



UFAM

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
E RECURSOS PESQUEIROS



PPGCARP
Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal e Recursos Pesqueiros

ALIMENTAÇÃO E DIGESTIBILIDADE EM FILHOTES DE IRAPUCA (*Podocnemis erythrocephala* Spix, 1824)

LUANA MALHEIROS FERREIRA

Manaus - Amazonas

Julho, 2026

LUANA MALHEIROS FERREIRA

ALIMENTAÇÃO E DIGESTIBILIDADE EM FILHOTES DE IRAPUCA (*Podocnemis erythrocephala* Spix, 1824)

Orientador: Dr. Paulo César Machado Andrade

Coorientadora: Dra. Vanessa Souza Altino

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas como requisito final para obtenção do grau de Doutor em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, área de concentração Uso Sustentável de Recursos Pesqueiros.

Manaus - Amazonas

Julho, 2026

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

-
- F383a Ferreira, Luana Malheiros
Alimentação e digestibilidade em filhotes de irapuça (*Podocnemis erythrocephala* Spix, 1824) / Luana Malheiros Ferreira. - 2026.
172 f. : il., color. ; 31 cm.
- Orientador(a): Paulo César Machado Andrade.
Coorientador(a): Vanessa Souza Altino.
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, Manaus, 2026.
1. Quelonicultura. 2. Desempenho zootécnico. 3. Fisiologia digestiva. 4. Conservação ex situ. 5. Nutrição de quelônios. I. Andrade, Paulo César Machado. II. Altino, Vanessa Souza. III. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros. IV. Título
-



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
PPG em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros



DEFESA PÚBLICA DE TESE DE DOUTORADO

Aluna: Luana Malheiros Ferreira

Nível: () Mestrado (X) Doutorado

Área de Concentração: Uso Sustentável de Recursos Pesqueiros

Orientador: Dr. Paulo Cesar Machado Andrade

Título: Alimentação e digestibilidade em filhotes de irapuca (*Podocnemis erythrocephala* Spix, 1824)

BANCA EXAMINADORA

Titulares	Parecer	Assinatura
Dr. Paulo Cesar Machado Andrade – Presidente Universidade do Federal do Amazonas	(X) Aprovação () Reprovação	
Dra. Aldeniza Cardoso de Lima – Membro Universidade do Federal do Amazonas	(X) Aprovação () Reprovação	Documento assinado digitalmente gov.br ALDENIZA CARDOSO DE LIMA Data: 30/06/2026 11:27:01-0300 Verifique em https://validar.itl.gov.br
Dra. Driely Kathriny Monteiro dos Santos – Membro Universidade do Federal do Amazonas	(X) Aprovação () Reprovação	Documento assinado digitalmente gov.br DRIELY KATHRINY MONTEIRO DOS SANTOS Data: 29/06/2026 17:01:53-0300 Verifique em https://validar.itl.gov.br
Dr. Doutor Paulo Henrique Guimarães de Oliveira – Membro Universidade Federal do Amazonas	(X) Aprovação () Reprovação	Documento assinado digitalmente gov.br PAULO HENRIQUE GUIMARAES DE OLIVEIRA Data: 29/06/2026 22:06:44-0300 Verifique em https://validar.itl.gov.br
Dra. Gelcirene de Albuquerque Costa – Membro Universidade Federal Rural de Pernambuco	(X) Aprovação () Reprovação	Documento assinado digitalmente gov.br GELCIRENE DE ALBUQUERQUE COSTA Data: 29/06/2026 14:14:34-0300 Verifique em https://validar.itl.gov.br

Manaus (AM), 29 de junho de 2026.

Resultado Final: (X) Aprovação
() Reprovação



Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros
Bloco Pós-Graduação ICB/FCA, Setor Sul do Campus da Universidade Federal do Amazonas
Av. Gal. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, nº 6200, Bairro Coroado I
CEP 69077-000, Manaus, Amazonas, Brasil
Contato: ppgcarp@ufam.edu.br (Coordenação) / ppgcarpsecretaria@ufam.edu.br (Secretaria)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder força, sabedoria e resiliência para superar os desafios desta caminhada e permitir que eu chegasse até aqui.

Aos meus avós, Maria Rodrigues e Raimundo Malheiros (*in memoriam*), pelos ensinamentos, pelo acolhimento nos momentos mais difíceis e pelo exemplo de honestidade, dignidade e perseverança que sempre levarei comigo.

Aos meus pais, Geraldo Ferreira e Yolanda Malheiros, por toda dedicação, amor e renúncia ao longo da minha vida. Obrigada por nunca medirem esforços para me apoiar, especialmente nos momentos em que precisei de ajuda para cuidar do meu filho e continuar meus estudos.

Ao meu filho, razão maior da minha existência e força motriz da minha alma. Tudo isso é por você.

À minha irmã, Loyane Malheiros Ferreira, pelo apoio incondicional, carinho e presença constante nos momentos mais difíceis da minha vida.

À minha sobrinha Camile Segadilha, pela leveza, doçura e alegria que traz à nossa família.

Aos meus tios e tias, por serem presença constante em minha vida e por sempre me proporcionarem acolhimento, pertencimento e afeto.

Aos meus primos por toda ajuda e apoio nos momentos em que mais precisei.

Ao professor Paulo Cesar Machado Andrade, por ter proporcionado uma oportunidade transformadora em minha trajetória profissional, iniciada ainda em 2005, quando fui voluntária no Programa Pé-de-pincha, e fortalecida ao longo dos anos até o doutorado, ao aceitar me orientar. Agradeço pelos ensinamentos, pela confiança, pelas correções, pela persistência e pela paciência durante toda esta caminhada.

À professora Vanessa Souza Altino, por abrir as portas deste estudo e por compartilhar generosamente sua experiência, ensinando detalhes fundamentais do experimento que muitas vezes não estão descritos em livros ou teses.

À professora Driely Monteiro, pela generosidade em compartilhar seus conhecimentos e experiência durante as análises de óxido de cromo. Agradeço especialmente pela orientação nos cálculos de digestibilidade e pelo apoio essencial ao desenvolvimento desta etapa da pesquisa.

Aos comunitários de Daracué, pelo compromisso com o manejo e a conservação dos quelônios amazônicos, e por terem cedido os filhotes de irapuca utilizados neste estudo, contribuindo diretamente para o desenvolvimento desta pesquisa.

À Andrya Carvalho, pela dedicação, sensibilidade e capacidade de diálogo com os comunitários, fundamentais para o transporte dos filhotes ao laboratório. Sem sua contribuição, este trabalho não teria sido possível.

À Emilly Silva, pela resiliência, dedicação e companheirismo ao longo de 28 meses de condução experimental e manejo dos animais. Obrigada por transformar momentos difíceis em superação.

À Letícia Costa, Lorena Gomes, Jeniffer Batista e Maria Eduarda pelo apoio e colaboração durante a realização dos experimentos.

À Midian Salgado, pela dedicação, responsabilidade e paciência na condução das análises bromatológicas, além da amizade e apoio nos momentos difíceis.

Ao professor Jesaías da Costa, pela importante contribuição desde a elaboração do projeto, ao disponibilizar o protocolo de análise de óxido de cromo e pelo apoio durante o doutorado, especialmente ao proporcionar contatos e conhecimentos fundamentais para a formulação das rações e realização das análises deste estudo.

Ao Rodolfo Moura, pela constante disposição em ajudar nas atividades da UFAM e pelo apoio na secagem das amostras.

Ao professor José Nhamuns, ao Alexandre Augusto Barai e Armando Gomes, pela ajuda na elaboração das rações experimentais.

À Rúbia Machado, ao professor Wallice Duncan e ao professor Eurides Francisco Teixeira Junior, pelo apoio na obtenção dos equipamentos e reagentes necessários para realização das análises de óxido de cromo.

Aos meus queridos colegas e amigos do Laboratório de Animais Silvestres, Tayane Lopes, Leonardo Moraes de Souza, Ramon Melo, Aline Kelly Lima, Gilberto Viana, Antônio Carlos Jesus, Eleyson Barboza, João Alfredo Duarte, Sandra Helena, Aldeniza Lima, Paulo Torres, Kariella Lopes, Marcele Cascaes e Kamila Nascimento, por terem me acolhido com carinho e tornado o ambiente de trabalho semelhante a uma família.

Aos meus amigos Franciele Sarmento, Francielli Campagnolli, Cleo Ohana, Caroliny Lopes, Daniele Colares, Missilene Ferreira, Hellen Paredio, Hamyla Trindade, Luiza Pedroza,

Tarciana Viana, Gelcirene Costa, Sheila Costa, André Froz, Janderson Garcês, Renato Valadares e Filipe Daniele, por serem presença leve e acolhedora durante o doutorado, compartilhando comigo angústias, desafios e incentivando-me a continuar.

À Dra. Alessandra Pereira e a toda a sua equipe, minha profunda gratidão pelo acolhimento, cuidado e apoio ao longo desta trajetória, ajudando-me a enfrentar os desafios da vida de forma mais leve e saudável.

Ao meu amigo Samoel Monteiro (*in memoriam*), que esteve presente desde o momento em que ousei sonhar em me tornar doutora, acompanhando-me nos momentos mais difíceis desta caminhada.

Ao Programa Pé-de-Pincha, pela oportunidade tão esperada e por todas as experiências proporcionadas ao longo desta trajetória.

A todos os comunitários que cruzaram meu caminho durante essa caminhada, enriquecendo minha formação humana e profissional, fortalecendo, ainda, a luta pela conservação e manejo sustentável dos quelônios amazônicos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPGCARP), aos docentes, discentes e à coordenação, pelo apoio e contribuição para realização deste trabalho.

E, por fim, à minha amada cadela Negona, meu carinho e gratidão por compartilhar comigo longas horas de análise de dados, escrita e noites de trabalho, tornando essa caminhada mais leve. Obrigada por representar todos os cães que passaram pela minha vida — Fofinha, Rebeca, Selena, Rex, Tobe, Tiffany e também aqueles que resgatei e encaminhei para adoção — pelas horas mais felizes, pela companhia silenciosa, pelo afeto incondicional, especialmente nos dias de maior desafio, e por celebrarem comigo cada momento de conquista.

RESUMO

A irapuca (*Podocnemis erythrocephala*) é um quelônio amazônico associado principalmente aos ambientes de águas pretas da bacia do rio Negro, cuja conservação e manejo em cativeiro são limitados pela escassez de informações sobre suas exigências nutricionais e fisiologia digestiva. Esta tese avaliou aspectos do conhecimento científico, nutrição, crescimento e aproveitamento alimentar da espécie, integrando análise bibliométrica e ensaios experimentais com filhotes e juvenis mantidos em cativeiro. Foram avaliados diferentes níveis de proteína bruta e energia na dieta, o tempo de trânsito gastrointestinal e a digestibilidade aparente do milho e do farelo de soja. O levantamento bibliométrico evidenciou produção científica limitada e lacunas relacionadas à nutrição e ao manejo da espécie. Os níveis de proteína influenciaram o crescimento, com melhor desempenho em concentrações intermediárias, enquanto os níveis de energia bruta entre 3,200 e 3,900 kcal/kg não promoveram diferenças significativas no desempenho dos juvenis. O trânsito gastrointestinal foi prolongado, com completa marcação das fezes entre 18,25 e 19,75 dias e todas as unidades experimentais atingindo a máxima coloração até o 22º dia. Milho e farelo de soja apresentaram elevados coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e proteína bruta, superiores a 96%, evidenciando elevado aproveitamento nutricional. Os resultados ampliam o conhecimento sobre a nutrição e fisiologia digestiva de *P. erythrocephala* e fornecem parâmetros para formulação de dietas, manejo alimentar, manutenção em cativeiro e conservação da espécie.

Palavras-chave: Quelonicultura; Desempenho zootécnico; Fisiologia digestiva; Conservação *ex situ*; Nutrição de quelônios

ABSTRACT

The red-headed Amazon river turtle (*Podocnemis erythrocephala*) is an Amazonian freshwater turtle primarily associated with blackwater environments of the Rio Negro basin, whose conservation and captive management are limited by scarce information on its nutritional requirements and digestive physiology. This thesis evaluated scientific knowledge, nutrition, growth, and feed utilization in the species by integrating a bibliometric analysis with experimental trials using hatchlings and juveniles maintained in captivity. Different dietary crude protein and energy levels, gastrointestinal transit time, and apparent digestibility of corn and soybean meal were evaluated. The bibliometric analysis revealed limited scientific production and knowledge gaps related to the nutrition and management of the species. Dietary protein levels affected growth, with better performance at intermediate concentrations, whereas gross energy levels ranging from 3,200 to 3,900 kcal/kg did not significantly affect juvenile performance. Gastrointestinal transit was prolonged, with complete fecal marking occurring between 18.25 and 19.75 days and all experimental units reaching maximum fecal coloration by day 22. Corn and soybean meal showed high apparent digestibility coefficients for dry matter and crude protein, exceeding 96%, indicating high nutrient utilization. Overall, these findings expand current knowledge of the nutrition and digestive physiology of *P. erythrocephala* and provide species-specific parameters that may support diet formulation, feeding management, captive maintenance, and conservation strategies for this Amazonian freshwater turtle.

