⁻¹)	Triglicerídeos (g.dL ⁻¹)	Ureia (mmol.L ⁻¹)	Cloretos (mEq.l ⁻¹)
<i>Podocnemis unifilis</i>	2,5±0,2	40,9±12,7	133,5±20,5	340,0±43,0	1,1±0,2	120,8±10,2
<i>Podocnemis expansa</i>	2,36±0,63	119,27±38,27	77,33±24,59	92,75±55,87	4,57±2,16	100,47±10,24

3.4. Monitoramento da qualidade da água

Nas propriedades físicas e químicas das águas dos viveiros escavados amostrados, foi possível observar alterações entre as duas quelôniocultura principalmente nos níveis de oxigênio dissolvido, alcalinidade, amônia total e nitrito, nos quais apresentaram valores elevados.

Tabela 4. Propriedades físicas e químicas da água quelônios da região Amazônica.

Variáveis	Local 1	Local 2
Temperatura (°C)	29,7±0,2 a	30,1±0,3 a
pH	7,0±0,1 a	7,3±0,2 a
Dureza (mg.L ⁻¹)	93,1±8,9 a	78,0±3,0 a
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	5,0±0,4 a	2,8±0,5 b
Alcalinidade (mg.L ⁻¹)	60,9±4,0 a	66,6±1,5 b
Amônia Total (mg.L ⁻¹)	0,01±0,01 a	0,50±0,30 b
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0,00±0,00 a	0,02±0,01 b

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

4. DISCUSSÃO

O sucesso na produção de quelônios se deve, entre outros fatores, ao monitoramento desses animais (Araújo, 2017). Os dados analisados no monitoramento da biometria no estudo atual para a espécie *P. expansa* quando comparados os dados apresentados por Morselli *et al.* (2019) são inferiores, para as *P. unifilis* e são superiores aos encontrados por Hurtato *et al.* (2017). A ausência de padronização nos estudos biométri-

cos para os quelônios existe em função de cada espécie possuir características diferentes, o que também pode ser influenciado por parâmetros além da biologia, tais como etapa de desenvolvimento, ambiente e nutrição (Morselli *et al.*, 2019).

Apesar de ser uma ferramenta eficiente no monitoramento da sanidade dos animais sob produção, a avaliação hematológica em quelônios ainda requer mais informações a fim de conhecer o comportamento das células e plasma sanguíneo, maximizando sua aplicação em diagnósticos de entraves tais como a anemia (Silva, 2011; Conceição, 2019). O diagnóstico de anemia ocorre quando há indicativos de deficiência nos níveis da hemoglobina, que é a proteína do sangue que auxilia o transporte de oxigênio no organismo animal. De acordo com Santos (2011) a concentração de hemoglobina em quelônios está associada ao grau de atividade dos animais. Os valores para a hemoglobina da espécie *P. expansa* (tartaruga-da-Amazônia) foi similar ao encontrado por Pessoa (2015) que investigou *P. expansa* e *Phrynops geoffroanus* (Schweigger, 1812; Cágado-de-barbicha), com $5,29 \pm 1,58$ e $5,17 \pm 1,65$ g.dl⁻¹, respectivamente. Nos trabalhos de Silva *et al.* (2017) com a espécie *Geochelone carbonária* (Spix, 1824; jabuti-piranga), os percentuais foram $8,5 \pm 2,0$ g.dl⁻¹, e nos trabalhos de Conceição (2019) igualmente analisando *Geochelone carbonária*, foram $7,55 \pm 1,11$ g.dl⁻¹. Os valores apresentados neste estudo para *P. unifilis* estão abaixo dos encontrados na literatura consultada, o que sugere indicativo de anemia, quando associado a outras informações.

As informações do hematócrito (Ht) também são determinantes em diagnósticos como o de anemia (baixo % de Ht), além de estar relacionado à função cardíaca (alta % de Ht) e a circulação do fluxo sanguíneo (Tavares-Dias *et al.*, 2009; Marcon *et al.*, 2008). Conceição (2019), ao analisar o hematócrito de jabutis-piranga (*Chelonoidis carbonarius*, adultos, machos e fêmeas, encontrou o valor de $24 \pm 2,65\%$, que é maior

do que os valores encontrados para o tracajá (*P. unifilis*) no atual estudo. Nos estudos de Pamphilio Junior (2017) com a espécie *P. unifilis* os animais foram separados nos seguintes grupos: controle, restrição e privação alimentar. O menor percentual de hematócrito foi encontrado para *P. unifilis* sob restrição e sob privação alimentar, sendo $19,50 \pm 6,26 \%$ e $18,00 \pm 6,50 \%$, respectivamente. Tais valores, são menores do que os valores encontrados para a espécie *P. unifilis* e *P. expansa* no atual estudo. Porém, os trabalhos de Pamphilio Junior (2017), assim como os *P. unifilis* deste estudo, apresentaram indicativo de anemia, o que pode estar relacionado com período de restrição e privação alimentar de 24 horas a que foram submetidos.

Os valores para o RBC (red blood cells; eritrócitos) verificados para a espécie *P. unifilis* foram maiores do que os encontrados para a mesma espécie por Pessoa et al. (2017) ($0,36 \pm 0,13$ milhões. μL^{-1}) e para *P. expansa* em Silva et al. (2022) ($0,68 \pm 0,2$ milhões. μL^{-1}). No entanto, os valores do atual estudo e dos estudos supracitados, estão abaixo do recomendado para répteis saudáveis (2,5 a 3 milhões. μL^{-1}) (Duguy, 1970; Martins, 2022). O baixo número de RBC do atual estudo não está relacionado com a presença de linfa na amostra, já que a colheita foi feita por punção da veia femoral, descartando a contaminação por linfa que pode causar hemodiluição, como constato no trabalho de Silva et al. (2020) com *Geochelone carbonária*.

Os índices hematimétricos do Volume Corpuscular Médio (VCM) e da Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM) para a espécie *P. expansa* foram inferiores ao encontrado por Conceição (2019) com *Chelonoidis carbonarius* (VCM $452,2 \pm 91,5$; CHCM $31,4 \pm 2,3$) e Nunes Júnior (2017) (VCM $181,72 \pm 91,75$; CHCM $103,50 \pm 19,57$). Batista (2021) apresentou médias para Cágados de Barbicha (*Phrynops geoffroanus*; Schweigger, 1812) e Tigre d'água (*Trachemys dorbigni*; Duméril e Bi-

bron, 1835) de VCM (fl) 231; 652; 454; 286; 326. Os valores do CHCM verificados por Batista (2021) (CHCM: 18 a 33%) são maiores do que os dados encontrados para *P. unifilis* no atual estudo (CHCM: 6,4 a 24,95%), porém, os quelônios analisados pelo autor estavam com deformidades na carapaça e suspeitas de sepse, infecção e pneumonia.