Keywords: Turtle farming; Zootechnical performance; Digestive physiology; *Ex situ* conservation; Turtle nutrition.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Exemplares de filhotes de *Podocnemis erythrocephala* 24
- Figura 2.** Tipos de documentos das publicações incluídas na revisão bibliográfica. Os valores correspondem às porcentagens do número total de estudos analisados (N = 79); os rótulos indicam a frequência relativa de cada tipo de documento. 56
- Figura 3.** Evolução temporal das publicações científicas sobre *Podocnemis erythrocephala* entre 1974 e 2026. Os números acima das barras representam o número absoluto de publicações em cada ano..... 57
- Figura 4.** Autores mais produtivos nas publicações sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações por autor; os rótulos indicam a frequência absoluta. Foram apresentados apenas autores com duas ou mais publicações ($N \geq 2$). 59
- Figura 5.** Temas de pesquisa das publicações sobre *Podocnemis erythrocephala*, distribuídos por tipo de documento. As barras empilhadas representam o número de publicações em cada tema, e as cores indicam os diferentes tipos de documento. 60
- Figura 6.** Espécies abordadas nas publicações incluídas na revisão bibliográfica sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações associadas a cada espécie. 61
- Figura 7.** Países onde foram realizados os estudos incluídos na revisão bibliográfica sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações associadas a cada país. 62
- Figura 8.** Distribuição geográfica das publicações sobre *Podocnemis erythrocephala* e táxons associados, segundo o país de realização dos estudos. A escala de tons de cinza indica o número de publicações por país, sendo os tons mais escuros correspondentes às maiores frequências. ... 63
- Figura 9.** Principais localidades e bacias hidrográficas onde foram realizados os estudos sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações associadas a cada localidade ou bacia..... 64
- Figura 10.** Principais fontes de publicação dos estudos sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações associadas a cada fonte. 65
- Figura 11.** Principais instituições acadêmicas responsáveis pela produção de teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de trabalhos acadêmicos vinculados a cada instituição..... 67
- Figura 12.** Principais congressos, simpósios e eventos científicos que publicaram estudos sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações associadas a cada evento científico..... 68

- Figura 13.** Distribuição da frequência de citações das publicações científicas sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações em cada intervalo de citações, enquanto a linha indica o percentual acumulado das publicações. 70
- Figura 14.** Temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B) registradas às 08h00 durante o período experimental no sistema de criação de filhotes de *Podocnemis erythrocephala*. 87
- Figura 15.** Temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B) registradas às 12h00 durante o período experimental no sistema de criação de filhotes de *Podocnemis erythrocephala*. 88
- Figura 16.** pH da água (A) e concentração de amônia total (B) na água de criação de filhotes de *Podocnemis erythrocephala* submetidos a dietas com diferentes níveis de proteína bruta. 90
- Figura 17.** Comprimento retilíneo final da carapaça (A), peso final (B) e taxa de crescimento específico (C) de filhotes de *Podocnemis erythrocephala* em função dos níveis de proteína bruta das dietas. Os pontos representam os valores observados e as linhas, os modelos de regressão quadrática ajustados. PB = proteína bruta. 96
- Figura 18.** Modelos de regressão quadrática para biomassa final (A), ganho de biomassa (B), consumo de ração (C) e conversão alimentar aparente (D) de filhotes de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta em cativeiro. PB = proteína bruta. 97
- Figura 19.** Modelos de regressão polinomial da relação entre a idade e o comprimento retilíneo da carapaça de filhotes de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta. 99
- Figura 20.** Modelos de regressão polinomial da relação entre a idade e o peso corporal de filhotes de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta. 100
- Figura 21.** Modelos de regressão quadrática para o comprimento retilíneo final da carapaça (A), peso final (B) e taxa de crescimento específico (C) de juvenis de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia bruta. 119
- Figura 22.** Modelos de regressão quadrática para ganho de biomassa (A), consumo de ração (B) e conversão alimentar aparente (C) de juvenis de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia bruta. 120
- Figura 23.** Modelos de regressão polinomial quadrática para o comprimento retilíneo da carapaça (A) e o peso corporal (B) de juvenis de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia bruta ao longo do período experimental. Os símbolos representam os valores médios observados em cada idade, e as linhas representam os modelos de regressão quadrática ajustados para cada tratamento. 121
- Figura 24.** Caixa experimental para coleta de fezes de irapuca (*Podocnemis erythrocephala*) com rampa de madeira e tela de proteção. 129

- Figura 25.** Disposição das caixas experimentais para coleta de fezes de irapuça (*Podocnemis erythrocephala*).....129
- Figura 26.** Caixas de alimentação de um experimento com irapuça (*Podocnemis erythrocephala*) 130
- Figura 27.** Elaboração de ração para experimento com irapuça (*Podocnemis erythrocephala*). A) pesagem; B) homogeneização, C) hidratação e D) peletização 132
- Figura 28.** Variação mensal da temperatura ambiente média (A) e da umidade relativa média do ar (B), registradas às 07h, 12h e 18h durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de *Podocnemis erythrocephala*. 134
- Figura 29.** Temperatura média da água (°C) nos diferentes horários de avaliação durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de *Podocnemis erythrocephala* alimentadas com dieta referência (DR), dieta com milho (DM) e dieta com farelo de soja (DS).....137
- Figura 30.** Curvas de regressão quadrática das notas de coloração fecal em função dos dias de observação durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de juvenis de *Podocnemis erythrocephala* submetidos aos tratamentos: Dieta referência (DR), dieta com milho (DM) e dieta com farelo de soja (DS).....138
- Figura 31.** Temperatura ambiente média (A) e umidade relativa média do ar (B) registradas às 07h00, 12h00 e 18h00 durante ensaio de digestibilidade aparente de *Podocnemis erythrocephala*. 155
- Figura 32.** Temperatura média da água ($\pm$ erro padrão) nos diferentes horários de monitoramento (07h00, 12h00 e 18h00) durante o ensaio de digestibilidade aparente de *Podocnemis erythrocephala* alimentadas com dieta referência (DR), dieta com milho (DM) e dieta com farelo de soja (DS). 159

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número médio de ovos e período de incubação de <i>Podocnemis erythrocephala</i> em diferentes localidades da Amazônia.....	26
Tabela 2. Publicação pioneira, publicação mais citada e publicação mais recente referentes a <i>Podocnemis erythrocephala</i>	71
Tabela 3. As 10 publicações mais citadas sobre <i>Podocnemis erythrocephala</i>	73
Tabela 4. Formulação e composição centesimal de dietas experimentais com diferentes níveis de proteína bruta para filhotes de irapuca (<i>Podocnemis erythrocephala</i>) criados em cativeiro, Amazonas, Brasil.	83
Tabela 5. Média $\pm$ desvio padrão das variáveis de qualidade da água durante 307 dias de cultivo de filhotes de irapuca (<i>Podocnemis erythrocephala</i>) em cativeiro, Amazonas, Brasil	89
Tabela 6. Variáveis biométricas e peso de filhotes de irapuca (<i>Podocnemis erythrocephala</i>) alimentados com dietas com diferentes níveis de proteína bruta em criação em cativeiro, Amazonas, Brasil.	92
Tabela 7. Média $\pm$ desvio padrão dos parâmetros ou índices produtivos de filhotes de irapuca (<i>Podocnemis erythrocephala</i>) criados em cativeiro e alimentados com dieta com diferentes níveis de proteína bruta.	94
Tabela 8. Formulação e composição centesimal das dietas experimentais com diferentes níveis de energia para juvenis de irapuca (<i>Podocnemis erythrocephala</i>)	112
Tabela 9. Valores médios e desvios-padrão da temperatura da água durante o período experimental.	114
Tabela 10. Características de crescimento da irapuca (<i>Podocnemis erythrocephala</i>) alimentada com dietas contendo diferentes níveis de energia bruta.	117
Tabela 11. Variáveis de desempenho zootécnico e consumo de juvenis de <i>Podocnemis erythrocephala</i> alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia bruta.	118
Tabela 12. Composição percentual das dietas experimentais.....	131
Tabela 13. Temperatura e umidade relativa do ambiente durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de <i>Podocnemis erythrocephala</i> (média $\pm$ desvio padrão).....	135
Tabela 14. Temperatura da água durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de <i>Podocnemis erythrocephala</i> (média $\pm$ desvio padrão).....	137
Tabela 15. Dia inicial de saída das fezes e dia em que as fezes obtiveram nota 1 durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de <i>Podocnemis erythrocephala</i>	139

Tabela 16. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais durante o ensaio de digestibilidade aparente de <i>Podocnemis erythrocephala</i>	149
Tabela 17. Composição percentual das dietas experimentais utilizadas durante o ensaio de digestibilidade aparente de <i>Podocnemis erythrocephala</i>	150
Tabela 18. Composição bromatológica das dietas experimentais (% matéria seca) utilizadas durante o ensaio de digestibilidade aparente de <i>Podocnemis erythrocephala</i>	151
Tabela 19. Temperatura e umidade relativa do ambiente durante ensaio de digestibilidade aparente de irapuca (<i>Podocnemis erythrocephala</i>) (média $\pm$ desvio padrão).	157
Tabela 20. Temperatura da água durante o ensaio de digestibilidade aparente de irapuca (<i>Podocnemis erythrocephala</i>) (média $\pm$ desvio padrão).	160
Tabela 21. Coeficientes de digestibilidade aparente (média $\pm$ desvio padrão) da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo das dietas experimentais de irapuca (<i>Podocnemis erythrocephala</i>).	160
Tabela 22. Coeficientes de digestibilidade aparente (média $\pm$ desvio padrão) da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo dos ingredientes das dietas experimentais de irapuca (<i>Podocnemis erythrocephala</i>).....	162

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS.....	xiii
SUMÁRIO	xv
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E REVISÃO DE LITERATURA	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. Objetivo Geral	7
2.2. Objetivos Específicos	7
3. REVISÃO DE LITERATURA	8
3.1. Quelônios.....	8
3.2. Quelônios da Amazônia	9
3.2.1. Diversidade.....	9
3.2.2. Importância histórica, socioeconômica e cultural.....	9
3.2.3. Ameaças e conservação	11
3.2.4. Manejo comunitário.....	14
3.2.5. Cultivo	17
3.2.6. Alimentação e Nutrição	20
3.3. A espécie <i>Podocnemis erythrocephala</i>	23
3.4. Proteína na dieta.....	27
3.5. Energia e relação energia: proteína	28
3.6. Conceitos de digestibilidade aparente.....	31
3.7. Digestibilidade em quelônios aquáticos	33
4. REFERÊNCIAS	35
CAPÍTULO II - A produção do conhecimento científico sobre a irapuca (<i>Podocnemis erythrocephala</i>): uma abordagem bibliométrica para a conservação	53

5. MATERIAL E MÉTODOS	53
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
7. CONCLUSÃO	77
8. REFERÊNCIAS	78
CAPÍTULO III - Níveis de proteína na dieta de filhotes de irapuca (<i>Podocnemis erythrocephala</i>) em cativeiro	
	82
9. MATERIAL E MÉTODOS	82
9.1. Informações locais e éticas.....	82
9.2. Animais e métodos de criação	82
9.3. Alimentação e dietas	83
9.4. Medidas biométricas e desempenho zootécnico.....	84
9.5. Desenho experimental e análise estatística	85
10. RESULTADOS.....	86
10.1. Temperatura e umidade relativa ambiente	86
10.2. Qualidade da água	89
10.3. Medidas biométricas e desempenho zootécnico	91
11. DISCUSSÃO.....	101
12. CONCLUSÃO	105
13. REFERÊNCIAS	106
CAPÍTULO IV - Níveis de energia na dieta de juvenis de <i>Podocnemis erythrocephala</i>	
	110
14. MATERIAL E MÉTODOS	111
15. RESULTADOS E DISCUSSÃO	114
16. CONCLUSÃO	124
17. REFERÊNCIAS	125
CAPÍTULO V - Tempo de trânsito gastrointestinal de dietas em <i>Podocnemis erythrocephala</i>	
	128

18. MATERIAL E MÉTODOS	128
18.1. Informações locais e éticas.....	128
18.2. Animais e instalações	128
18.3. Dietas.....	130
18.4. Procedimentos experimentais.....	132
18.5. Análises estatísticas.....	133
19. RESULTADOS.....	134
19.1. Temperatura e umidade relativa ambiente	134
19.2. Temperatura da água	136
19.3. Tempo de trânsito gastrointestinal.....	138
20. DISCUSSÃO.....	140
20.1. Temperatura e umidade relativa ambiente	140
20.2. Temperatura da água	141
20.3. Tempo de trânsito gastrointestinal.....	142
21. CONCLUSÃO	145
22. REFERÊNCIAS	146
CAPÍTULO VI – Digestibilidade do milho e do farelo de soja em dietas para	
<i>Podocnemis erythrocephala</i>	148
23. MATERIAL E MÉTODOS	148
23.1. Informações locais e éticas.....	148
23.2. Animais experimentais e instalações	148
23.3. Elaboração das dietas experimentais	148
23.4. Período pré-experimental e manejo alimentar	151
23.5. Coleta de fezes.....	151
23.6. Análises bromatológicas e determinação do óxido de cromo	152
23.7. Determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente.....	153
23.8. Análises estatísticas.....	154
24. RESULTADOS.....	155
24.1. Temperatura ambiente e umidade relativa do ar.....	155

24.2. Temperatura da água	159
24.3. Coeficiente de digestibilidade aparente das dietas.....	160
24.4. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos ingredientes	161
25. DISCUSSÃO.....	163
26. CONCLUSÃO	166
27. REFERÊNCIAS	167
28. CONSIDERAÇÕES FINAIS	170

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E REVISÃO DE LITERATURA

1. INTRODUÇÃO

Os quelônios pertencem à ordem Testudines (Classe Reptilia) e são caracterizados pela presença de uma carapaça óssea que protege o corpo e representa uma das principais adaptações responsáveis pelo sucesso evolutivo do grupo em ambientes terrestres, marinhos e dulcícolas (Stanford *et al.*, 2020). Sua história evolutiva remonta ao período Triássico, há aproximadamente 220 milhões de anos, tornando-os um dos grupos de vertebrados mais antigos ainda existentes. Além de sua relevância ecológica, os quelônios mantêm estreita relação com as sociedades humanas há pelo menos 400.000 anos, sendo utilizados como fonte de alimento, matéria-prima e elementos culturais em diferentes regiões do mundo (Lyson *et al.*, 2016).

Apesar de sua longa trajetória evolutiva e ampla distribuição geográfica, os quelônios apresentam características biológicas que os tornam particularmente vulneráveis às pressões ambientais e antrópicas. Aspectos como crescimento lento, maturidade sexual tardia, elevada longevidade e baixas taxas reprodutivas reduzem a capacidade de recuperação das populações diante de impactos como perda de habitat, exploração excessiva, poluição e mudanças climáticas (Gibbons, 1987; Rhodin *et al.*, 2018; Thomson, 2021). Em consequência, esse grupo encontra-se entre os vertebrados mais ameaçados do planeta, demandando ações voltadas à ampliação do conhecimento científico e à proteção de suas populações naturais (Brito *et al.*, 2025).

Na Amazônia, os quelônios da família Podocnemididae destacam-se por sua relevância ecológica, cultural e socioeconômica, sendo amplamente utilizados por populações tradicionais como fonte de alimento e subsistência (Ferrara *et al.*, 2017). No Brasil, essa família é representada por cinco espécies de ocorrência amazônica: *Podocnemis expansa* (tartaruga-da-amazônia), *Podocnemis sextuberculata* (iaçá), *Podocnemis unifilis* (tracajá), *Podocnemis erythrocephala* (irapuça) e *Peltocephalus dumerilianus* (cabeçudo) (Ferrara *et al.*, 2017). Além de desempenharem funções importantes na dinâmica dos ecossistemas aquáticos, essas espécies apresentam diferentes graus de vulnerabilidade frente às pressões antrópicas, incluindo exploração excessiva, degradação de habitats e alterações ambientais, o que reforça a necessidade de iniciativas que conciliem uso sustentável, conservação da biodiversidade e desenvolvimento das comunidades que dependem desses recursos (Brito *et al.*, 2025).

Entre as espécies da família Podocnemididae, destaca-se *P. erythrocephala*, conhecida popularmente como irapuca, um quelônio amazônico de água doce pertencente à subordem Pleurodira (Turtle Taxonomy Working Group, 2021). A espécie ocorre na Amazônia brasileira, colombiana e venezuelana (Rueda-Almonacid *et al.*, 2007), estando associada principalmente a rios e igarapés de águas pretas (Mittermeier e Wilson, 1974), embora também seja registrada em ambientes de águas claras (Vogt *et al.*, 1991; Iverson, 1992) e em afluentes de águas pretas conectados a rios de águas brancas (Ferrara *et al.*, 2017; IBAMA, 2019). Apresenta dieta predominantemente herbívora (Vogt, 2008) e desempenha importante papel ecológico nos ambientes em que ocorre, contribuindo para processos como dispersão de sementes e ciclagem de nutrientes (Ferrara *et al.*, 2017). A espécie distingue-se pelo focinho e manchas avermelhadas características (Mittermeier e Wilson, 1974; Brito *et al.*, 2025) e pelo pequeno porte corporal, sendo considerada a menor representante do gênero *Podocnemis*, não ultrapassando aproximadamente 3 kg de peso e 32,2 cm de comprimento de carapaça (Smith, 1979; Vogt *et al.*, 1991; Ferrara *et al.*, 2017). Sua reprodução caracteriza-se por posturas contendo de 3 a 17 ovos (Andrade *et al.*, 2001; Vogt, 2008; Ferrara *et al.*, 2017).

A irapuca é considerada uma das espécies de quelônios mais importantes da bacia do rio Negro, tanto por sua relevância ecológica quanto por sua utilização como recurso alimentar pelas populações locais (Pezzuti *et al.*, 2010). Entretanto, a espécie sofre pressões decorrentes da captura de indivíduos adultos, coleta de ovos e comércio ilegal para o mercado de animais de estimação, especialmente destinado ao mercado internacional (Mittermeier *et al.*, 2015; Luiselli *et al.*, 2016). Em função dessas ameaças, foi classificada como “Vulnerável” pela International Union for Conservation of Nature (IUCN) (Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group, 1996) e permanece incluída no Apêndice II da Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES, 2025). No Brasil, a espécie foi anteriormente considerada “Deficiente de Dados” (DD) pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2018), sendo posteriormente categorizada como “Menos Preocupante” (LC) em avaliação nacional mais recente (Andrade *et al.*, 2026), possivelmente em decorrência dos avanços obtidos por programas governamentais e comunitários de conservação desenvolvidos na Amazônia.

A sobreexploração de quelônios amazônicos associada à degradação de seus habitats naturais tem provocado reduções expressivas nos estoques populacionais ao longo das últimas

décadas (Andrade, 2017; Félix-Silva *et al.*, 2019). Apesar da crescente urbanização da Amazônia, o consumo de fauna silvestre permanece frequente tanto em áreas rurais quanto em centros urbanos, incluindo Manaus e municípios de médio porte do estado do Amazonas (Chaves *et al.*, 2021a). Entre os quelônios amazônicos, a irapuca destaca-se por permanecer como uma das poucas espécies ainda coletadas em relativa abundância na bacia do rio Negro (Vogt, 2008) e em outros rios de águas pretas, como os rios Andirá, Nhamundá e Uatumã (Andrade, 2015a), o que reforça a necessidade de estratégias que conciliem conservação e uso sustentável desse recurso.

Diante do declínio populacional dos quelônios amazônicos, diversas iniciativas de conservação vêm sendo implementadas na região, com destaque para o manejo comunitário, reconhecido como uma das estratégias mais eficazes para a recuperação dos estoques naturais (Andrade *et al.*, 2015a; Andrade *et al.*, 2022). Esse modelo de manejo é responsável por aproximadamente 80,7% das áreas protegidas voltadas à conservação de quelônios no estado do Amazonas e noroeste do Pará (Andrade *et al.*, 2022). Nesse contexto, destaca-se o Programa Pé-de-Pincha, desenvolvido pela Universidade Federal do Amazonas desde 1999, inicialmente denominado Programa de Manejo Comunitário de Quelônios (Andrade, 2017). Entre suas principais atividades estão a organização comunitária para proteção das áreas de desova, manejo e monitoramento de ninhos, acompanhamento da eclosão, criação temporária de filhotes em berçários e posterior soltura na natureza (Andrade e Lima, 2005; Andrade *et al.*, 2022). Além das ações de conservação, o programa tem contribuído para a sistematização de informações biológicas das espécies e de dados socioeconômicos das comunidades envolvidas, subsidiando estratégias de conservação mais eficientes e sustentáveis (Andrade *et al.*, 2015b).

Paralelamente às ações de conservação *in situ*, a criação em cativeiro tem sido considerada uma alternativa promissora para reduzir a pressão de captura sobre populações naturais e promover o uso sustentável dos quelônios amazônicos (Dantas-Filho *et al.*, 2020; Andrade *et al.*, 2021). No Brasil, a atividade é regulamentada pela Instrução Normativa nº 7/2015 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), que autoriza a criação comercial de espécies como *P. expansa*, *P. unifilis*, *P. sextuberculata* e *K. scorpioides* (IBAMA, 2015). Entretanto, *P. erythrocephala* ainda não está contemplada nessa regulamentação, evidenciando a necessidade de ampliação do conhecimento científico sobre sua biologia, nutrição e manejo.

O estado do Amazonas destaca-se como o maior produtor de quelônios do Brasil, com aproximadamente 150 mil indivíduos mantidos em sistemas comerciais e comunitários de produção (Garcez *et al.*, 2021). Apesar desse potencial produtivo, a quelonicultura ainda ocupa posição secundária dentro da aquicultura amazonense (Garcez *et al.*, 2021). Nesse contexto, o desenvolvimento da atividade depende da geração de informações que subsidiem técnicas adequadas de alimentação, instalações e manejo, fatores determinantes para a viabilidade econômica e sustentabilidade dos empreendimentos (Andrade *et al.*, 2021). Assim, estudos voltados à biologia, fisiologia digestiva e exigências nutricionais de *P. erythrocephala* são fundamentais para apoiar futuras estratégias de manejo, regulamentação e conservação da espécie.

A alimentação adequada constitui um dos principais fatores para o sucesso da criação de quelônios aquáticos, influenciando diretamente o crescimento, o desempenho zootécnico, a eficiência alimentar e a viabilidade dos sistemas de produção e conservação *ex situ* (Costa *et al.*, 2008a; Araújo, Palha e Rosa, 2013; Garcez *et al.*, 2021). Além de contribuir para o desenvolvimento dos animais mantidos em empreendimentos comerciais, o manejo nutricional adequado é igualmente importante em programas de conservação que realizam a manutenção temporária de filhotes em berçários antes da soltura. Nesse contexto, o crescimento dos animais está diretamente relacionado à digestibilidade dos nutrientes e à capacidade das dietas atenderem às exigências fisiológicas de cada espécie (Pond *et al.*, 2004).

Entre os nutrientes essenciais, a proteína destaca-se por constituir o principal componente estrutural e funcional dos tecidos animais, sendo indispensável para os processos de crescimento, manutenção e reparação tecidual (Furuya *et al.*, 2010). As pesquisas voltadas à determinação das exigências proteicas buscam maximizar a deposição de proteína corporal e minimizar sua utilização como fonte energética (Pezzato *et al.*, 2004; Furuya *et al.*, 2013). Entretanto, níveis inadequados desse nutriente podem comprometer o desempenho dos animais. Enquanto dietas deficientes limitam o crescimento, o excesso proteico pode aumentar a excreção de compostos nitrogenados, elevando os custos de produção e prejudicando a qualidade da água dos sistemas de cultivo (Botaro *et al.*, 2007; Furuya *et al.*, 2012). Apesar da importância ecológica e econômica de *P. erythrocephala*, ainda são escassas as informações sobre suas exigências proteicas em condições de cativeiro, especialmente durante as fases iniciais de desenvolvimento.

Além da proteína, a energia dietética exerce papel fundamental no metabolismo animal, fornecendo suporte para os processos de manutenção, crescimento e reprodução (Halver e Hardy, 2002; NRC, 2011). A utilização de fontes energéticas não proteicas permite atender às demandas metabólicas sem sobrecarregar o metabolismo proteico, favorecendo o uso mais eficiente da proteína para síntese e deposição de tecidos corporais (Cho, 1992; Nankervis, Matthews e Appleford, 2000; Sankian, 2017). O fornecimento inadequado de energia pode comprometer o crescimento, reduzir a eficiência alimentar e alterar a utilização dos nutrientes ingeridos (Lovell, 1998; Halver e Hardy, 2002; NRC, 2011). Dessa forma, a definição de níveis adequados de proteína e energia representa um dos principais desafios para a quelonicultura moderna, uma vez que desequilíbrios nutricionais podem afetar simultaneamente crescimento, metabolismo, reprodução e qualidade dos filhotes (Melo, 2026).

O aproveitamento dos nutrientes presentes nas dietas pode ser avaliado por meio do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA), uma das principais ferramentas utilizadas na nutrição animal para estimar a eficiência de utilização dos ingredientes alimentares (Cho, 1987; Andriguetto *et al.*, 2002). O CDA representa a relação percentual entre a quantidade de nutriente ingerida e aquela excretada pelo animal (Andriguetto *et al.*, 2002; NRC, 2011), sendo influenciado por fatores relacionados à espécie, às condições ambientais, à qualidade dos ingredientes e aos processos tecnológicos empregados na fabricação das dietas (Pezzato *et al.*, 2002; Hisano *et al.*, 2008; Ortiz-Chura *et al.*, 2018). Informações sobre digestibilidade são fundamentais para a formulação de dietas mais eficientes, permitindo melhor aproveitamento dos nutrientes e redução de perdas para o ambiente.

Embora existam estudos nutricionais envolvendo outras espécies de quelônios amazônicos, as informações disponíveis para *P. erythrocephala* ainda são limitadas. Essa lacuna dificulta a formulação de dietas específicas, o desenvolvimento de sistemas de criação mais eficientes e a implementação de estratégias de conservação baseadas em evidências científicas. Dessa forma, torna-se necessário ampliar o conhecimento sobre a nutrição, fisiologia digestiva e utilização de ingredientes alimentares pela espécie.

Diante desse cenário, esta tese teve como objetivo integrar informações sobre *P. erythrocephala* por meio da análise da produção científica disponível para a espécie, da avaliação dos efeitos de diferentes níveis de proteína e energia sobre o crescimento e desempenho zootécnico, da determinação do tempo de trânsito gastrointestinal e da estimativa da

digestibilidade aparente de ingredientes utilizados em sua alimentação. Espera-se que os resultados obtidos contribuam para o aprimoramento das estratégias de manejo, conservação e criação em cativeiro da espécie.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar aspectos nutricionais e digestivos da irapuça (*Podocnemis erythrocephala*) em condições de cativeiro.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito de diferentes níveis de proteína bruta e energia dietética sobre o desempenho zootécnico de filhotes de *P. erythrocephala* mantidos em cativeiro;
- Determinar o tempo de trânsito gastrointestinal de juvenis de *P. erythrocephala* alimentados com dietas experimentais;
- Determinar o coeficiente de digestibilidade aparente do milho e do farelo de soja na dieta de *P. erythrocephala*;

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Quelônios

Os quelônios (Ordem Testudines) são répteis cujos fósseis datam do período Triássico, há aproximadamente 220 milhões de anos (Shaffer *et al.*, 2017), mantendo estreita relação com as sociedades humanas há pelo menos 400.000 anos (Lyson *et al.*, 2016). A presença de uma carapaça óssea protetora (Vitt e Caldwell, 2013; Turtle Conservation Coalition, 2018), associada à capacidade de explorar diferentes recursos alimentares, predominantemente por meio de hábitos onívoros, contribuiu para o sucesso evolutivo do grupo em ambientes terrestres, marinhos e dulcícolas, embora existam espécies com dietas mais especializadas (Thomson, 2021). Como animais pecilotérmicos, dependem de fontes externas de calor para regular sua temperatura corporal, realizando a termorregulação por meio da exposição ao sol em praias, troncos ou na superfície da água (Júnior e Barrada, 2017).

Essa ampla distribuição geográfica e diversidade ecológica faz com que os quelônios desempenhem importantes funções nos ecossistemas em que ocorrem. Em ambientes aquáticos, atuam na dispersão de sementes, na ciclagem de matéria orgânica e na dinâmica das cadeias alimentares, contribuindo para a manutenção da biodiversidade e do funcionamento dos ecossistemas (Sousa *et al.*, 2024).

Muitas espécies de quelônios desenvolveram características marcantes, como longevidade, maturidade tardia e vida reprodutiva prolongada (Gibbons, 1987). Esses traços de evolução, que os serviram bem em vários ecossistemas, tornaram-nos vulneráveis à extinção diante do mundo atual em rápida mudança (Heppel, 1998; Stanford *et al.*, 2020).

As populações de Testudines vêm apresentando acentuado declínio ao longo das últimas décadas, sendo este um dos grupos mais ameaçados entre os vertebrados (Thomson, 2021; TTWG, 2025). Atualmente, são reconhecidas 364 espécies distribuídas em 14 famílias, das quais 196 (53,8%) são consideradas ameaçadas nas categorias Criticamente em Perigo (CR), Em Perigo (EN) ou Vulnerável (VU), representando aumento de 7,1% em relação às 183 espécies ameaçadas registradas em 2021 (TTWG, 2025). Considerando apenas as espécies formalmente avaliadas pela Lista Vermelha da IUCN, 174 das 277 espécies avaliadas (62,8%) encontram-se oficialmente classificadas como globalmente ameaçadas (IUCN, 2025).

As principais ameaças enfrentadas pelos quelônios são a perda e degradação de seus habitats, a sobreexploração dos adultos e seus ovos (Rebêlo e Pezzuti, 2000), o comércio

internacional de animais de estimação (Thorbjarnarson *et al.* 2000; Turtle Conservation Coalition, 2018), as mudanças climáticas (Ihlow *et al.*, 2012) e o comércio de medicamentos tradicionais feitos a partir de partes de quelônios (Smith, 1979; Turtle Conservation Coalition, 2011).

3.2. Quelônios da Amazônia

3.2.1. Diversidade

Dentre as 37 espécies de quelônios registradas no Brasil, a Amazônia abriga 20 espécies, sendo a maioria aquática ou semiaquática e apenas duas terrestres (Vargas-Ramírez *et al.*, 2020; Brito *et al.*, 2025). Essas espécies estão distribuídas em duas subordens: Pleurodira, caracterizada pela retração horizontal do pescoço lateralmente ao casco, e Cryptodira, cujos representantes retraem o pescoço verticalmente para o interior do casco (Ferrara *et al.*, 2017). As famílias Podocnemididae e Chelidae totalizam 16 espécies pertencentes à subordem Pleurodira, enquanto quatro espécies das famílias Kinosternidae, Geoemydidae e Testudinidae pertencem à subordem Cryptodira (Brito *et al.*, 2025).