Além dos índices hematimétricos e outras características das células sanguíneas, o plasma sanguíneo também fornece informações importantes sobre o estado nutricional e fisiológico dos quelônios, o que pode ser traduzido na saúde dos animais. Na análise bioquímica é possível observar (Tabela 4) que as proteínas totais não apresentaram diferença quando comparadas entre espécies. As concentrações de proteína total no plasma deste estudo são inferiores às encontradas por Pamphilio Junior (2017) ($2,35 \pm 0,45$ a $3,46 \pm 0,57$ g dL⁻¹) para a espécie *P. unifilis* e por Morselli *et al.* (2019) para a espécie *P. expansa* ($3,38 \pm 1,11$ a $4,04 \pm 1,04$). Nos trabalhos de Fonseca *et al.* (2016) com *P. expansa* entre 3 e 7 meses foi constatado um valor para a proteína de $1,9 \pm 0,8\%$, o que é inferior aos da mesma espécie apresentada no atual estudo. A hipoproteïnemia está comumente associada à má nutrição, absorção, digestão, enteropatias com perda de proteínas, doença hepática ou renal crônicas e hemorragia grave (Thrall *et al.*, 2015; Fonseca *et al.*, 2016). No entanto, tanto os valores neste estudo quanto nos trabalhos de Fonseca *et al.* (2016), estão dentro da faixa de referência para répteis de 3 e 7 mg/dL Campbell (2014).

Os valores para glicose para quelônios amazônicos foram determinados através dos estudos de Santos *et al.* (2005) e estabelecidos como $122,90 \pm 35,19$ mg. dL⁻¹. De acordo com esse valor, a espécie *P. unifilis* do atual estudo demonstra estar sob estresse, o que pode ter ocorrido em função da coleta dos animais no viveiro e colheita de san-

gue. Os baixos níveis de glicose em quelônios sob estresse resultam aumento de catecolaminas (resposta primária), induzindo mudanças nos parâmetros fisiológicos (resposta secundária), que comprometem seu desempenho (resposta terciária) e aumentam a suscetibilidade às doenças Lopes (2016). De acordo com Ferreira Júnior e Castro (2010) e Dantas Filho (2020), o estresse em quelônios é um fator que consome energia do organismo e representa um fenômeno de adaptação.

Para triglicerídeos e colesterol, foram observados na espécie *P. unifilis* deste estudo valores superiores aos encontrados por Ferreira *et al.* (2016) (triglicerídeos: $22,9 \pm 9,8$; colesterol: $45,3 \pm 9$), e Pamphilio Junior (2017) (triglicerídeos: $82,27 \pm 28,33$; colesterol: $80 \pm 52,13$). Os valores baixos de triglicerídeos e colesterol apresentados pela espécie *P. expansa* neste estudo, provavelmente ocorreram em decorrência da privação alimentar estabelecidas nas 24 horas que antecederam a colheita de sangue (Pamphilio Junior, 2017). A condição do *P. unifilis* deste estudo corrobora com Pamphilio Junior (2017) que ressalta que a espécie tem maior resistência a restrição e privação alimentar. Porém, tal fato pode ser um indicativo de alimentação inapropriada, já que os quelônios são criados em consórcio com peixes e utilizam a mesma base nutricional (ração com 28% de proteína), podendo estar superalimentados. A hiperlipidemia observada (aumento da concentração sérica de triglicerídeos, colesterol, ou de ambos) pode ser resultado de processos fisiológicos ou patológicos (Thrall *et al.*, 2015).

A dosagem de ureia é importante para detectar possíveis lesões nos rins, por serem excretados por estes órgãos. No entanto, por serem animais ureotélicos, os valores de ureia não são confiáveis para diagnosticar doenças renais em répteis, estando mais relacionado a condição de hidratação do animal (Troiano *et al.*, 2001; Conceição, 2019). Em comparação com dados de *P. unifilis*, os valores médios de ureia foram infe-

riores aos valores fornecidos por Conceição (2019) ($25,18 \pm 13,93 \text{ mg.dL}^{-1}$) e por Bergamini ($24,33 \pm 13,88 \text{ mg.dL}^{-1}$), para jabutis, e por Fonseca *et al.* (2017) ($10,4 \pm 3,9 \text{ mg.dL}^{-1}$) para tartarugas da Amazônia. Valores maiores foram encontrados por pessoa (2015) em tartarugas infectadas ($14,75 \pm 16,7$ a $22,58 \pm 14,5 \text{ mg.dL}^{-1}$). Os valores normais para ureia sanguínea são baixos (menores que 10 mg.dL^{-1}) para a maioria dos répteis. No entanto, valores normais para alguns quelônios terrestres são mais altos do que para outros répteis, sendo entre 20 e 100 mg.dL^{-1} . Assim, os valores destes estudos estão de acordo com o valor de referência de 10 mg.dL^{-1} .

O cloreto é o principal ânion osmótico ativo no sangue dos reptéis, e está relacionado ao distúrbio hidroeletrólítico e do equilíbrio ácido-base, uma vez que é atuante na regulação da pressão osmótica e no controle hídrico (Almosnye e Monteiro, 2007; Pereira, 2015). Os valores para cloretos encontrados para *P. unifilis* é maior do que encontrados para a espécie *Cheloidis carbonara* ($90,58 \pm 4,77$) nos trabalhos de Pereira (2015).

A manutenção da qualidade da água nos sistemas de produção previne a disseminação de surtos de doenças e danos ao bem-estar e produtividade animal. Na RMM (Região Metropolitana de Manaus), as quelonicultura produzem quelônios em consórcio com a piscicultura, o que implica maior atenção com as variáveis da água de produção. A variável temperatura do atual estudo está dentro dos valores estipulados pela literatura, sendo de $27,8$ a $31,1^\circ\text{C}$ durante o dia para quelônios (Dantas Filho, 2020). A variável pH, quando atinge o nível 7 é caracterizada como neutra, e quando se mantém acima deste valor, é caracterizada como ácida. Os valores de pH apresentados neste estudo estão dentro dos estipulados por Piscicultura (2019). A alcalinidade e a dureza são indicativos da presença de calcário, substância que contribui para manter o pH neutro. Os valores

recomendados para alcalinidade, de acordo com Psicultura (2019), são de aproximadamente 30 mg.L⁻¹. No atual estudo, os valores para alcalinidade estão acima dos recomendados, necessitando fazer correção desta variável para melhorar a produção.

O oxigênio dissolvido (OD), tanto em excesso quanto em carência, pode prejudicar a saúde do animal. Oxigênio dissolvido (OD) acima de 15 mg. L⁻¹ pode ocorrer em decorrência da concentração de nutrientes lançada na água e incidência da luz. A concentração de oxigênio deste estudo corresponde aos teores recomendados por Psicultura (2019). Nas análises da água a concentração média de oxigênio dissolvido mostrou-se superior aos níveis encontrados nos trabalhos de Lopes (2016) (OD: 9,0 mg.L⁻¹; temperatura: 17,6 °C), no entanto, ainda estão mantidos dentro dos valores recomendados.

A quelonicultura do local 2 apresenta menor OD e maior teor de amônia e nitrito. O baixo teor de OD pode estar relacionado ao excesso de resíduos orgânicos (fezes e resíduos de ração), uma vez que a quantidade de dejetos lançados na água pode ser maior em decorrência do compartilhamento do local de cultivo com peixes. A incidência de nitrito e de amônia pode estar relacionado com a concentração baixa de oxigênio, que aumenta primeiramente a amônia e, conseqüentemente, o nitrito. A transformação de amônia em nitrito é resultado da ação de bactérias, o que tende a ocorrer em viveiros que recebem grande quantidade de ração. A possibilidade de haver grande quantidade de ração sendo fornecida é evidenciada pela bioquímica do sangue dos animais, que apresentam índices de triglicérides e colesterol altos, sugerindo a superalimentação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos hematológicos e bioquímicos de quelônios oriundos de quelonicultura são ferramentas importantes para o sistema de produção, uma vez que pode indicar o

desenvolvimento do plantel e, conseqüentemente, corrigir a forma de manejo. No atual estudo não foi possível identificar diferenças significativas nos parâmetros entre as espécies analisadas. No entanto, uma tendência nos valores elevados para triglicérides e colesterol em *Podocnemis unifilis* foi observada e pode estar relacionada com o manejo alimentar realizado (superalimentação), considerando que os quelônios são produzidos em consórcio com peixes. A tendência observada pode estar relacionada com a diferença encontrada nas variáveis da qualidade da água, pois níveis baixos de oxigênio dissolvido e mais elevados de amônia total e nitrito podem ser resultados da superalimentação. Ressalta-se a importância de estudos sobre os parâmetros hematológicos e bioquímicos de espécies de quelônios, bem como de valores de referência para as espécies de quelônios de água doce, e dos manejos em queloniculturas.

3 REFERÊNCIA

- Almosny, N. R. P.; Monteiro, A. M. 2007. Patologia clínica. In: Cubas, Z. S.; Silva J. C. S.; Catão- Dias. J. L. (Ed.). Tratado de animais selvagens: medicina veterinária. São Paulo: Roca, 939-966p.
- Araújo, C.S.O.; Tavares-Dias, M.; Gomes, A.L.S.; Andrade, S.M.S.; Lemos, J.R.G.; Oliveira, A.T.; Cruz, W.R.; Affonso, E.G. 2009. Infecções parasitárias e parâmetros sanguíneos em *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (*Arapaimatidae*) cultivados no estado do Amazonas, Brasil. In: Tavares-Dias, M (Org) Manejo e sanidade de peixes em cultivo, v.1. Embrapa Amapá Macapá. 389-424p.

- Batista, L.M.do R. 2021. Avaliação laboratorial de amostras de quelônios analisadas no Laboratório de Patologia Clínica Veterinária da Universidade de Brasília/ Monografia Residência – Patologia Clínica Veterinária Brasília. 35p.
- Bergamini, B. C. S. 2011. Valores hematológicos em *Geochelone carbonaria* (Jabuti). Monografia –Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP. 25p.
- Campbell, T.W. 2004. Hematology of lower vertebrates In: ACVP; ASVCP. (Eds). 55th Annual Meeting of the American College of Veterinary Pathologists (ACVP) and 39th Annual Meeting of the American Society of Clinical Pathology (ASVCP). Middleton WI, USA: International Veterinary Information Service, Ithaca NY.
- Campbell, T.W. 2007. Hematologia de répteis. In: Thrall M.A. (Ed.). Hematologia e bioquímica clínica veterinária. São Paulo: Roca, 215-247 p.
- Campbell T.W. 2014. Clinical Pathology. In: Mader DR, Divers SJ, organizadores. Current Therapy in Reptile Medicine and Surgery st ed St. Louis, Mo: Elsevier. 70–92p.
- Cubas Z.S., Silva J.C.R. & Catão-Dias J.L. 2014. Tratado de Animais Selvagens. 2ª ed. Roca, São Paulo. 1354p.
- Conceição, J.R.O. 2019. Avaliação de práticas de manejo de Jabuti-Piranga (*Chelonoidis carbonarius*) em cativeiro. Relatório técnico. Dissertação de Mestrado, Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Auditoria Ambiental, Santos, SP.
- Dantas Filho. J.V.; Pontuschka, R.B.; Franck, K. M.; Gasparotto, P H. G.; Cavali, J. 2020. Cultivo de quelônios promove conservação e o desenvolvimento social e econômico da Amazônia. Revista Ciências e Saúde Animal. ISSN 2675-0422

- Ferronato, B. de O. 2008. *Phrynops geoffroanus* (Testudines, Chelidae) em ambiente antrópico: perfil hematológico e microbiota oral. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba-SP..64p.
- Fonseca, L.A.; Maia, N. L.; Girardi, F M.; Filho, W. P.C.; Pimentel, F. G.; Braga, F. R. 2016. Avaliação de parâmetros bioquímicos séricos em Tartarugas- -da-Amazônia (*Podocnemis expansa*) mantidas em cativeiro Pesq. Vet. Bras. 36(12):1186-1189. DOI:10.1590/S0100736X20160012000081186
- Ferrara, C.R., Fagundes, C.K., Morcatty, T.Q. and Vogt, R.C. 2017. Quelônios Amazônicos – Guia de identificação e distribuição. WCS, Manaus. 182p. ISBN 978-85-93844-00-3
- Ferreira Junior P.D, Castro P.T.A. 2010. Nesting ecology of *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Podocnemididae) in the Javae’s River, Brazil. Brazilian Journal of Biology. 85-94p.
- Hurtado, E. G. L. 2018. Aspectos hematológicos de *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae) na Reserva Biológica Municipal Santa Cândida, Juiz de Fora, Minas Gerais. Dissertação de Mestrado em Comportamento e Biologia Animal/ Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais. 58p.
- Marcon, J.L.; Silva, M.G.; Batista, G.S.; Farias, R.S.; Monteiro, L.B.B. 2008. Fisiologia e Bioquímica de quelônios e suas implicações para o manejo e a criação em cativeiro. In: Andrade, P.C.M. (Ed). Criação e manejo de quelônios no Amazonas. Manaus: Ibama, ProVárzea, 193-221p. ISBN 978-85-7300-262-1

- Morselli. M.E.P., Faria F.S.E.D.V., Ribeiro. V. M.F., Viana, M.N.S.; Parente, A.F.; Baginski. L.J.; et al. 2016. Biometria e parâmetros hematológicos em tartarugas da Amazônia de um criatório comercial de Rio Branco/AC. *Arquivo Brasileiro. Medicina. Veterinaria. Zootec.*, v.68, n.6, 1548-1556p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-8945>.
- Nunes Junior, F. P. 2017. Hematologia e bioquímica sérica de Testudines continentais brasileiros em cativeiro. Dissertação de Mestrado em Ciência Veterinária – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 56p.
- Pamphilio Júnior, H R. M. 2018. Crescimento compensatório e efeito fisiológico da restrição e privação alimentar em tracajá (*Podocnemis unifilis*), durante o cultivo. Dissertação de Mestrado em Biodiversidade Tropical/Universidade Federal do Amapá-Macapá.
- Pereira, P. V. R. 2015. Perfil bioquímico sérico de jabutis *Chelonoidis carbonaria* (Reptilia, testudinidae) mantidos em cativeiro. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinária) – Universidade Federal de Uberlândia. 84p.
- Pessoa, L.M.B. 2015. Ocorrência de hemoparasitas em tartarugas-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*) e cágados-de-barbicha (*Phrynops geoffroanus*) oriundos da Fundação Zoológico de Brasília, Distrito Federal, Brasil. Dissertação de Mestrado em Saúde Animal) – Universidade de Brasília, Distrito Federal. 47p.
- Psicultura. 2019. Manejo da água. 48p. Senar Brasília, DF (coleção SENAR,263).
- Santos A.L.Q., Malta T.S., Mundim A.V., Alves Júnior J.R.F.;Carvalho S.F.M. 2005. Variação dos constituintes bioquímicos sanguíneos de tartarugas- -da-amazônia

- (*Podocnemis expansa* Schweigger, 1812) (Testudinata) mantidas em criatório comercial. Archs Vet. Sci. 10(3):1-8.
- Thrall, M. A. 2004. Veterinary Hematology and Clinical Chemistry 1. ed. Fort Collins Lippincott Willan e Wikins 582p.
- Teixeira, Z, M. 2018. Etnozoologia, educação ambiental e manejo comunitário de Testudines (Reptilia) na reserva extrativista riozinho da liberdade – ACRE. Dissertação de Mestrado em Ciência Animal/Universidade Federal do Acre, Rio Branco.
- Thrall, M. A. 2004. Veterinary Hematology and Clinical Chemistry 1. ed. Fort Collins Lippincott Willan e Wikins 582p.
- Tesserolli, G. L. 2004. Análise hematológica e bioquímica em cágados pescoço-de-cobra (*Hydromedusa tectifera*) mantidos em cativeiros. Dissertação de Mestrado em Patologia Animal/Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 64p
- Van Dijk, P. P. V. et al. 2014. Turtles of the World, 7th Ed. Annotated checklist of taxonomy, synonymy, distribution with maps, and conservation status. Chelonian Research Monographs,
- Troiano, L.E. et al. 2001. Blood biochemical profile of the South American rattlesnake (*Crotalus durissus terrificus*) in captivity. Journal of Venomous Animals and Toxins, v.7, n.2, p. 15-21p.
- Schneider, L.; Iverson, J. B.; Vogt, R. C. 2012. *Podocnemis unifilis*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles, p. 890.1-890p.