Estudos taxonômicos recentes têm ampliado o conhecimento sobre a diversidade de quelônios amazônicos, incluindo a descrição de novas espécies do gênero *Mesoclemmys*, evidenciando que a biodiversidade de Testudines na Amazônia brasileira ainda permanece insuficientemente conhecida (Cunha *et al.*, 2021; Cunha *et al.*, 2022).

3.2.2. Importância histórica, socioeconômica e cultural

Os relatos históricos produzidos durante as expedições científicas portuguesas do século XVIII constituem importantes fontes de informação sobre a biodiversidade amazônica e a exploração dos recursos naturais durante o processo de colonização da região. Fiori e Santos (2015) destacam que as chamadas “Viagens Philosophicas” e as expedições associadas ao Tratado de Madrid contribuíram não apenas para o reconhecimento territorial da Amazônia, mas também para o registro detalhado da fauna aquática e de sua utilização econômica pelos colonizadores. Esses documentos históricos permitem compreender padrões pretéritos de abundância e distribuição dos quelônios amazônicos, além de fornecer subsídios relevantes para estudos atuais de conservação.

Os quelônios amazônicos constituem importante recurso alimentar, econômico e cultural para as populações da Amazônia há séculos, sendo amplamente utilizados para consumo de carne, ovos e gordura desde o período colonial (Smith, 1979). Durante a colonização portuguesa, espécies como *P. expansa* foram intensamente exploradas em toda a bacia Amazônica, principalmente para produção de óleo obtido dos ovos, empregado na culinária, iluminação pública e doméstica, conservação de alimentos e calafetagem de embarcações (Smith, 1979; Fiori e Santos, 2015). Segundo esses autores, milhares de fêmeas eram capturadas durante o período reprodutivo e mantidas em currais para consumo ao longo do ano, evidenciando a forte dependência dos recursos faunísticos aquáticos na ocupação e manutenção da Amazônia colonial. Além da importância econômica, os quelônios integravam profundamente os hábitos culturais e alimentares das populações amazônicas, compondo a dieta cotidiana de vilas e aldeias e participando das dinâmicas locais de subsistência e comércio (Fiori e Santos, 2015). Entretanto, a intensa coleta de ovos e a captura predatória de fêmeas reprodutivas promoveram profundas alterações ecológicas, contribuindo para o acentuado declínio populacional de diversas espécies ao longo dos séculos (Smith, 1979).

Rebêlo e Pezzuti (2000) destacam que, mesmo após décadas de proibição legal da captura e comercialização, o consumo permanece frequente na Amazônia, especialmente entre populações rurais, para as quais os quelônios ainda representam importante recurso alimentar. Estudos realizados no Amazonas demonstram que os quelônios representam um dos principais grupos de fauna silvestre utilizados para alimentação humana na região. Canto *et al.* (1999) registraram que os répteis correspondiam a 52,2% dos produtos de fauna comercializados em feiras, embarcações, residências e restaurantes de Manaus, sendo os quelônios responsáveis por 22% do total de animais apreendidos destinados à alimentação. Os autores destacam ainda que espécies como *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. erythrocephala* figuravam entre as mais comercializadas no estado do Amazonas.

Pantoja-Lima *et al.* (2014), avaliando o consumo de quelônios no município de Tapauá, Amazonas, registraram que 100% dos entrevistados consumiam ao menos três espécies de *Podocnemis* spp., evidenciando a ampla inserção desses animais nos hábitos alimentares regionais. Os autores destacam ainda que o consumo ocorreu independentemente da idade e da classe social, reforçando o caráter cultural dessa prática na Amazônia brasileira.

A família Podocnemididae destaca-se pela importância econômica, pois sua carne e ovos são comercializados ilegalmente, além do consumo pela população local (Andrade *et al.*, 2019; Benhard *et al.*, 2019). A família é representada por cinco espécies existentes na família: *P. expansa*; *P. sextuberculata*, *P. unifilis*, *P. erythrocephala* e *Peltocephalus dumerilianus* (Ferrara *et al.*, 2017; Brito *et al.*, 2025). Pezzuti *et al.* (2010) relatam que no rio Negro são explorados comercialmente a *K. scorpioides*, *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. erythrocephala*, preferencialmente fêmeas de *P. dumerilianus*, *P. unifilis* e *P. erythrocephala*.

3.2.3. Ameaças e conservação

O consumo de quelônios e de seus ovos permanece amplamente difundido na Amazônia, tanto em áreas rurais quanto urbanas, desempenhando importante papel cultural e alimentar para as populações amazônicas (Brazil *et al.*, 2025). Chaves *et al.* (2021b) registraram elevada frequência de consumo ilegal de quelônios, especialmente em pequenas e médias cidades amazônicas, onde aproximadamente 70 a 86% das famílias entrevistadas relataram consumo de tartarugas e cágados durante o período avaliado.

A sobreexploração para consumo e comércio, associada à degradação dos habitats naturais, incluindo a construção de hidrelétricas, o desmatamento de áreas ripárias e a poluição hídrica, tem contribuído para o acentuado declínio das populações dessas espécies (Andrade, 2017; Sousa *et al.*, 2024). Embora existam legislações específicas destinadas à proteção dos quelônios amazônicos, a fiscalização ainda se mostra insuficiente para conter de forma efetiva a captura e o comércio ilegal desses animais (Andrade, 2017).

O comércio internacional de quelônios também representa uma importante ameaça global à conservação desse grupo. Luiselli *et al.* (2016), analisando dados da Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) entre 1990 e 2010, registraram aproximadamente dois milhões de quelônios silvestres comercializados internacionalmente ao longo de duas décadas, envolvendo ao menos 48 espécies regularmente comercializadas e mais de 100 espécies registradas ocasionalmente no comércio internacional. Os autores observaram que o maior volume de comércio esteve associado a espécies oriundas das regiões Asiática, Paleártica e Neártica. Entretanto, espécies amazônicas como *P. expansa*, *P. unifilis*, *P. sextuberculata*, *P. erythrocephala* e *P. dumerilianus* também foram registradas no

comércio internacional, evidenciando que os quelônios amazônicos igualmente sofrem pressão decorrente do tráfico global de fauna silvestre.

Além das ameaças já relatadas, os quelônios amazônicos vêm sendo impactados por alterações climáticas e eventos hidrológicos extremos. Estudos recentes realizados em áreas monitoradas pelo Programa Pé-de-Pincha demonstraram que alterações climáticas e eventos extremos vêm afetando significativamente o sucesso reprodutivo de quelônios amazônicos, influenciando a nidificação, a taxa de eclosão, a temperatura dos ninhos e a proporção sexual dos filhotes de *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata*. Eventos extremos de seca registrados entre 2023 e 2024 ocasionaram redução no número de ninhos e aumento da temperatura nos ninhos, comprometendo a viabilidade embrionária e a sobrevivência dos filhotes (Andrade *et al.*, 2025).

Os animais mais traficados na região Amazônica são as tartarugas e os peixes ornamentais (Charity e Ferreira, 2020). Dados de apreensões de quelônios na América do Sul entre os anos 2012 e 2019, mostram a predominância da *P. expansa* (29%), seguido do *P. unifilis* (27%), *P. erythrocephala* (5%) e *P. dumerilianus* (1%), enquanto 31% não foram identificados, demonstrando a fragilidade da fiscalização na região (Charity e Ferreira, 2020).

Pantoja-Lima *et al.* (2014) estimaram que mais de 34 toneladas de quelônios foram consumidas anualmente no município de Tapauá, no rio Purus, correspondendo principalmente às espécies *P. expansa*, *P. sextuberculata* e *P. unifilis*. Os autores observaram que a captura e comercialização desses animais envolvem uma complexa cadeia de comercialização ilegal composta por pescadores artesanais, atravessadores, comerciantes regionais e centros urbanos como Manaus e Manacapuru, evidenciando a elevada pressão antrópica sobre as populações naturais de quelônios amazônicos.

Chaves *et al.* (2021a) estimaram que aproximadamente 1,7 milhão de quelônios foram consumidos em áreas urbanas do estado do Amazonas apenas no ano de 2018, evidenciando que a demanda urbana representa uma das principais pressões antrópicas sobre as populações naturais amazônicas. Entre as espécies mais consumidas destacaram-se *P. unifilis*, *P. expansa*, *P. sextuberculata*, *P. erythrocephala* e *P. dumerilianus*. Os autores observaram ainda que o consumo foi mais elevado em pequenas cidades amazônicas e entre migrantes recentes oriundos de áreas rurais, indicando que práticas culturais associadas ao consumo de fauna silvestre permanecem fortemente enraizadas mesmo em ambientes urbanizados.

Faria e Malvasio (2018) realizaram um estudo sobre a caça de quelônios em praias nos estados do Tocantins e Pará, registrando 93 autos de infração e 589 animais recapturados e devolvidos à natureza. Desses animais, mais de 80% eram da espécie *P. expansa*. A maioria dos entrevistados (61,16%) indicou que o principal período de captura é de agosto a dezembro. Para 67% dos entrevistados, não há fiscalização na região.

Há 89 locais nas Bacias Amazônica e Orinoco onde programas de conservação implementam ações de monitoramento e conservação de *P. expansa*. Estima-se que existam cerca de 147.000 fêmeas de *P. expansa* em seis países amazônicos (Brasil, Colômbia, Bolívia, Peru, Venezuela e Equador) estão sendo protegidas, gerenciadas ou monitoradas. O Brasil tem o maior número de fêmeas relatadas (>75% das áreas protegidas populações) (Forero-Medina *et al.*, 2019). Das nove áreas monitoradas, populações de pelo menos três bacias hidrográficas (Trombetas, Javari e Rio Branco) parecem estar diminuindo, quatro sugerem tendências positivas (Tapajós, Guaporé, Foz do Amazonas, Purus) e para os outros dois (Rio das Mortes e Javaés) não há evidência de uma tendência significativa (Forero-Medina *et al.*, 2019).

As espécies prioritariamente protegidas, monitoradas e manejadas por projetos atuantes na conservação desses animais são a *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata* (Vogt, 2019); e, secundariamente, a *P. erythrocephala*, *P. dumerilianus* e o *K. scorpioides* (Luz *et al.*, 2019).

As áreas de maiores lacunas nas ações de conservação e vulnerabilidade dos locais de nidificação disponíveis para *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata* estão nas bacias do Tocantins-Araguaia e em rios como: Branco, Guaporé, Amazonas, Solimões, Madeira, Tapajós e Xingu (Fagundes *et al.*, 2021).

Segundo Pantoja-Lima *et al.* (2014), estratégias exclusivamente repressivas têm se mostrado insuficientes para eliminar o consumo de quelônios na Amazônia, uma vez que essa prática está profundamente associada à cultura e à subsistência das populações locais. Os autores defendem que programas de manejo participativo, proteção de áreas de nidificação e criação comunitária de quelônios representam alternativas mais eficazes para promover a conservação das espécies amazônicas, conciliando uso tradicional e sustentabilidade.

O fortalecimento das ações de fiscalização, a educação ambiental e a participação ativa das comunidades são essenciais para promover a recuperação e manutenção das populações de quelônios na região amazônica (Faria e Malvasio, 2018).

Chaves *et al.* (2021b) argumentam que compreender os fatores sociais e econômicos associados ao consumo ilegal de fauna é essencial para o desenvolvimento de estratégias de conservação mais eficientes, incluindo educação ambiental, manejo participativo e ações direcionadas aos diferentes contextos urbanos amazônicos.

Além do consumo da carne e dos ovos, a relação entre as comunidades amazônicas e os quelônios envolve conhecimentos tradicionais associados ao manejo, captura e conservação dessas espécies (Andrade, Pinto e Oliveira, 2021). Estudos recentes demonstram que as terras indígenas representam algumas das áreas mais importantes para a conservação de quelônios amazônicos, protegendo grande parte da distribuição geográfica dessas espécies na Amazônia brasileira (Sousa *et al.*, 2024).

3.2.4. Manejo comunitário

Iniciativas comunitárias de conservação têm apresentado resultados positivos na proteção de áreas de desova e no aumento do recrutamento de filhotes, com destaque para programas de manejo participativo desenvolvidos no estado do Amazonas (Brazil *et al.*, 2025). A recuperação populacional de *P. expansa*, observada após mais de quatro décadas de conservação na Amazônia brasileira, demonstra que ações integradas de manejo participativo, proteção de ninhos e envolvimento comunitário podem reverter o declínio histórico de quelônios amazônicos ameaçados (Lacava *et al.*, 2025).

Nesse contexto, em 1999 foi criado o programa de extensão “Manejo Comunitário de Quelônios”, a partir da iniciativa de comunitários do município de Terra Santa, Pará, que buscaram apoio técnico da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) para enfrentar a redução dos estoques naturais de quelônios na região (Andrade e Lima, 2005; Andrade *et al.*, 2015a). Posteriormente, o programa passou a ser conhecido como “Projeto Pé-de-Pincha”, em referência às pegadas deixadas por *P. unifilis* nas praias, semelhantes a tampinhas de refrigerante, popularmente denominadas “pinchas” (Andrade *et al.*, 2015a).

O objetivo do Programa Pé-de-pincha é conservar os quelônios das espécies *P. expansa*, *P. unifilis*, *P. sextuberculata* e *P. erythrocephala*, através da gestão participativa, onde um plano de ação é construído com as informações e as discussões de todos os parceiros, neste caso a UFAM, IBAMA-AM, prefeitura local e comunitários (Andrade e Lima, 2005). Assim, o programa atua no processo de conscientização ambiental e na busca de estratégias de

desenvolvimento sustentável entre professores, alunos e comunitários da zona rural (Andrade, 2012).

A fase de implementação e condução do projeto nas comunidades é dividido em cinco etapas (Andrade e Lima, 2005):

- I) Seminários/reuniões nas comunidades, realizados nos meses de maio a junho, para avaliar os resultados obtidos e planejar as atividades para as escolas, iniciar o treinamento de técnicas de manejo de quelônios e a capacitação em Educação Ambiental. No mês de julho, realiza-se cursos de reciclagem e formação de agentes ambientais.
- II) Identificação e preparo das áreas de manejo. No final de agosto de cada ano, a equipe do Programa pé-de-pincha, juntamente com os comunitários realizam a manutenção das chocadeiras antigas ou confecciona novas.
- III) Manejo e proteção das áreas de postura e dos ninhos pelos monitores comunitários. Durante esse período, a equipe do Programa Pé-de-pincha e os alunos/voluntários se deslocam para as comunidades para acompanhar, monitorar e executar, junto com os comunitários, o trabalho de transferência de ninhos. Essa atividade ocorre de setembro até outubro. A tarefa envolve percorrer as praias de desova em equipes afim de coletar ninhos de áreas ameaçadas e transportá-los em caixas de isopor para posterior transplante na chocadeira. Esse período é conhecido como etapa de “Coleta”.
- IV) Construção dos berçários em novembro, juntamente com o acompanhamento do nascimento, biometria e marcação dos filhotes de quelônios, treinamento do pessoal local em manejo dos filhotes e coleta de dados. Conhecido como etapa de “Eclosão”.
- V) Soltura dos filhotes na natureza, onde são coletados dados biométricos dos filhotes, bem como das condições de cultivo e manejo alimentar, posteriormente os mesmos são soltos em seus locais de origem em proporção semelhante aos ovos coletados. Esta atividade ocorre no início de cada ano. Muitas comunidades celebram o evento com missas ou cultos, palestras, festas e outras atividades. Esse evento é conhecido como "Festa da Soltura".