Vogt, R. C.; Fagundes, C. K.; Bataus, Y. S. L.; Balestra, R. A. M. et al. Avaliação do Risco de Extinção de *Hydromedusa maximiliani* (Mikan, 1825) no Brasil. Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira. 2015. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/estado-de-conservacao/7403-repteis-hydromedusa-maximiliani-cagado-da-serra.html>.

CAPÍTULO 3

ARTIGO ORIGINAL COMPLETO

PUBLICADO NO PERIÓDICO ACTA BIOLÓGICA COLOMBIANA

FATOR DE IMPACTO JCR: 0,41 (2021-2022)

VERSÃO EM INGLÊS

ANSELMO, NP, FRANÇA, MFDL, SANTOS, MQDC, PANTOJA-LIMA, J., SILVA, CKPD, ARIDE, PHR, & OLIVEIRA, ATD (2021). Parâmetros hematológicos e bioquímicos do sangue de tartarugas-da-amazônia em cativeiro, *Peltocephalus dumerilianus* (Testudines: Podocnemididae). Acta Biológica Colombiana, 26 (2), 207-213. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v26n2.80616>.

Received: 28th January 2020, Returned for revision: 21st May 2020, **Accepted:** 13th August 2020. Associate Editor: Martha Ramírez Pinilla.

**HEMATOLOGICAL AND BLOOD BIOCHEMISTRY PARAMETERS OF
CAPTIVE BIG-HEADED AMAZON RIVER TURTLES, *Peltocephalus
dumerilianus* (TESTUDINES: PODOCNEMIDIDAE)**

Neiana Pereira Anselmo¹ , Mônica Ferreira De Lima França² , Marcio Quara De
Carvalho Santos¹ , Jackson Pantoja-Lima³ , Cleide Karoline Pereira Da Silva⁴ , Paulo
Henrique Rocha Aride² , Adriano Teixeira De Oliveira^{2*}

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPG-CARP),
Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas, Brazil.

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

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), Campus
Presidente Figueiredo (CPRF), Presidente Figueiredo, Amazonas, Brazil.

⁴Escola Superior Batista do Amazonas (ESBAM), Manaus, Amazonas, Brazil.

***For correspondence:** adriano.oliveira@ifam.edu.br

ABSTRACT

The determination of hematological values is used to obtain knowledge about the health conditions of animal species. The big-headed Amazon River turtles, (*Peltocephalus dumerilianus*) are considered one of the least known testudine species concerning their biology and health status. Herein, we determined the hematological and plasma biochemical parameters of 17 (eight males and nine females) adult *P. dumerilianus* to provide reference interval values for clinically healthy individuals. We collected the blood samples by puncturing the femoral vein using long heparinized hypodermic syringes. Sexual dimorphism for individuals was determined by external observation of the shape of the plastron. The average values obtained for the ten hematological and biochemical parameters analyzed were red blood cell count = 0.32 million μL^{-1} ; hematocrit = 20.6 %; hemoglobin = 8.5 g dL^{-1} ; mean corpuscular volume = 681.6 fL; mean corpuscular hemoglobin = 267.8 pg; mean corpuscular hemoglobin concentration = 41.9 g dL^{-1} ; glucose = 80.6 mg dL^{-1} , total protein = 4.1 g dL^{-1} , triglycerides = 388.9 mg dL^{-1} , and total cholesterol = 79.3 mg dL^{-1} . Despite the sexual dimorphism evidenced for the species, there was no significant statistical difference between males and females for both hematological and biochemical parameters analyzed herein. Based on these results, the population is considered healthy, with parameter values coinciding with previously reported reference ranges for testudines species in the region. The results obtained in this study can be used for assessing the health status of other Amazonian turtle populations, especially in actions aimed at cultivation strategies, management, and species conservation.

Keywords: Amazon, blood, hematology, physiology, reptiles.

RESUMEN

La determinación de valores hematológicos se ha utilizado para conocer las condiciones sanitarias de algunas especies animales. La tortuga cabezona del río Amazonas, *Peltecephalus dumerilianus*, se considera una de las especies testudines menos conocidas en relación a su biología y estado de salud. Aquí, determinamos los parámetros bioquímicos hematológicos y plasmáticos de 17 (ocho machos y nueve hembras) adultos de *P. dumerilianus* con el fin de proporcionar valores de intervalo de referencia sobre los individuos clínicamente sanos. Recolectamos las muestras de sangre perforando la vena femoral con jeringas hipodérmicas largas heparinizadas. El dimorfismo sexual de los individuos se determinó mediante la observación externa de la forma del plastrón. Los valores medios obtenidos para los diez parámetros hematológicos y bioquímicos analizados fueron: recuento de glóbulos rojos = 0,32 millones μL^{-1} ; hematocrito = 20,6 %; hemoglobina = 8,5 g dL^{-1} ; volumen corpuscular medio = 681,6 fL; hemoglobina corpuscular media = 267,8 pg; concentración media de hemoglobina corpuscular = 41,9 g dL^{-1} ; glucosa = 80,6 mg dL^{-1} , proteína total = 4,1 g dL^{-1} , triglicéridos = 388,9 mg dL^{-1} y colesterol total = 79,3 mg dL^{-1} . A pesar del dimorfismo sexual evidente para la especie, no hubo diferencia estadística significativa entre machos y hembras para los parámetros hematológicos y bioquímicos analizados aquí. Con base en estos resultados, la población se considera saludable y los valores de los parámetros coinciden con los rangos de referencia reportados previamente de las especies de testudines en la región. Los resultados obtenidos en este estudio pueden utilizarse en la evaluación del estado de salud de otras poblaciones de tortugas amazónicas, considerando especialmente aquellas acciones dirigidas al manejo, conservación y estrategias de cultivo de la especie.

Palabras clave: amazónica, fisiología, hematología, reptiles, sangre.

INTRODUCTION

The determination of hematology and biochemistry reference values is used to obtain knowledge regarding the health status of wild populations (**Aride *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2016; Nascimento *et al.*, 2020**). According to **Stevenson *et al.* (2005)**, this practice has led to the strengthening of a research field known as conservation physiology. This is an important concept since it aims to understand in detail the mechanisms that cause conservation problems based on the hematological, metabolic, endocrine, and immunological parameters of animals (**Stevenson *et al.*, 2005**).