Apesar de ter nascido como um projeto de extensão, há a preocupação na obtenção e sistematização dos dados biológicos e socioeconômicos, das espécies de quelônios e

comunidades trabalhadas, respectivamente, visando gerar informação científica para embasar futuros planos de utilização dos recursos e nortear políticas públicas (Andrade *et al.*, 2015b).

O Programa Pé-de-pincha devolveu à natureza 3.204.849 filhotes de quelônios (Andrade 2017) numa proporção aproximada de 38,7% *P. unifilis*; 42,9% *P. expansa*; 14,9% *P. sextuberculata*; e 3,5% *P. erythrocephala*) (Andrade, 2015). Atualmente, o programa vem sendo desenvolvido em 123 comunidades de 15 municípios do Amazonas (Nhamundá, Parintins, Barreirinha, Maués, Itacoatiara, Manaus, Novo Airão, Barcelos, Borba, Careiro, Tefé, Juruá, Carauari, Itamarati/Eirunepé, Canutama) e 3 municípios do Pará (Terra Santa, Oriximiná e Juruti) (Andrade, 2017).

Andrade *et al.*, (2022) analisando as séries históricas de dados de proteção de *P. expansa*, *P. unifilis*, *P. sextuberculata* e *P. erythrocephala* em áreas protegidas pelo governo e comunidades no estado do Amazonas e noroeste do estado do Pará, concluíram que entre 1974 e 2019 foram protegidos 230.444 ninhos e 21.350.201 filhotes de *P. expansa*, 170.076 ninhos e 3.229.821 filhotes de *P. unifilis*, 647.715 ninhos e 6.410.092 filhotes de *P. sextuberculata* e 24.617 ninhos e 168.856 filhotes de *P. erythrocephala*.

A gestão da conservação de base-comunitária demonstra potencial para integrar as necessidades socioeconômicas com os objetivos de conservação em ambientes tropicais (Berkes, 2007; Pailler *et al.*; 2015). Este modelo de conservação altamente eficaz e de baixo custo pode potencialmente ser replicado em outras regiões do mundo em desenvolvimento que enfrentam uma exploração cada vez mais intensiva de recursos naturais ribeirinhos (Campos-Silva *et al.*, 2021).

Campos-Silva *et al.* (2018) mostraram que programas de base-comunitária induziram a recuperação populacional em larga escala de *P. expansa* e de outros quelônios de água doce ao longo de uma seção de 1.500 km do rio Juruá. O sistema comunitário de manejo desenvolvido na Reserva Extrativista do Médio Rio Juruá constitui um dos exemplos mais bem-sucedidos de conservação participativa de quelônios amazônicos, mantendo por mais de três décadas áreas protegidas de reprodução e promovendo a proteção de ninhos e filhotes de *P. unifilis* (60,7%), *P. erythrocephala* (58,8%), *P. sextuberculata* (44%) e *P. expansa* (13,3%) (Andrade; Pinto e Oliveira, 2021).

O manejo comunitário de quelônios representa uma estratégia participativa capaz de aumentar a proteção dos estoques naturais, fortalecer o monitoramento populacional e reduzir

custos operacionais, evidenciando seu potencial como instrumento de gestão sustentável a ser incorporado às políticas públicas de conservação na Amazônia (Andrade; Pinto e Oliveira, 2021).

3.2.5. Cultivo

A quelonicultura constitui importante instrumento de política ambiental, contribuindo para a conservação e recuperação dos estoques naturais por meio da redução da captura predatória e do comércio ilegal de quelônios amazônicos (Pantoja-Lima *et al.*, 2014; Andrade *et al.*, 2021). Além do potencial conservacionista, a criação comercial dessas espécies pode apresentar elevada viabilidade econômica, desde que sejam adotadas práticas adequadas de alimentação, manejo e infraestrutura de cultivo (Andrade *et al.*, 2021).

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais – IBAMA, legaliza a criação em cativeiro do *P. unifilis*, *P. expansa*, *P. sextuberculata* e do *K. scorpioides* através da Instrução Normativa de Criação de Animais Silvestres - IN N.07/2015 (IBAMA, 2015).

Em 2017, o Conselho Estadual do Meio Ambiente do Amazonas (CEMAAM) publicou as resoluções N° 25 e N° 26/2017, criando 265 áreas de proteção de quelônios no Estado e regulamentando o sistema comunitário de criação de quelônios no Amazonas, permitindo que as comunidades realizem cria, cria e engorda de um percentual dos filhotes de tartaruga (10%) e tracajás (20%) que protegerem (CEMAAM, 2017a e 2017b).

Com a Instrução Normativa nº 3, de 1º de abril de 2022, o ICMBio estabelece normas e procedimentos para o manejo comunitário de quelônios das espécies *P. expansa* e *P. unifilis*, como possibilidade de geração alternativa e complementar de renda para comunidades tradicionais em Floresta Nacional, Reserva Extrativista e Reserva de Desenvolvimento Sustentável federais, nas áreas de ocorrência natural das espécies (ICMBio, 2022).

Nesse contexto, a criação comunitária de quelônios destaca-se como estratégia promissora para a conservação das espécies amazônicas, associando geração de renda, fortalecimento da segurança alimentar e diminuição da pressão de exploração sobre populações naturais (Castro *et al.*, 2022).

A primeira fazenda de *P. expansa* no Brasil foi criada em 1976, em Juruti, no Pará, utilizando filhotes oriundos do rio Trombetas (Cantarelli, Malvasio e Verdade, 2014). Seu cultivo geralmente implica em um sistema de baixo consumo de recursos, com tanques artificiais não pavimentados e com alta densidade animal. Algumas fazendas também incluem *P. unifilis* e *P.*

sextuberculata, mas em tamanho pequeno, cerca de 0,10% em relação a *P. expansa*. O número de fazendas aumentou para 120 na década de 1990, mas diminuiu desde então, chegando a 83 em 2005 até 2013 (Cantarelli, Malvasio e Verdade, 2014). Atualmente existem 47 criadouros dedicados à herpetofauna no Brasil (Trajano e Carneiro, 2019). Até 2005, havia 85 criadores no Amazonas legalizados registrados no IBAMA.

A criação comercial de quelônios amazônicos está inserida no contexto mais amplo da produção de fauna silvestre no Brasil. Em levantamento realizado com listas do IBAMA, Le Pendu, Guimarães e Linhares (2011) registraram 652 criadouros comerciais de animais silvestres no país, dos quais 163 eram destinados à criação de répteis. Entre os Testudines, *P. expansa* e *P. unifilis* foram as espécies mais representativas, citadas em 40 e 24 criadouros, respectivamente, correspondendo a 28% e 17% dos criadouros de répteis que informaram as espécies criadas. Todos os criadouros de *P. expansa* estavam localizados na Região Norte, evidenciando a forte regionalização da quelonicultura amazônica.

O Amazonas é o maior produtor de quelônios do Brasil, com o maior número criadouros (29 criadouros) e de indivíduos em cultivos comerciais e sistemas comunitários (150.762 animais) sendo responsável por 87% da produção (Garcez *et al.*, 2021). Mais de 90% dos criatórios legalizados de animais silvestres no Amazonas são de *P. expansa* (Costa *et al.*, 2008a).

Estudos pioneiros sobre a criação comercial de quelônios no Amazonas demonstraram o potencial produtivo da *P. expansa* em sistemas de cultivo intensivo. Andrade *et al.* (1999a) avaliaram 17 criadouros licenciados pelo IBAMA no estado do Amazonas e verificaram que os sistemas utilizavam predominantemente viveiros escavados, com densidades variando entre 50 e 300 animais por hectare. Os autores observaram ganho diário de peso variando entre 0,554 e 0,678 g/dia, além de forte influência da alimentação sobre o desempenho zootécnico dos animais, destacando a importância do manejo nutricional na criação comercial de quelônios amazônicos (Andrade *et al.*, 1999a).

Andrade *et al.* (1999b) observaram diferenças significativas no desempenho zootécnico entre espécies e populações de quelônios amazônicos mantidos em cativeiro, evidenciando a influência de fatores genéticos e ambientais sobre o crescimento desses animais. Os autores compararam indivíduos de *P. expansa* oriundos das bacias do Amazonas e do rio Branco, além de *P. unifilis*, avaliando parâmetros biométricos e o ganho diário de peso em diferentes condições de cultivo. Os resultados demonstraram que *P. expansa* apresentou maior desempenho produtivo,

com ganho diário de peso variando entre 0,698 e 1,12 g/dia, enquanto *P. unifilis* apresentou valores inferiores, variando entre 0,237 e 0,33 g/dia. Entre as populações de *P. expansa*, os indivíduos provenientes da bacia do rio Branco apresentaram maior ganho diário de peso em relação aos oriundos da bacia Amazônica, sugerindo possível influência populacional sobre o potencial de crescimento da espécie. Além disso, os autores verificaram que o desenvolvimento corporal esteve associado às condições de manejo e alimentação, reforçando a importância do aprimoramento nutricional e zootécnico na criação comercial de quelônios amazônicos.

O peso mínimo de abate de tartaruga varia de 1,5kg – 16kg com 12 - 18 meses de idade (Luz, 2005, Melo *et al.*, 2003). De 2002 até 2013, o preço pago variou entre 6,00 e 9,50 dólares por quilograma de carne, possivelmente subestimado devido à concorrência com o comércio ilegal (Lima *et al.*, 2008).

Apesar de não muito citada, o *K. scorpioide*, está entre as espécies autorizadas para criação comercial, pela importância alimentar, econômica e cultural para populações amazônicas, sendo amplamente consumido e comercializado na Amazônia oriental (Rodrigues *et al.*, 2017). Devido à elevada exploração da espécie na natureza, especialmente durante o período reprodutivo, a criação em cativeiro tem sido apontada como alternativa promissora para conservação e geração de renda. Rodrigues *et al.* (2017) destacam ainda que a espécie apresenta facilidade de manejo e reprodução em cativeiro, além de elevada taxa de eclosão, evidenciando seu potencial para programas de manejo sustentável.

Embora a quelonicultura tenha sido proposta como estratégia de conservação e uso sustentável de quelônios amazônicos, estudos recentes demonstram que a produção atual ainda é insuficiente para reduzir significativamente a pressão de consumo sobre populações silvestres, principalmente devido à preferência dos consumidores por animais provenientes da natureza (Brazil *et al.*, 2025). Além disso, a atividade ainda é considerada secundária no Brasil (Garcez *et al.*, 2021), uma vez que as informações sobre manejo, biologia, nutrição, reprodução, sanidade e viabilidade econômica permanecem limitadas, enquanto a cadeia produtiva apresenta deficiências estruturais e organizacionais que dificultam seu desenvolvimento (Melo *et al.*, 2003; Le Pendu Guimarães e Linhares, 2011; Dantas-Filho *et al.*, 2020). Além disso, a comercialização continua limitada pela falta de regulamentações sanitárias federais sobre métodos de abate e processamento de carne (Le Pendu Guimarães e Linhares, 2011; Dantas-Filho *et al.*, 2020). De

acordo com a legislação brasileira, isso impede o comércio interestadual de carne (Cantarelli, Malvasio e Verdade, 2014).

3.2.6. Alimentação e Nutrição

O conhecimento da dieta natural de quelônios amazônicos constitui ferramenta importante para o desenvolvimento de dietas balanceadas em cativeiro, contribuindo para o manejo nutricional, crescimento e conservação dessas espécies (Garcez *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2022).

Assim como em outros ramos da zootecnia, a nutrição apresenta grande importância na quelonicultura, porém há poucas pesquisas sendo efetuadas para tornar o sistema mais rentável (Araújo, Palha e Rosa *et al.*, 2013). A densidade e o tipo de alimento fornecido aos quelônios são fatores limitantes no cultivo de quelônios aquáticos (Costa *et al.*, 2008b).

O manejo nutricional das matrizes pode alterar características biométricas dos ovos e dos filhotes, refletindo no crescimento inicial e na sobrevivência dos neonatos (Melo, 2026).

Os quelônios amazônicos da família Podocnemididae apresentam dieta predominantemente herbívora, embora oportunista, consumindo entre 46% e 99% de matéria vegetal conforme a espécie, sexo, sazonalidade e características do habitat (Eisemberg *et al.*, 2017). Alterações ontogenéticas na dieta também são frequentes, sendo observado maior consumo de itens de origem animal em indivíduos jovens, possivelmente devido à elevada demanda de energia, nitrogênio e cálcio necessária ao crescimento corporal e à formação da carapaça (Eisemberg *et al.*, 2017).

No rio Andirá, Amazonas, foram catalogadas 59 espécies vegetais consumidas por quelônios do gênero *Podocnemis*, distribuídas em 55 gêneros e 29 famílias botânicas, evidenciando elevada diversidade alimentar dessas espécies em ambiente natural (Oliveira *et al.*, 2022). As famílias botânicas Fabaceae, Myrtaceae e Arecaceae destacam-se entre os principais recursos vegetais consumidos por quelônios amazônicos do gênero *Podocnemis* (Oliveira *et al.*, 2022). Oliveira *et al.* (2020) identificou 55 frutos (14 na seca; 41 na cheia) com $7,4 \pm 2,9\%$ (4,3-14%) de proteína bruta (PB) na composição do conteúdo estomacal de tartarugas e tracajás da natureza. Neste mesmo estudo, os autores não encontraram diferença entre o peso de filhotes de tracajás e tartarugas alimentados exclusivamente com ração comercial 45% de PB e ração alternativa/frutos locais.

Nos primeiros dez meses de vida, os filhotes de *P. expansa* alimentados com dietas com altos percentuais de proteína bruta de origem vegetal, acima de 27%, apresentam melhor crescimento e ganho de peso em comparação com dietas com percentuais mais baixos. No entanto, a dieta contendo proteína bruta de origem animal mostrou resultados superiores às dietas de origem vegetal (Sá *et al.*, 2004).