These evaluations are important to characterize distinctive physiological parameters and determine specific values for different types of disease (**Aguirre and Balazs, 2000; Kakizoe *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2017**). Therefore, this type of clinical study has often been applied to research involving endangered species, such as frequently is the case for the species of sea turtle (**Montilla *et al.*, 2014; Prieto-Torres *et al.*, 2012; 2013**), or even in species that have potential for commercial use (**Stevenson *et al.*, 2005; López-Martínez *et al.*, 2020**). **Maceda-Veiga *et al.* (2015)** affirm that research on blood components contributes to the monitoring of environmental conditions of vertebrate species and can be used in the preservation of animal health and environmental health.

In the Amazon region, the Testudines (Animalia: Vertebrate: Reptilia) have great economic value, since they are commonly exploited for their meat, eggs, paws, and carapace, as well as for use as adornments (**Oliveira *et al.*, 2011; Tavares-Dias *et al.*, 2012**). Due to this scenario, and because they are very easy to capture in the natural

environment, several species have virtually disappeared in some regions. Nevertheless, the Brazilian government has created laws aimed at protecting these species, as well as encouraging their rearing in a captive environment (**Andrade, 2008**). However, currently, few studies assess the physiological state and clinical health of individuals from both natural and captive environments.

The big-headed Amazon River turtle (*Peltocephalus dumerilianus* Schweigger, 1812) is considered to be one of the least known Testudine species regarding its biology and health status. Recent information suggests that big-headed Amazon River turtles are being widely used as a food source in locations where populations of larger species, such as *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) and *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), have become reduced. Because of its economic and social relevance, the conservation status of *P. dumerilianus* has become ever more critical, and it is now classified by the IUCN (2015) as a species that is vulnerable to extinction. Moreover, due to a variety of reasons, baseline health data are not available for many populations throughout the Amazon region. Therefore, it is very important to perform local studies to establish reference values for the conditions of animals and their environment (**Aguirre and Balazs, 2000; Montilla et al., 2006; 2014; Stevenson et al., 2005; Kakizoe et al., 2007; Prieto-Torres et al., 2012; 2013; Lara Resendiz, 2020**).

The aims of this study were as follows: 1) obtain the hematological and blood biochemistry reference values for the *P. dumerilianus* population from the Amazon region; 2) compare the blood chemistry values with data previously reported for Testudines populations; 3) determine hematological and blood biochemistry differences within the population, according to sex and size of the animals.

MATERIALS AND METHODS

SAMPLE SIZE, BLOOD COLLECTION, AND PHYSICAL EXAMINATION

All procedures developed in this study were performed according to the license (number 41350) provided by the Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) and approved by the CEUA (Animal Ethics Committee) at the Universidade Federal do Amazonas (UFAM) under protocol number. 005/2016. From January to March 2018, we collected blood samples from the seventeen adult *P. dumerilianus* (eight male and nine female) from rearing systems located in the municipality of Manaus, Amazonas, Brazil. The animals were kept in a 20 000 liter tank of water and subsequently captured with the aid of a trawl net. All individuals appeared to be clinically healthy and were feeding normally on vegetables and fish. Immediately after capture, animals were disinfected with iodized alcohol to obtain blood samples by puncture of the femoral vein using 25 gauge, long, heparinized hypodermic syringes (5000 IU, SR brand, Brazil) (Oliveira-Júnior *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2011).

After blood collection, some pressure was applied and the affected area was treated to avoid the formation of hematomas (Aguirre *et al.*, 1995). The tubes with the samples were kept on ice in a cooler (for no more than one hour) before being processed at the Laboratory of Animal Morpho-Physiology at the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFAM), Manaus Central Campus (MCC).

We performed a physical examination on each big-headed Amazon River turtle to assess the behavior, movement, body condition, absence of ectoparasites, tumors, and lesions on skin and carapace (**Harris *et al.*, 2011**). The sexual determination was made by external observation of the shape of the end of the plastron. Likewise, for all turtles, the straight carapace length (SCL), straight width of the carapace (SCW), straight length of the plastron (SLP), and straight width of the plastron (SWP) were measured using a flexible measuring tape. Bodyweight (kg) for each individual was obtained using a portable set of scales. Sexual dimorphism for individuals was determined by external observation of the shape of the plastron.

HEMATOLOGICAL PARAMETERS AND BIOCHEMICAL ANALYSIS

Erythrocyte counts (RBC) were conducted in a Neubauer chamber, after dilution of the samples in a formalin-citrate solution (**Oliveira-Júnior *et al.*, 2009**); hematocrit (Ht) was determined using the microhematocrit method; and the hemoglobin (Hb) concentration was obtained using the cyanmethemoglobin method (**Oliveira-Júnior *et al.*, 2009**). Via these data, the following red cell indexes were calculated: mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH), and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) (**Wintrobe, 1934**).

Blood smears were prepared and stained following the recommendations of **Oliveira *et al.* (2011)**. Subsequently, these were used for morphological identification of leukocyte and total thrombocyte counts (**Oliveira-Júnior *et al.*, 2011**), and for leukocyte differential counts, which were based on the counts of 200 leukocyte types of interest.

After blood centrifugation, plasma was obtained to determine glucose (mg dL⁻¹), total protein (g dL⁻¹), triglycerides (mg dL⁻¹), and total cholesterol (mg dL⁻¹) concentrations with the aid of specific commercial kits (Labtest Diagnóstica®, Brazil).

STATISTICAL ANALYSES

Data were expressed as mean, standard deviation (SD), and reference intervals for each hematological and biochemical parameter. To evaluate data normality, we used the Shapiro-Wilk test. Because our sample size was low, reference interval values were only calculated for the whole population. We calculated these values in two ways (**Prieto-Torres *et al.*, 2012;2013**): 1) all values between the mean and two SDs were included for normally distributed variables, and 2) data found between the 2.5th and 97.5th percentiles were selected for variables that were not normally distributed. All analyses were performed using a significance level of 95 % ($p = 0.05$) using R software, v. 3.5.3.

RESULTS

All the big-headed Amazon River turtle individuals were alert and active during capture and were considered clinically healthy upon physical examination (**Thomson *et al.*, 2009; Ferrando Gaibisso, 2010; Harris *et al.*, 2011**). Captured animals were classified as adults based on their morphological measurements. We observed statistically significant differences ($p < 0.05$) among mostly morphological measurements among individuals according to their sex; the males were those with the higher values for SCL, SCW, SLP, and weight (Table 1).

Table 1. Values obtained for morphological variables of big-headed Amazon River turtles (*Peltocephalus dumerilianus* Schweigger, 1812), sampled in a captive breeding system located in the city of Manaus, Amazonas state, Brazil.

Parameters	Male (n= 8)	Female (n= 9)	P
Straight carapace length (cm)	43.0 ± 8.5 (27.0 – 52.0)	33.0 ± 6,3 (23.0 – 42.0)	0.025*
Straight carapace width (cm)	38.7 ± 8.9 (22.0 – 48.0)	30.2 ± 4.9 (22.0 – 37.0)	0.029*
Straight plastron length (cm)	31.0 ± 6.7 (18.0 – 37.0)	23.9 ± 4.4 (17.0 – 30.0)	0.023*
Straight plastron width (cm)	28.9 ± 5.8 (18.0 – 35.0)	24.5 ± 4.2 (18.0 – 31.0)	0.096
Weight (kg)	18.2 ± 8.2 (3.2 – 26.2)	9.2 ± 5.5 (2.4 – 17.8)	0.020*

* denotes a significant difference between males and females: Student's t-test ($p < 0.05$).

Regarding the leukocyte and thrombocyte morphology in *P. dumerilianus*, the staining technique used did not present satisfactory results, making the morphological and quantitative analysis of leukocytes and thrombogram impossible. This difficulty may have been caused by a specific biological agent in the blood of *P. dumerilianus*, demonstrating that the blood extension staining technique used in other species of Amazonian turtles (**Oliveira-Júnior *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2011; Tavares-Dias *et al.*, 2012**) is not effective for all species of testudinids in the Amazon region.

Despite the sexual dimorphism evidenced for the species, there was no significant statistical difference in the hematological parameters analyzed between males and females (Table 2). No statistically significant differences in the results of the erythrogram were found between adult *P. dumerilianus* males and females (Table 3).

Table 2. Hematological and biochemical parameters of the big-headed Amazon River turtles (*Peltocephalus dumerilianus* Schweigger, 1812) compared with *Podocnemis* species. Animals from a captive breeding system located in the city of Manaus (Brazil).

Species	<i>P. dumerilianus</i>		<i>p</i> *	<i>P. erythrocephala</i>		<i>P. expansa</i>	<i>P. expansa</i>	<i>P. unifilis</i>	<i>P. sextuberculata</i>
	Adult male (n= 8)	Adult female (n= 9)		Adult male (n= 68)	Adult female (n= 35)	Adult male and female (n= 28)	Adult male and female (n= 28)	Adult male and female (n= 28)	Adult male and female (n= 28)
<i>Hematological parameters</i>									
Ht (%)	20.6 ± 3.7	20.5 ± 3.6	0.945	21.5 ± 0.4	20.8 ± 0.4	25.1 ± 6.9	21.8 ± 6.6	23.2 ± 4.7	17.6 ± 5.4
Hb (g dL ⁻¹)	7.9 ± 2.4	9.0 ± 2.7	0.384	6.3 ± 1.3	5.7 ± 1.1	6.5 ± 1.21,3	5.1 ± 2.3	7.0 ± 1.6	4.7 ± 1.2
RBC (million μL ⁻¹)	0.34 ± 0.08	0.29 ± 0.05	0.171	0.44 ± 0.08	0.41 ± 0.08	0.28 ± 0.07	0.28 ± 0.08	0.18 ± 0.08	0.16 ± 0.05
MCV (fL)	637.2 ± 71.2	716.2 ± 173.1	0.278	485.5 ± 90.3	477.2 ± 117.8	922.3 ± 150.2	851.4 ± 282.1	1425.1 ± 448.3	1,291.3 ± 652,3
MCH (pg)	247.8 ± 37.1	285.3 ± 69.6	0.226	29.11 ± 3.4	27.6 ± 3.6	26.2 ± 5.4	-	-	-
MCHC (g dL ⁻¹)	39.0 ± 4.9	44.2 ± 12.1	0.306	142.1 ± 26.6	130.5 ± 32.6	-	22.3 ± 5.5	30.1 ± 3.3	27.3 ± 4.2
<i>Biochemical pa-</i>									

<i>rameters</i>									
Glucose (mg dL ⁻¹)	76.4 ± 8.1	83.4 ± 8.0	0.138	116.4	116.4	91.3 ± 17.7	92.7 ± 22.2	149.9 ± 66.5	127.1 ± 42.2
Total proteins (g dL ⁻¹)	3.6 ± 1.2	4.4 ± 2.1	0.471	20.8 ± 3.4	20.8 ± 4.3	3.5 ± 1.3	2.4 ± 0.7	3.8 ± 0.7	1.6 ± 0.3
Triglycerides (mg dL ⁻¹)	379.1 ± 46.5	397.5 ± 31.2	0.377	12.72 ± 3.6	14.5 ± 7.3	35.4 ± 19.7	18.9 ± 7.0	27.8 ± 8.3	37.7 ± 9.9
Total cholesterol (mg dL ⁻¹)	86.7 ± 10.9	73.8 ± 27.6	0.192	32.7 ± 9.1	38.2 ± 12.7	58.1 ± 18.3	38.3 ± 26.5	125.0 ± 55.2	117.3 ± 51.4
Locality	Farm in Manaus, Amazonas, Brazil			Mariuá Archipelago, Middle Rio Negro, Amazonas, Brazil		Farm in Ma- naus, Amazo- nas, Brazil	Abufari Biological Reserve, downstream Purus River, Amazonas, Brazil		
References	Present study			Santos, 2011		Oliveira- Júnior <i>et al.</i> , 2009	Tavares-Dias <i>et al.</i> , 2012		

* Student's t-test.

Table 3. Mean and reference values for hematological and biochemical parameters of healthy big-headed Amazon River turtles (*Peltocephalus dumerilianus* Schweigger, 1812) from a captive breeding system, located in the city of Manaus, Amazonas state, Brazil.

Parameters	Mean \pm standard deviation	Confidence interval 95 %	Median	25° - 75° percentile
<i>Hematological parameters</i>				
Ht (%)	20.6 \pm 3.5	18.7 – 22.4	21.0	18.0 – 23.0
Hb (g dL ⁻¹)	8.5 \pm 2.5	7.2 – 9.8	8.7	7.1 – 10.2
RBC (million μ L ⁻¹)	0.32 \pm 0.07	0.28 – 0.35	0.31	0.26 – 0.37
MCV (fL)	681.6 \pm 140.1	606.9 – 756.3	673.2	557.6 – 733.7
MCH (pg)	267.8 \pm 58.2	235.6 – 300.1	276.4	234.9 – 290.5
MCHC (g dL ⁻¹)	41.9 \pm 9.8	36.7 – 47.1	39.8	34.6 – 47.8
<i>Biochemical parameters</i>				
Glucose (mg dL ⁻¹)	80.6. \pm 8.5	75.9 – 85.3	80.2	72.6 – 86.0
Total protein (g dL ⁻¹)	4.1 \pm 1.7	2.9 – 5.2	4.2	2.0 – 5.4
Triglycerides (mg dL ⁻¹)	388.9 \pm 38.8	367.4 – 410.4	394.4	354.9 – 422.5
Total cholesterol (mg dL ⁻¹)	79.3 \pm 22.3	66.4 – 92.2	78.6	55.3 – 97.4

DISCUSSION

Sexual dimorphism has been previously observed in studies conducted with *P. dumerilianus* individuals in natural environments. Males are generally larger than females (**De La Ossa-V et al., 2011**). The study by **Pritchard and Trebbau (1984)** recorded male specimens with SCL ranging from 37.4 to 42.2 cm, while females showed values between 27.1 and 27.6 cm, both of which are lower than the average values obtained in this study. Similar results to those found in our study were also recorded in studies by **Pezzutti (2003)** and **Iverson and Vogt (2002)**. On the other hand, we observed a maximum body weight of 26.2 kg for males and 17.8 kg for females, which is higher than the weight recorded for wild individuals (15 kg) by **Iverson and Vogt (2002)** and **Pezzutti (2003)**.

Differences observed for the morphological variables among individuals from different populations (including captive populations) may be explained by several factors, such as aquatic environment quality, geographical location, genetic variability, gender, age, and nutritional status (**Oliveira-Júnior et al., 2009**). For the present study, we considered that nutritional status was the most probable factor for such differences regarding previous studies. According to **De La Ossa-V et al. (2011)**, the big-headed turtle is classified as an omnivorous species, and carnivorous and omnivorous individuals tend to have plasma biochemistry values superior to herbivorous species.