Yoshioka *et al.* (2017) ao verificar alterações das respostas fisiológicas (variáveis hematológicas e bioquímicas) de filhotes de *P. unifilis* alimentados com diferentes quantidades de proteína na dieta recomenda alimentá-los com rações com 36% PB, garantindo saúde, bem-estar e crescimento, visto que rações contendo 45% e 55% PB na sua composição, mostraram aumento de ureia plasmática e, como consequência, houve aumento da concentração de amônia na água de manutenção dos animais.

Segundo Costa *et al.* (2008b), o Ganho de Peso Diário (GPD) de filhotes (4 -7 meses) de *P. expansa* em cativeiro é melhor com uma ração 4000 Kcal/kg de EB, em densidade de 25 animais/m² e em berçários com cobertura.

Estudos realizados no rio Juruá demonstraram que espécies do gênero *Podocnemis* apresentam hábito alimentar predominantemente herbívoro e estratégia alimentar generalista, consumindo principalmente frutos, folhas, sementes, raízes e macrófitas aquáticas, com variações associadas ao ciclo hidrológico amazônico (Garcez, Andrade e Soares, 2020). Segundo estes autores não há diferença na dieta entre fêmeas e machos para as espécies *P. unifilis*, *P. sextuberculata* e *P. expansa*. Porém verificaram que há diferença entre o período de cheia e seca para *P. unifilis* e *P. sextuberculata*.

Dietas com maiores proporções de proteína de origem animal promovem melhor crescimento e maior ganho de peso em quelônios amazônicos quando comparadas às dietas formuladas predominantemente com proteína vegetal (Castro *et al.*, 2022). Ao avaliarem o uso de subprodutos e resíduos regionais na elaboração de rações artesanais para filhotes de *P. expansa* e *P. unifilis* em sistemas de criação comunitária no Médio Juruá, Castro *et al.* (2022) observaram que, após cinco meses de experimento, os maiores valores de peso foram registrados nos animais alimentados com ração comercial contendo 45% de proteína bruta e na dieta artesanal composta por 35% de vísceras de pirarucu e 35% de torta de murumuru. Os filhotes de *P. expansa* atingiram pesos de 54,7±4,6 g e 42,5±3,1 g, respectivamente, enquanto os filhotes de *P. unifilis* apresentaram pesos de 45±2,3 g e 26,7±1,4 g. Em contraste, os animais alimentados com dietas

artesanais de menor nível proteico apresentaram menores desempenhos zootécnicos, com pesos variando de 27,3 a 28,1 g para *P. expansa* e de 16,1 a 16,5 g para *P. unifilis*.

Um estudo comparando os efeitos da alimentação com ração comercial e vegetais excedentes de um quintal agroflorestal no desempenho produtivo de *P. unifilis*, recomenda apenas o fornecimento de ração comercial no manejo alimentar durante o crescimento de *P. unifilis*, considerando o crescimento e custo (Garcez *et al.*, 2024).

Estudos com filhotes de *P. unifilis* demonstraram que dietas contendo proteína de origem animal promoveram crescimento significativamente superior ao observado em dietas exclusivamente vegetais, com animais alimentados apenas com peixe atingindo 93,06 g de peso corporal e 8,28 cm de comprimento de carapaça em seis meses, enquanto filhotes submetidos à dieta vegetariana alcançaram apenas 30,29 g e 5,38 cm, respectivamente (Acosta Diaz e Fachin Terán, 1998).

Estudos com muçã (*K. scorpioides*) demonstraram que dietas suplementadas com proteína de origem animal influenciam positivamente o desempenho reprodutivo de quelônios mantidos em cativeiro. Fêmeas alimentadas com rações contendo vísceras bovinas, peixe e camarão produziram maior número de ovos e ninhos (117 ovos distribuídos em 39 ninhos) quando comparadas às alimentadas exclusivamente com ração comercial (74 ovos em 26 ninhos). Além disso, dietas contendo proteína animal favoreceram a produção de ovos com maior largura e maior espessura de casca, evidenciando a influência do manejo nutricional sobre a qualidade reprodutiva dos quelônios (Araújo *et al.*, 2013a).

Estudos em quelonicultura indicam que dietas contendo níveis moderados de proteína bruta (30–39%) e energia (3000–3900 kcal/kg) favorecem parâmetros produtivos e reprodutivos em quelônios mantidos em cativeiro. Em *P. expansa*, dietas com maior densidade energética proporcionaram aumento do tamanho e do peso dos ovos, sugerindo maior investimento energético materno na reprodução (Melo, 2026).

Costa *et al.* (2008b) ao estudar o efeito de diferentes níveis de proteína e energia bruta em dietas artificiais no desenvolvimento de *P. expansa* e *P. unifilis* concluíram que não houve diferença significativa na influência dos níveis de proteína e energia bruta estudados sobre o desenvolvimento de *P. expansa* e *P. unifilis*, em animais criados em tanque-rede. Apesar da não significância dos níveis nutricionais, utilizados nas rações experimentais ao nível de $P \leq 0,05$, há uma tendência para que tartarugas criadas em tanque-rede obtenham maior ganho de peso com

rações de 40% de PB e 3.500 kcal de EB/kg. Tracajás criados em tanques-rede tendem a obter maior desenvolvimento com rações de 30% de PB e 4.500 kcal de EB/kg.

Costa *et al.* (1999), avaliando diferentes níveis de energia e sistemas de criação de *P. expansa*, verificaram que animais mantidos em estufas apresentaram maior ganho diário em peso quando comparados aos criados em sistemas convencionais. Os autores observaram ainda que dietas com maiores níveis de energia proporcionaram melhor desempenho zootécnico, reforçando a importância do manejo nutricional na produção comercial de quelônios amazônicos.

O cálcio e o fósforo desempenham papel fundamental no desenvolvimento estrutural dos quelônios, especialmente na formação da carapaça e do plastrão, sendo observadas melhores respostas de crescimento em dietas contendo 5,7% de cálcio e 3% de fósforo, com relação Ca:P próxima de 2:1 (Araújo *et al.*, 2013b).

Rodrigues *et al.* (2006) verificaram que a dieta natural de *P. expansa* apresenta elevados teores de cálcio em relação ao fósforo, com médias de 18,3% de Ca e 3,1% de P, resultando em uma relação Ca:P de aproximadamente 6:1., evidenciando a alta demanda de cálcio para formação da carapaça e do plastrão, o que reforça a importância do adequado balanceamento. Em muçuãs (*K. scorpioides*) na fase de crescimento, os melhores resultados de desempenho foram observados com dietas contendo 5,7% de cálcio e 3,0% de fósforo, mantendo relação Ca:P próxima de 2:1 (Fernandes-Neto, 2013).

Em quelônios mantidos em cativeiro, falhas no manejo nutricional podem desencadear enfermidades metabólicas importantes, como a hipovitaminose A, caracterizada por alterações epiteliais, descamação da carapaça e distúrbios respiratórios e locomotores (Pereira *et al.*, 2017).

3.3. A espécie *Podocnemis erythrocephala*

A espécie *P. erythrocephala*, comumente conhecida como irapuça (Brasil), calalumã, chipiro (Colômbia e Venezuela) (Bernhard *et al.*, 2021) é um quelônio de água doce pertencente à ordem Testudines, subordem Pleurodira e família Podocnemididae (Turtle Taxonomy Working Group, 2021). Encontra-se distribuída na Amazônia brasileira, colombiana e venezuelana (Rueda-Almonacid *et al.*, 2007; Van Dijk *et al.*, 2014), habitando principalmente os rios de águas pretas (Mittermeier e Wilson, 1974) e águas claras (Vogt *et al.*, 1991; Iverson, 1992). Pode ser encontrada em afluentes de águas pretas cujos rios principais são de águas brancas (Ferrara *et al.*, 2017; Lavaca e Balestra, 2019).

A *P. erythrocephala* se diferencia das outras espécies do mesmo gênero principalmente por ter focinho vermelho e porte menor (Vogt *et al.*, 1991), não ultrapassando 3 kg (Smith, 1979) e 32,2 cm de comprimento da carapaça (Mittermeier *et al.*, 2015) (**Figura 1**).



Figura 1. Exemplares de filhotes de *Podocnemis erythrocephala*

Esta espécie é classificada como “vulnerável à extinção” pela International Union for Conservation of Nature (IUCN) (Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group, 1996), está no Apêndice II da Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES, 2025), que inclui espécies que não estão atualmente ameaçadas de extinção, mas que podem vir a estar sem o devido controle. Na avaliação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios (ICMBio/RAN), foi considerada como “Menos Preocupante” (LC) para uma

categorização segura do real estado de conservação de suas populações (Andrade *et al.*, 2026). A condição de conservação atribuída à espécie no Brasil possivelmente reflete os resultados positivos obtidos por programas governamentais e comunitários de conservação, especialmente aqueles relacionados ao manejo participativo e à proteção de áreas reprodutivas na Amazônia.

Pezzuti *et al.* (2010) ao estudar famílias de pescadores na cidade de Barcelos e no Parque Nacional do Jaú, ambos localizados na bacia do rio Negro, no estado do Amazonas, concluíram que as duas espécies preferidas por estes ribeirinhos são *P. dumerilianus* que é capturado durante todo o ano, e a *P. erythrocephala* durante os períodos de águas mais baixas.

Estudos recentes realizados na Estrella Fluvial de Inírida, Amazônia colombiana, demonstraram tendência populacional negativa para *P. erythrocephala*, espécie apontada como a mais consumida pelas comunidades locais, reforçando a necessidade de estratégias de manejo e conservação (Muñoz, 2025).

Em capturas de *P. erythrocephala* realizadas no rio Unini/AM, a maioria dos exemplares apresentaram comprimento da carapaça entre 20 e 27 cm, havendo dificuldades na captura de exemplares em classes de menor e maior tamanho (Bernardes *et al.*, 2014). Schneider *et al.* (2010) relataram que os residentes locais podem coletar até treze *P. erythrocephala* em uma hora usando redes tresmalho em afluentes do rio Negro durante a estação das águas baixas.

Estudos indicam que populações de São Gabriel da Cachoeira (rio Negro), Parque Nacional do Jaú (Rio Jau) e Barreirinha (Rio Andira) são geneticamente diferenciados (Santos *et al.*, 2016).

A cada postura, deposita de 2 a 18 ovos (Vogt, 2001; Vogt, 2008; Mittermeier *et al.*, 2015 Ferrara *et al.*, 2017) com período de incubação de 65-87 dias (Novelle, 2006; Carvalho Jr, Pezzuti e Maranhão, 2011) (**Tabela 1**). Ao analisar a série histórica de dados do Programa Pé-de-pincha, Andrade (2015) concluiu que os ninhos de *P. erythrocephala* tiveram em média $7,9 \pm 0,9$ ovos.

Carvalho Jr, Pezzuti e Maranhão (2011) ao estudar 36 ninhos de *P. erythrocephala* no baixo rio Tapajós, na Amazônia central, durante 3 estações de nidificação consecutivas, de 2006 a 2009 observaram que a espécie nidificou desde o final da estação seca até o início da estação chuvosa, nidificando longe da água, próximo a vegetação de savana. O tamanho médio da ninhada foi de 7 ovos (variação de 5 a 11), o tempo médio de incubação foi de 66,8 dias (variação de 62 a 87) e a taxa de sucesso de eclosão foi de 0,69 (variação de 0,27 a 1,0).

Tabela 1. Número médio de ovos e período de incubação de *Podocnemis erythrocephala* em diferentes localidades da Amazônia.

LOCALIDADE	Nº MÉDIO DE OVO	VARIAÇÃO	PERÍODO DE INCUBAÇÃO	AUTORES
rio Ayuanã	8,7	2-16	Perda dos ninhos	Batistella, 2003
Rio Itu	8	4-18	—	Vogt, 2001
Baixo Tapajós	6,95	5-11	62-87	Carvalho Jr, Pezzuti e Maranhão, 2011
Rio Ayuanã	8,7	4-16	65-87	Novelle, 2006
Médio rio Amazonas	7,9±0,9	—	65±2,6	Andrade, 2015

Bernhard e Vogt (2012) investigaram a estrutura populacional de *P. erythrocephala* na bacia do Rio Negro, Amazonas. Os autores determinaram uma razão sexual de 0,41 machos para 1 fêmea e observaram que 40% dos indivíduos eram imaturos. Embora tenha sido encontrado um grande número de indivíduos, os autores destacaram a importância de monitorar a população a longo prazo devido ao consumo contínuo dessa espécie pelos habitantes locais.

Batistella e Vogt (2008) estudando a ecologia reprodutiva do *P. erythrocephala* no rio Ayuanã, município de Santa Isabel do Rio Negro/AM verificou a ocorrência de dois períodos de desova, uma no início de outubro e outro no início de dezembro, sendo registrados 100% de perda dos 117 ninhos registrados, causado em 70% por enchentes e o restante por predação, sendo 12% por Irara (*Eira barbara*), 9% por calango (*Ameiva ameiva*), 5% por humanos, 2% por jacarerana (*Crocodilurus lacertinus*) e 1% por gavião-de-anta (*Daptrius ater*).

Fantin *et al.* (2010) descobriram que cinco dos seis ninhos analisados de *P. erythrocephala* apresentavam paternidade múltipla. Os autores sugerem que essa condição pode ser uma estratégia reprodutiva natural para preservar a diversidade genética da espécie, o que é essencial para a sua sobrevivência a longo prazo.

Estudos realizados na Amazônia indicam que *P. erythrocephala* apresenta forte tendência à herbivoria, consumindo principalmente frutos, sementes, folhas e gramíneas provenientes de

florestas inundáveis e ambientes de igapó (Oliveira *et al.*, 2022), além de consumir algas, particularmente periphyton (Ferrara *et al.*, 2017). Eiseberg *et al.* (2017) propõe que a *P. erythrocephala* possui estômago especializado à herbivoria, algo vantajoso em rios de águas pretas cujas plantas comumente possuem defesas químicas. De acordo com Cunha *et al.* (2020) o tamanho da carapaça do *P. erythrocephala* influencia no volume do conteúdo estomacal.

Santos-Junior (2009) estudou a dieta de *P. erythrocephala* durante o período de cheia do rio Jaú no Parque Nacional do Jaú, Amazonas. Material vegetal foi encontrado em todas as amostras, representando 96,79% do volume nas fêmeas e 91,54% nos machos. As principais famílias vegetais identificadas foram Fabaceae, Simaroubaceae, Sapotaceae, Loranthaceae, Lentibulariaceae e Poaceae. Frutos e sementes foram os itens mais representativos na dieta das irapucas, presentes em mais de 96% das amostras e compondo 47,73% do volume total. Matéria animal foi encontrada em 64,68% dos machos e 76% das fêmeas; no entanto, a diferença no volume percentual não foi significativa. A similaridade das dietas entre machos e fêmeas foi muito alta, com um índice de 0,87.