The results of the erythrogram (Ht, Hb, RBC, MCV, MCH, and MCHC) help to determine the type of anemia, volume, dehydration, and responses associated with parasite levels in chelonian individuals reared in both natural and cultivated environments (**Marcon et al., 2008**; **Oliveira et al., 2011**; **Oliveira-Junior et al., 2009**; **Morselli et al., 2016**). The study by **Tavares-Dias et al. (2012)** establishes erythrogram values for the Amazonian freshwater turtles *P. expansa*, *P. unifilis* (Troschel, 1848), and *Podocnemis sextuberculata*

(Cornalia, 1849) considering ontogeny, fishing tools, and forced diving. The Ht, RBC, and MCV values for *P. dumerilianus* are similar to the values of captive *P. expansa* individuals (Oliveira-Júnior *et al.*, 2009; Tavares-Dias *et al.*, 2012), which indicates an oxygen uptake similar to the described Testudine species. For Hb, MCH, and MCHC, the values were closer to those related to *P. unifilis*. However, it is noteworthy that these studies did not investigate issues associated with sexual dimorphism. Thus, according to the erythrogram, *P. dumerilianus* has intermediate biological characteristics that fall between *P. expansa*, and *P. unifilis*.

In the biochemical analysis, no statistically significant differences were found between males and females regarding plasma glucose, total protein, triglyceride, and total cholesterol levels, which is similar to the results described for *P. expansa*, *P. unifilis* and *P. sextuberculata* (Tavares-Dias *et al.*, 2012). In the present study, we observed that the glucose values were similar to those described by Oliveira-Júnior *et al.* (2009) and Tavares-Dias *et al.* (2012) for *P. expansa*. These indices indicate normoglycemia in the *P. dumerilianus* when compared to other species sampled from the natural environment (Tavares-Dias *et al.*, 2012). Total protein levels for captive animals are generally lower than those in wild animals (Christopher *et al.*, 2003; Norton, 1990), and this variable is associated with food management. Thus, the total protein levels of *P. dumerilianus* were similar to those described for *P. expansa* (Marcon *et al.*, 2008; Oliveira-Junior *et al.*, 2009; Tavares-Dias *et al.*, 2012), but were lower than those described for *P. unifilis* and *P. sextuberculata* (Tavares-Dias *et al.*, 2012).

For triglyceride and total cholesterol levels, the values found were higher than those described for *P. expansa* (Marcon *et al.*, 2008; Oliveira-Junior *et al.*, 2009; Tavares-Dias *et al.*, 2012). Cholesterol levels were lower than those shown for *P. unifilis* and *P. sextuberculata* (Tavares-Dias *et al.*, 2012). Thus, we can infer that, for the big-headed turtle, there is possibly a case of a lipid metabolism disorder. This can be measured by changes in cholesterol,

which is secreted from the liver as bile acids (Swimmer, 2000). These changes may occur due to the diet provided, which presents high-fat values and promotes an increase in triglycerides and cholesterol. Also, factors such as lack of exercise in confined conditions promote increased blood fat levels.

CONCLUSIONS

Based on the erythrogram data, we can infer that the big-headed turtle is a species with intermediate characteristics that fall between the species *P. expansa* and *P. unifilis*. In plasma biochemistry, glucose and total protein values are similar to *P. expansa*. Total cholesterol and triglyceride levels were high, certainly resulting from inadequate nutrition management, as well as the size of the tanks to promote greater swimming activity for this Amazonian Testudine species.

The application of reference hematological intervals is fundamental for the monitoring of species in both natural and farm environments since they serve as a basis for actions related to the sustainable use of these resources. The hematological parameters for the *P. dumeriliana* determined in the present study can be used in actions aimed at species management, conservation, and captive breeding strategies.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank the Scientific Development and Technological Innovation Support Program (PADCIT) of the Federal Institute of Education, Science, and Tech-

nology of Amazonas (IFAM). A. T. Oliveira is a research fellowship recipient from CNPq/Brazil.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

REFERENCES

Aguirre AA, Balazs GH, Spraker TRC, Gross TS. Adrenal and hematological responses to stress in juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) with and without fibropapillomas. *Physiol Zool.* 1995; 68:831–854.

Aguirre AA, Balazs GH. Blood Biochemistry Values of Green Turtles, *Chelonia Mydas*, With and Without Fibropapillomatosis. *Comp Haematol Int.* 2000; 10:132–137. doi: <https://doi.org/10.1007/s005800070004>

Andrade PCM. Criação e Manejo de Quelônios no Amazonas. Manaus: Provarzea/IBAMA; 2008. 528 p.

Aride PHR, Oliveira AT, Oliveira AM, Ferreira MS, Baptista RB, Santos SM, *et al.* Growth and hematological responses of tambaqui fed different amounts of cassava (*Manihot esculenta*). *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2016; 68(6):1697-1704. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-8704>

- Christopher MM, Berry KH, Henen BT, Nagy KA. Clinical disease and laboratory abnormalities in free-ranging desert tortoises in California (1990-1995). *J Wildl Dis.* 2003; 39(1):35–56. doi: <https://doi.org/10.7589/0090-3558-39.1.35>
- De La Ossa-V J, Vogt RC, Santos-Júnior LB. Alimentación de *Peltocephalus dumerilianus* (Testudines: Podocnemididae) em condiciones naturales. *ActualBiol.* 2011; 33(94): 85-92.
- Ferrando Gaibisso V. Bioquímica sanguínea de la tortuga verde juvenil (*Chelonia mydas*) en Cerro Verde, Rocha, Uruguay (tesis de grado). Uruguay: Universidad de la República; 2010.
- Harris HS, Benson SR, Gilardi KV, Poppenga RH, Work TM, Dutton PH, Mazet JAK. Comparative health assessment of western pacific leatherback turtles (*Dermochelys coriacea*) foraging of the coast of California, 2005–2007. *J Wildl Dis.* 2011; 47(2):321–337. doi: <https://doi.org/10.7589/0090-3558-47.2.321>
- Iverson JB, Vogt RC. *Peltocephalus Duméril* and *Bibron* - Bigheaded Amazon River Turtles. In: Seidel ME. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles*. Lawrence, KS, EEUU: Society for the Study of Amphibians and Reptiles; 2002. p. 744.1-744.4.
- Kakizoe Y, Sakaoka K, Kakizoe F, Yoshii M, Nakamura H, Kanou Y, *et al.* Successive changes of hematologic characteristics and plasma chemistry values of juvenile loggerhead turtles (*Caretta*). *J Zoo Wildl Med.* 2007; 38(1): 77–84. doi: <https://doi.org/10.1638/05-096.1>

Lara-Resendiz RA. ¿Qué implicaciones ecofisiológicas tiene la actividad nocturna en reptiles “diurnos”? Una revisión. *Acta biol. Colomb.* 2020; 25(2):314-326. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v25n2.78511>

López-Martínez G, Rondón-Zabala J, Martínez-Parales E, Moya-Arévalo H, Rodríguez-Fandiño O. Depredación por insectos de nidos y neonatos protegidos de *Podocnemis vogli* (sabanas inundables del Casanare). *Acta Biol Colomb.* 2020; 25(3):354-358. Doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v25n3.80441>

Maceda-Veiga A, Figuerola J, Martínez-Silvestre A, Viscor G, Ferrari N, Pacheco M. Inside the Redbox: Applications of hematology in wildlife monitoring and ecosystem health assessment. *Science of the Total Environment*, 2015; 514:322–332. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.004>

Marcon JL, Silva MG, Batista GS, Farias RS, Monteiro LBB. Fisiología e Bioquímica de quelônios e suas implicações para o manejo e a criação em cativeiro. In: Andrade PCM, editor. *Criação e manejo de quelônios no Amazonas*. Manaus: Ibama, Pro-Várzea; 2008. p. 193-221.