P. erythrocephala é amplamente consumida em toda sua área de distribuição, sendo sua carne e ovos utilizados tradicionalmente por populações ribeirinhas, especialmente na região do médio rio Negro, no estado do Amazonas (Andrade *et al.*, 2026). Apesar da importância ecológica da espécie, a bacia do rio Negro ainda apresenta limitada proteção efetiva, sendo comum a comercialização de exemplares em restaurantes do município de Barcelos/AM (Schneider, 2011). Além disso, a bacia do rio Branco constitui uma das principais fontes de abastecimento ilegal de quelônios para a cidade de Manaus, principalmente durante o período de seca, intensificando a pressão sobre as populações naturais da espécie (Schneider, 2011).

3.4. Proteína na dieta

A proteína é o único macronutriente dietético necessário para a vida. Como tal, é razoável considerar a proteína dietética como a peça central de um padrão alimentar saudável. Para fazer isso, é necessário considerar que tipo de proteína deve ser consumida. Deve-se levar em conta a qualidade da proteína, a densidade da proteína na fonte alimentar proteica e os componentes não proteicos da fonte alimentar proteica. A qualidade da proteína pode ser quantificada com base na quantidade e perfil de aminoácidos essenciais (EAAs), bem como na verdadeira digestibilidade ideal dos EAAs na proteína (Andriguetto *et al.*, 2002).

A utilização de rações desbalanceadas, além de provocar menor desempenho nos organismos cultivados, pode causar doenças visto que podem levar ao acúmulo de matéria orgânica na água, promovendo a proliferação de bactérias e outros patógenos (Pailan e Biswas, 2022).

As exigências proteicas de quelônios amazônicos variam conforme a espécie e a fase de desenvolvimento, sendo os estágios iniciais mais dependentes de dietas com adequado aporte proteico para manutenção do crescimento e da saúde fisiológica (Sá *et al.*, 2004; Yoshioka *et al.*, 2017).

O fornecimento de dietas com níveis proteicos excessivamente elevados nem sempre resulta em melhor desempenho fisiológico, podendo ocasionar aumento da excreção nitrogenada, elevação da amônia na água e alterações metabólicas em quelônios amazônicos mantidos em cativeiro (Yoshioka *et al.*, 2017).

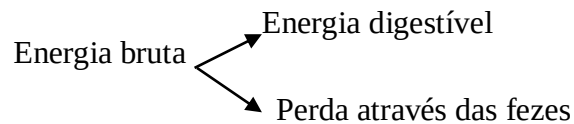
Segundo Cho e Bureau (2001), os nutricionistas devem formular as rações com base em nutrientes digestíveis, visando o máximo desempenho dos animais com o mínimo custo e, ainda, minimizar a poluição do ambiente aquático. Portanto, é fundamental determinar a exigência protéica dos quelônios para cada espécie cultivada e para cada fase da criação, para fornecer níveis balanceados deste nutriente.

3.5. Energia e relação energia: proteína

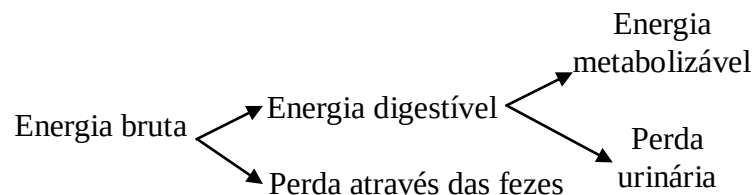
A energia química presente nos alimentos é denominada energia bruta do alimento. A energia de um alimento é medida em calorias, assim como as necessidades energéticas dos animais. Na nutrição animal, a unidade de medida utilizada é a quilocaloria, ou grande caloria, representada pelos símbolos Cal ou Kcal. Esta unidade refere-se à quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de 1 kg de água em 1°C, a partir de 14,5 °C. A medição é realizada utilizando a bomba calorimétrica de oxigênio ou calorímetro de oxigênio de Parr. É evidente, no entanto, que o alimento (energia) ingerido pelo animal não é totalmente aproveitado, apresentando perdas (Andriguetto *et al.*, 2002).

A primeira perda de energia que o alimento sofre está relacionada à fração não digerida, que se transforma em bolo fecal. A quantidade dessa fração depende do coeficiente de digestibilidade da matéria seca do alimento ou de seus nutrientes específicos. O coeficiente de digestibilidade é um indicador da proporção de um alimento que é realmente absorvida e

utilizada pelo organismo após a digestão. Portanto, ao descontar a perda de energia correspondente à fração não digerível, obtém-se a porção da energia química do alimento que é absorvida pelo organismo, conhecida como energia digestível (Andriguetto *et al*, 2002).

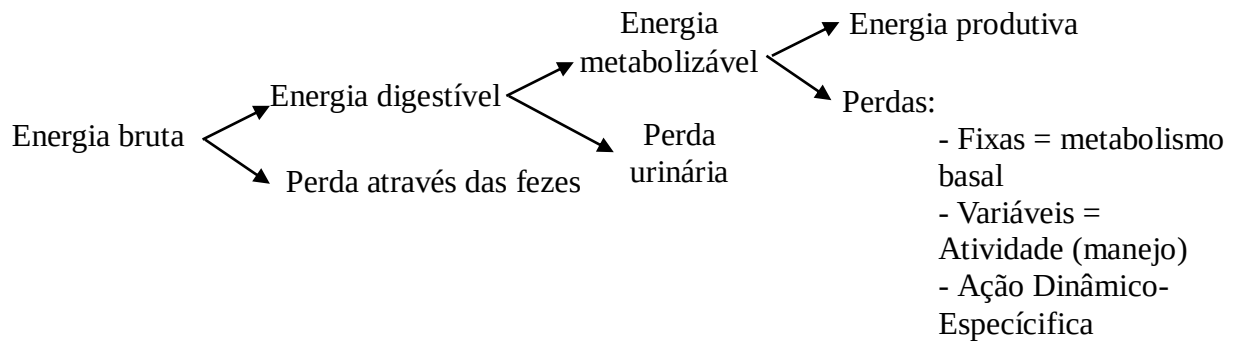


A fração não digestiva do alimento não é a única responsável pela perda energética. Outras perdas ocorrem, sendo a perda através da urina um fator importante. Esta perda inclui uma parte fixa, devido ao nitrogênio endógeno, e uma parte variável, decorrente de desequilíbrios de aminoácidos ou excesso de aminoácidos ou proteínas. A perda urinária fixa, estudada por Atwater, é de 1,25 calorias por grama de proteína. O organismo animal não pode armazenar proteína ou aminoácidos como reserva. Quando há desequilíbrio de aminoácidos na dieta, excesso de proteínas ou um desequilíbrio na relação energia/proteína, parte da proteína não utilizada é desaminada, resultando em aumento da perda energética, tanto pela desaminação quanto pelo gasto energético envolvido. Além disso, o incremento calórico pode exigir maior gasto energético para manter a homeostasia térmica animal. Assim, o desequilíbrio proteico representa uma perda energética significativa e variável. Considerando a perda urinária em relação à energia digestível, resta ao organismo a energia metabolizável, que é a porção da energia bruta do alimento disponível após deduzidas as perdas pela fração não digerida (fezes) e pela perda urinária (Andriguetto *et al.*, 2002).

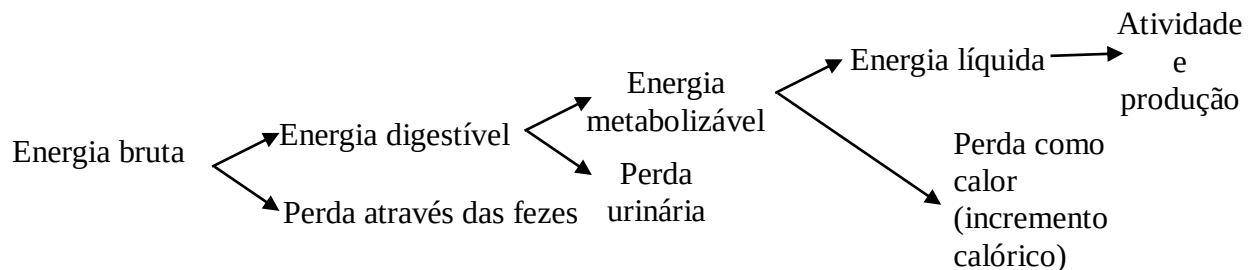


Considerando a nutrição voltada para a produção animal, temos ainda três fatores que representam perdas, pois interferem na energia disponível para a produção. O primeiro é o

metabolismo basal, que é constante. Os outros se referem ao estado de manutenção, que representa a necessidade energética para atender à atividade normal do animal sem que ele ganhe ou perca peso. Por fim, há a ação dinâmico-específica, que está relacionada ao metabolismo intermediário. No que diz respeito à atividade do animal, a perda energética depende do manejo correto para cada classe de animal. Quanto à ação dinâmica- específica, a mesma representa uma taxa energética que o metabolismo paga em função de sua própria atividade na transformação dos nutrientes. Da energia metabolizável, descontadas as perdas mencionadas, sobra ao organismo a porção de energia que resultará na produção animal, chamada de energia produtiva (Andriguetto, *et al*, 2002).



Outros autores consideram ainda a energia líquida, que é a fração de energia restante da energia metabolizável após descontar as perdas referentes ao metabolismo basal e à ação dinâmica específica. Nesse contexto, a atividade se torna um gasto energético, juntamente com a produção, modificando o esquema anterior da seguinte forma:



3.6. Conceitos de digestibilidade aparente

A digestibilidade aparente é um conceito fundamental na nutrição animal, que avalia a proporção de nutrientes ingeridos que são efetivamente absorvidos e utilizados pelo organismo (Andriguetto *et al.*, 2002). Este índice é crucial para a formulação de dietas eficientes e sustentáveis, que atendam às necessidades nutricionais dos animais enquanto minimizam o impacto ambiental, reduzem o custo e aumentam a produtividade (Cho, 1987; Pezzato *et al.*, 2002).

A digestibilidade aparente é expressa como um coeficiente (CDA), que representa a diferença entre a quantidade de nutrientes ingeridos e a quantidade excretada nas fezes, em relação à quantidade ingerida. É uma medida indireta da eficiência com que um animal pode aproveitar os nutrientes presentes em sua dieta (NRC, 2011). A fórmula básica para o cálculo do CDA é:

$$\text{CDA} = (\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente excretado} / \text{Nutriente ingerido}) \times 100$$

Num ensaio de digestibilidade com qualquer animal, vários fatores podem influenciar os resultados do CDA. Fatores relacionados ao animal incluem espécie, idade, condições ambientais e fisiologia. Os fatores relacionados ao ingrediente incluem o tipo de processamento, quantidade e qualidade (Bomfim & Lanna, 2004).

Diferentes espécies têm capacidades digestivas e necessidades fisiológicas variadas, o que pode alterar o CDA (Rahman, Lee e Lee, 2016). A idade é outro fator crítico; animais mais jovens geralmente apresentam taxas metabólicas mais altas e eficiências digestivas diferentes em comparação com animais mais velhos (Cherian, 2020). As condições ambientais, como temperatura e alojamento, também podem afetar o processo digestivo de um animal (Fontaine, Navarro e Kohl, 2018; Plasman *et al.*, 2019)

Por outro lado, os fatores relacionados aos ingredientes incluem o método de processamento, que pode afetar a disponibilidade e a digestibilidade dos nutrientes (Silva *et al.*, 2023). A qualidade e a quantidade da ração também desempenham um papel crucial. Ingredientes de alta qualidade com técnicas de processamento adequadas tendem a ter melhor digestibilidade (Boye, Wijesinha-Bettoni e Burlingame, 2012; Wolfe *et al.*, 2016).

A avaliação da digestibilidade aparente normalmente envolve ensaios controlados onde os animais são alimentados com dietas específicas e suas fezes são coletadas para análise. Existem dois métodos principais utilizados para essa determinação: o método direto, que envolve a coleta total de fezes, e o método indireto, que utiliza marcadores. No método direto, todas as fezes excretadas pelos animais são coletadas durante um período determinado, permitindo a medição direta dos nutrientes digeridos e absorvidos. O método indireto envolve o uso de marcadores para estimar a digestibilidade sem a necessidade de coleta total de fezes (De Marco *et al.*, 2012; Dilozenzo, 2016; Silva *et al.*, 2024).

Vários estudos têm sido conduzidos para avaliar o CDA de diferentes animais. Por exemplo, Jo *et al.* (2012) investigaram a digestibilidade aparente de dietas à base de milho e soja em suínos, demonstrando que a inclusão de enzimas exógenas pode melhorar significativamente o CDA.

Existem dois tipos de marcadores utilizados em estudos de nutrição animal: marcadores internos e externos. Marcadores internos, como a lignina, ocorrem naturalmente nos alimentos e são componentes indigeríveis da parede celular da planta. Marcadores externos, como óxido crômico (Cr_2O_3) e dióxido de titânio (TiO_2), são substâncias adicionadas à dieta (Velásquez *et al.*, 2021).

Certas características são essenciais para substâncias que atuam como marcadores: devem ser indigeríveis e inassimiláveis pelo organismo, não possuir nenhuma ação farmacológica no trato digestivo, se misturar uniformemente com a digesta, ser facilmente detectadas por métodos analíticos e, idealmente, ser um componente natural do alimento a ser testado (Andriguetto *et al.*, 2002).

Marcadores são utilizados para estimar vários aspectos da digestão. Além de determinar o CDA, avaliam a quantidade de alimento ou ingestão de nutrientes e o tempo e a taxa em que o material ingerido passa pelo trato digestivo (Silva e Anderson, 1995; Schop, 2019).

Em outro estudo, Pezzato *et al.* (2002), avaliando a digestibilidade aparente de 18 ingredientes em *Oreochromis niloticus*, utilizando como marcador o óxido de cromo (III) concluíram que, entre os ingredientes energéticos, o milho apresentou o melhor coeficiente de digestibilidade aparente, seguindo-se o milho extrusado, o farelo de trigo e o farelo de arroz; dos ingredientes protéicos - vegetal, o glúten 60 e o glúten 21, seguidos do farelo de canola, apresentou os melhores coeficientes e dos protéicos - animal, destacou-se a farinha de vísceras de

aves, seguida da farinha de peixes, enquanto os piores coeficientes foram proporcionados pela farinha de penas e farinha de sangue.

3.7. Digestibilidade em quelônios aquáticos

A determinação do CDA em quelônios é fundamental para vários aspectos, incluindo a nutrição, a dieta, a conservação e o manejo sustentável desses animais. Compreender a digestibilidade dos diferentes tipos de alimentos permite a formulação de dietas que atendam melhor às necessidades nutricionais dos quelônios. Essa compreensão é essencial para garantir que os quelônios recebam os nutrientes necessários para o seu crescimento e bem-estar.