Montilla AJ, Hernández JL, Alvarado MC. Valores hematológicos de la tortuga Verde (*Chelonia mydas*) presente en la Alta Guajira. *Rev Cien. FCV-LUZ.* 2006; 16(3): 219-226.

Montilla AJ, Prieto-Torres D, Hernández JL, Alvarado MC. Estudio hematológico de tortugas marinas *Eretmochelys imbricata* y *Caretta* presentes en la Alta Guajira, Golfo de Venezuela. *Rev Cien. FCV-LUZ.* 2014; 14(4): 363-371.

Morselli MEP, Faria FSEDV, Ribeiro VMF, Viana MNS, Parente AF, Baginski LJ *et al.*

Biometria e parâmetros hematológicos em tartarugas da Amazônia de um criatório comercial de Rio Branco/AC Arq Sujeadores Med Veterinario Zootec.. 2016;68(6):1548-1556. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8945>

Nascimento GB, Amaral LV, Ramos NC, Litaif NR, Ribeiro MWS, Ladislau DS, *et al.*

Parâmetros hematológicos do matrinxã *Brycon amazonicus* (Characidae: Bryconinae) criados em cativeiro na região Amazônica. Braz J Develop. 2020; 6(1):3303-3315. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-238>

Norton TM, Jacobson ER, Sundberg JP. Cutaneous fibropapillomas and renal myxofibroma in a green turtle (*Chelonia mydas*). J Wildl Dis. 1990;26(2): 265–270. doi:

<https://doi.org/10.7589/0090-3558-26.2.265>

Oliveira AT, Araújo MLG, Lemos JRG, Santos MQC, Pantoja-Lima J, Aride PHR, *et al.*

Ecophysiological interactions and water-related physicochemical parameters among freshwater stingrays. Braz J Biol. 2017; 77(3): 616-621. doi: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.01816>

Oliveira AT, Santos MQC, Araujo MLG, Lemos JRG, Sales RSA, Pantoja-Lima J, *et al.*

Hematological parameters of three freshwater stingray species (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the middle Rio Negro, Amazonas state. Biochem Syst Ecol. 2016; 69:33-40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bse.2016.07.002>

Oliveira-Júnior AA, Tavares-Dias M, Marcon JL. Biochemical and hematological refer-

ence ranges for Amazon freshwater turtles, *Podocnemis expansa* (Reptilia: Pelomedusidae), with a morphologic assessment of blood cells. Res Vet Sci. 2009;86(1):146-151. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2008.05.015>

- Oliveira AT, Cruz WR, Pantoja-Lima J, Araujo SB, Araujo MLG, Marcon JL *et al.* Morphological and cytochemical characterization of thrombocytes and leukocytes in hatchlings of three species of Amazonian freshwater turtle. *Vet. Arhiv.* 2011; 81:657-670.
- Pezzutti JCB. *Ecologia e Etnoecología de Quelônios no Parque Nacional do Jaú, Amazonas, Brasil (tesis)*. Brasil: Universidade Estadual de Campinas; 2003. 187 p.
- Prieto-Torres DA, Hernández-Rangel JL, Bravo-Henrique, AR, Alvarado-Árraga MC, Dávila-Ojeda, Quiroz-Sánchez NR. Valores hematológicos de la población anidadora de tortuga verde (*Chelonia mydas*) en el refugio de fauna silvestre Isla de Aves, Venezuela. *Rev Cient FCV-LUZ.* 2012; 12(3): 273–280.
- Prieto-Torres DA, Hernández JL, Bravo Henríquez ARB, Alvarado MC, Dávila MJ. Blood biochemistry of the breeding population of Green Turtles (*Chelonia mydas*) in the Aves Island Wildlife Refuge, Venezuela. *South Am J Herpetol.* 2013; 8(3): 147-154. doi: <https://doi.org/10.2994/SAJH-D-13-00010.1>
- Pritchard PCH, Trebbau P. *Turtles of Venezuela.* Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Oxford. 1984. 403p.
- Santos MQC. *Propriedades do sangue e efeito do mergulho forçado sobre o perfil hematológico de Podocnemis erythrocephala (Spix, 1824) (testudines, podocnemididae) do médio Rio Negro, Amazonas.* Dissertação. Brasil: Universidade Federal do Amazonas. Brasil; 2011. 82 p.
- Stevenson RD, Tuberty SR, deFur PL, Wingfield JC. *Ecophysiology and conservation: The contribution of endocrinology and immunology.* *Integer. Comp. Biol.* 2005; 45(1): 1-3. doi: <https://doi.org/10.1093/icb/45.1.1>

Swimmer JY. Biochemical responses to fibropapilloma and captivity in the green turtle.

J Wildl Dis. 2000; 36(1):102–110. DOI: <https://doi.org/10.7589/0090-3558-36.1.102>

Tavares-Dias M, Silva MG, Oliveira AT, Oliveira-Junior AA, Marcon JL. Propriedades do sangue de três espécies de quelônios do gênero *Podocnemis* de vida livre na Reserva Biológica do Abufari, baixo Rio Purus, Amazonas, Brasil. In: Silva-Souza AT, Lizama MAP, Takemoto RM, editors. Patologia e sanidade de organismos aquáticos. 1ed.Maringá. Paraná: Massoni; 2012. p 195-220.

Thomson JA, Burkholder D, Heithaus MR, Dill LM. Validation of a rapid visual-assessment technique for categorizing the body condition of green turtles (*Chelonia mydas*) in the Field. Copeia. 2009; 2:251–255. DOI: <https://doi.org/10.1643/CE-07-227>

Wintrobe MM. Variations in the size and hemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. Folia Haematol. 1934; 51: 32-49.

CONCLUSÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO

Considerando os dados hematológicos e bioquímicos das espécies apresentadas neste estudo, ressalta-se que, ainda que os quelônios de água doce analisados se mostrem robustos, o manejo tem grande influência na saúde destes. Fatores endógenos e exógenos influenciam diretamente na hematologia e bioquímica sérica, o que pode resultar em baixa imunidade ou refletir em outros aspectos do bem-estar animal.

Os dados apresentados pela literatura no capítulo 1 mostram que os valores para as espécies podem ser diferentes e que sofrem influência do local de criação dos quelônios. Quelônios oriundos de queloniculturas estão mais propensos a entraves sanitários em função do manejo pela ação humana.

O capítulo 2 possibilita observar o comportamento dos valores hematológicos e bioquímicos dos quelônios em consorcio com peixes. Nesta pesquisa, os valores de triglicérides e colesterol bem como as variáveis químicas da água oxigênio dissolvido, amônia e nitrito estiveram acima dos valores estabelecidos pela literatura. O fato pode ser resultado da má qualidade do manejo, e pode ter refletido nos níveis de glicose, que indicaram estresse nos animais.

No capítulo 3, características sanguíneas da tartaruga cabeçuda são apresentadas. Este quelônio, pode ser posicionado, considerando os dados do sangue, de forma intermediária entre tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*) e o tracajá (*Podocnemis unifilis*). O fato dos valores de triglicérides e colesterol estarem elevados foi associado ao manejo nutricional inadequado, como também, a estrutura física onde os animais estavam em criação.

Todos os dados apresentados nesta dissertação podem ser utilizados em ações voltadas para o manejo, estratégia de vida e reprodução das espécies, bem como servir de base para mais estudos.