Estudos de digestibilidade em quelônios amazônicos frequentemente utilizam o óxido de cromo (Cr_2O_3) como marcador externo para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia das dietas (Almeida e Abe, 2009).

Santos *et al.* (2011) verificaram que o tempo médio de trânsito gastrointestinal de *Podocnemis expansa* é prolongado, apresentando média de 22,5 dias, com variação entre 15 e 29 dias. Em *P. unifilis*, o trânsito gastrointestinal foi menor, com média de 17,6 dias, variando entre 12 e 22 dias em temperatura média de 27 °C (Pinto, 2008). Em *P. expansa*, o contraste radiográfico permaneceu retido principalmente no estômago e no ceco, evidenciando a lenta dinâmica digestiva característica dos quelônios amazônicos e sugerindo importante participação da fermentação microbiana no aproveitamento da matéria vegetal (Santos *et al.*, 2011). De forma semelhante, o prolongado tempo de trânsito gastrintestinal observado em filhotes de *P. unifilis* (~19 dias) reforça a influência da fisiologia digestiva sobre o aproveitamento nutricional e o manejo alimentar dessas espécies em cativeiro (Santos, 2012).

Em um trabalho realizado para determinar o aproveitamento alimentar da farinha de carne e ossos, farinha de vísceras de aves e farinha de peixe em *P. expansa*, os melhores coeficientes de digestibilidade alimentar foram obtidos com a farinha de peixe e a farinha de vísceras de aves, obtendo valores superiores a 94% (Almeida e Abe, 2009). O elevado aproveitamento de nutrientes observado em *P. expansa* pode estar relacionado às características do trato gastrointestinal da espécie, especialmente ao maior desenvolvimento do estômago e intestino delgado, estruturas importantes no processo digestivo (Almeida; Abe, 2009).

Os ingredientes energéticos, milho e o farelo de trigo, podem compor dietas de *P. unifilis*, com até dois anos de idade, sem diminuir a eficiência digestiva desses animais, segundo os

valores do coeficiente de digestibilidade encontrados por Altino (2013). O mesmo pode-se concluir dos ingredientes proteicos, farelo de soja e farinha de carne e ossos (Altino, 2013).

Na dieta da *P. expansa* a disponibilidade de minerais e a digestibilidade dos nutrientes é influenciada pelos teores de fibra (Almeida, 2011). A *P. expansa* apresenta elevado potencial de digestão da fibra dietética, comparável ao de ruminantes e outros répteis herbívoros, com sua digestibilidade aumentando com o aumento do teor de fibra na dieta (Almeida, 2011).

4. REFERÊNCIAS

- ACOSTA-DÍAZ, A.; FACHÍN-TERÁN, A. Dietas y crecimiento de crías de taricaya *Podocnemis unifilis* (Chelonia: Pelomedusidae) en cautiverio, Iquitos-Perú. **Folia Amazónica**, v. 9, n. 1-2, p. 237-248, 1998. DOI: 10.24841/fa.v9i1-2.190.
- ALMEIDA, C.G.; ABE, A.S. Aproveitamento de alimentos de origem animal pela tartaruga-da-amazônia: *Podocnemis expansa* criada em cativeiro. **Acta Amazonica**, v. 39, p. 215-220, 2009. DOI: 10.1590/S0044-59672009000100023.
- ALMEIDA, C.G. **Crescimento e digestibilidade de dietas com diferentes teores de fibra para a tartaruga-da-Amazônia – *Podocnemis expansa***. 2011. 111 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal, 2011.
- ALTINO, V.S. **Digestibilidade de ingredientes energéticos e proteicos em dietas para tracajá (*Podocnemis unifilis*, Troschel 1848)**. 2013. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.
- ANDRADE, P.C.M.; DUARTE, J.A.M.; COSTA, F.S.; SILVA, A.V.; SILVA, J.R.S. Diagnóstico da criação de quelônios do estado do Amazonas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO DE FAUNA SILVESTRE EM AMAZÔNIA E LATINOAMÉRICA, 4., 1999, Assunção. **Programa y libro de resúmenes**. Assunção, Paraguai, 1999a. p. 110-111.
- ANDRADE, P.C.M.; COSTA, F.S.; DUARTE, J.A.M.; MOJELÓ, L.A.S.; LIMA, A.C. Desenvolvimento de diferentes espécies e populações de quelônios em cativeiro no estado do Amazonas – Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO DE FAUNA SILVESTRE EM AMAZÔNIA E LATINOAMÉRICA, 4., 1999, Assunção. **Programa y libro de resúmenes**. Assunção, Paraguai, 1999b. p. 115.
- ANDRADE, P.C.M.; LIMA, A.C. **Sistematização da metodologia de pesquisa-ação adotada pelo Projeto Pé-de-Pincha: manejo sustentável de quelônios por comunidades do Médio Amazonas**. 2005.
- ANDRADE, P.C.M. **Manejo comunitário de quelônios no Médio Amazonas e Juruá – Projeto Pé-de-Pincha**. Manaus: Gráfica Moderna, 2012. 755 p.
- ANDRADE, P.C.M. **Manejo comunitário de quelônios (Família Podocnemididae – *Podocnemis unifilis*, *P. sextuberculata*, *P. expansa*, *P. erythrocephala*) no médio rio**

Amazonas e Juruá. 2015. 336 f. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2015.

ANDRADE, P.C.M.; LIMA, A.C.; OLIVEIRA, A.B.; ALMEIDA JR., C.D.; OHANA, C.C.; SILVA, E.B.; SILVA, F.C.; SOUZA, H.P.G.; DUARTE, J.A.M.; MONTEIRO, J.A.; SILVA, J.M.; PINTO, J.R.S.; SILVA, L.C.N.; POND, M.C.D.; TEIXEIRA, R.L.; AZEVEDO, S.H.S.; ANÍZIO, T.L.F. Manejo comunitário de quelônios no Médio Amazonas: Projeto Pé-de-Pincha. In: ANDRADE, P.C.M. (Org.). **Manejo comunitário de quelônios: Projeto Pé-de-Pincha.** Manaus: UFAM/UNISOL, 2015a. p. 29-148.

ANDRADE, P.C.M.; PINTO, J.R.S.; GUIMARÃES, P.H.O.; GARCEZ, J.R.; DUARTE, J.A.M.; AZEVEDO, S.H. Sistematização dos métodos utilizados pelo Projeto Pé-de-Pincha para conservação comunitária de quelônios: transferência de ninhos e berçários. In: ANDRADE, P.C.M. (Org.). **Projeto Pé-de-Pincha: conservação e manejo de quelônios: manual para gestores ambientais.** Manaus: UNISOL/UFAM, 2015b. p. 81-120.

ANDRADE, P.C.M. Manejo participativo de quelônios por comunidades da Amazônia. In: MARCHAND, G.; VELDEN, F.V. (Org.). **Olhares cruzados sobre as relações entre seres humanos e animais silvestres na Amazônia (Brasil, Guiana Francesa).** Manaus: EDUA, 2017. p. 163-192.

ANDRADE, P.C.M.; OLIVEIRA, P.H.G.; PINTO, J.R.S.; CANTO, S.L.O.; OLAVO, G.; PEREIRA, M.C.G.; PEZZUTI, J.C.B.; LACAVA, R.V.; BALESTRA, R.A.M. Bases ecológicas para o manejo sustentável de quelônios amazônicos. In: LACAVA, R.V.; BALESTRA, R.A.M. (Org.). **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Quelônios Amazônicos.** Brasília, DF: IBAMA, 2019. p. 101-125.

ANDRADE, P.C.M.; PINTO, J.R.S.; OLIVEIRA, P.H.G. Community involvement in the processes of conservation of the Amazon freshwater turtles. In: LACAVA, R.V.; BALESTRA, R.A.M. (Eds.). **Brazilian Action Plan for the Conservation of Amazon Freshwater Turtles.** Tradução de A.M.C.G. Webster, R.C. Vogt e D.T. Norris. Brasília: IBAMA, 2021. p. 125-138.

ANDRADE, P.C.M.; OLIVEIRA, P.H.G.; LIMA, A.C.; DUARTE, J.A.M.; AZEVEDO, S.H.S.; OLIVEIRA, A.B.; ALMEIDA JÚNIOR, C.D.; SILVA, E.B.; GARCEZ, J.R.; PINTO, J.R.S.; SILVA, L.C.N.; MONTEIRO, M.S.; RODRIGUES, W.S.; ANÍZIO, T.L.F.; PONTES, A.L.B.; TEIXEIRA, R.L.; SILVA, J.M.; DUNCAN, W.L.P.; VOGT, R.C. Community-based

conservation and management of chelonians in the Amazon. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 10, 769328, 2022. DOI: 10.3389/fevo.2022.769328.

ANDRADE, P.C.M.; CARVALHO, A.D.B.; RODRIGUES, W.S.; VIANA FILHO, G.B.; LOPES, T.S.; MELO, R.D.; DUARTE, J.A.M.; SILVA, E.B.; CAMPOS-SILVA, J.V.; LIMA, A.C.; AZEVEDO, S.H.S.; MONTEIRO, M.S.; OLIVEIRA, P.H.G. Efeitos das mudanças climáticas e eventos extremos nos últimos 25 anos sobre a reprodução de testudines aquáticos na Amazônia. In: **Anais do XI Congresso Brasileiro de Herpetologia (CBH)**, Manaus, p. 392, 2025.

ANDRADE, P.C.M.; ABRAHÃO, C.R.; CARVALHO, D.; FERRÃO, M.; SILVEIRA, A.L.; SANTOS, A.T.; MEDEIROS, A.M.; REGOLIN, A.L.; FERRARA, C.R.; GROU, C.E.V.; CUNHA, F.A.G.; MAFFEI, F.; MOURA, G.J.B.; FRIOL, N.R.; VALADÃO, R.M.; SILVA, R.V.L.E.; ROCHA, S.B.; FAMELLI, S.; PORTELINHA, T.C.G.; MARQUES, T.S.; BRITO, E.S. ***Podocnemis erythrocephala***. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, 2026. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br>. Acesso em: 18 maio 2026.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A.; BONA FILHO, A. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos**. v. 1. São Paulo: Nobel, 2002. 395 p.

ARAÚJO, J.C.; PALHA, M.D.C.; ROSA, P.V. Nutrição na quelonicultura – revisão. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 10, n. 6, p. 2833-2871, 2013.

ARAÚJO, J.C.; ROSA, P.V.; PALHA, M.D.C.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.; SILVA, A.S.L. Effect of three feeding management systems on some reproductive parameters of Scorpion mud turtles (*Kinosternon scorpioides*) in Brazil. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, n. 3, p. 729-735, 2013a. DOI: 10.1007/s11250-012-0281-3.

ARAÚJO, J.C.; GADELHA, E.S.; PALHA, M.D.C.; ROSA, P.V. Minerais e vitaminas para quelônios em cativeiro. **PUBVET**, Londrina, v. 7, n. 5, ed. 228, art. 1506, 2013b.

BATISTELLA, A.M. **Ecologia de nidificação de *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemidae) em campinas do Médio Rio Negro-AM**. 2003. 42 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, 2003.

- BATISTELLA, A.M.; VOGT, R.C. Nesting ecology of *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemididae) of the Rio Negro, Amazonas, Brazil. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 7, n. 1, p. 12-20, 2008. DOI: 10.2744/CCB-0611.1.
- BERKES, F. Community-based conservation in a globalized world. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 39, p. 15188-15193, 2007. DOI: 10.1073/pnas.070209810.
- BERNHARD, R.; VOGT, R.C. Population structure of the turtle *Podocnemis erythrocephala* in the Rio Negro Basin, Brazil. **Herpetologica**, v. 68, n. 4, p. 491-504, 2012.
- BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T. Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, p. 20-30, 2004.
- BOYE, J.; WIJESINHA-BETTONI, R.; BURLINGAME, B. Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. **British Journal of Nutrition**, v. 108, n. S2, p. S183-S211, 2012. DOI: 10.1017/S0007114512002309.
- BRAZIL, M.V.S.; CHAVES, W.A.; VIDAL, M.D.; TAVARES, A.S.; WILCOVE, D.S. The potential and limitations of turtle farming to contribute to conservation in the Brazilian Amazon. **Biological Conservation**, v. 304, 111055, 2025. DOI: 10.1016/j.biocon.2025.111055.
- BRITO, E.S.; VALADÃO, R.M.; MALVASIO, A. *et al.* **Quelônios Continentais e Crocodilianos do Brasil**. 1. ed. Recife: Agência Estadual de Meio Ambiente do Estado de Pernambuco, 2025. 346 p. DOI: 10.5281/zenodo.16738734.
- CASTRO, I.C.; ANDRADE, P.C.M.; MONTEIRO, M.S.; DUARTE, J.A.M.; MEDEIROS, P.A. Use of by-products and waste in the manufacture of artisan feed for hatchlings of giant South American river turtle (*Podocnemis expansa*) and yellow spotted river turtle (*Podocnemis unifilis*) and in Jurua community breeding systems. **Revista Agroecossistemas**, v. 14, n. 2, p. 22-44, 2022. DOI: 10.18542/ragros.v14i2.11604.
- CAMPOS-SILVA, J.V.; HAWES, J.E.; ANDRADE, P.C.M.; PERES, C.A. Unintended multispecies co-benefits of an Amazonian community-based conservation programme. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 11, p. 650-656, 2018. DOI: 10.1038/s41893-018-0170-5.
- CAMPOS-SILVA, J.V.; PERES, C.A.; HAWES, J.E.; ABRAHAM, M.I.; ANDRADE, P.C.M.; DAVENPORT, L. Community-based conservation with formal protection provides large collateral benefits to Amazonian migratory waterbirds. **PLOS ONE**, v. 16, n. 4, e0250022, 2021. DOI: 10.1371/journal.pone.0250022.

- CANTARELLI, V.H.; MALVASIO, A.; VERDADE, L.M. Brazil's *Podocnemis expansa* conservation program: retrospective and future directions. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 13, n. 1, p. 124-128, 2014. DOI: 10.2744/CCB-0926.1.
- CANTO, S.L.O.; OLIVEIRA, M.S.; RODRIGUES, E.C.P.G.; DUARTE, J.A.M.; ANDRADE, P.C.M. Consumo de produtos da fauna silvestre no estado do Amazonas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO DE FAUNA SILVESTRE EN AMAZONIA Y LATINOAMERICA, 4., 1999, Assunção. **Programa y libro de resúmenes**. Assunção, Paraguai, 1999. p. 225.
- CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DO AMAZONAS (CEMAAM). **Resolução CEMAAM nº 25, de 18 de agosto de 2017**. Cria as Zonas de Proteção Temporária de Quelônios no Estado do Amazonas. Manaus, 2017a.
- CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DO AMAZONAS (CEMAAM). **Resolução CEMAAM nº 26, de 18 de agosto de 2017**. Estabelece procedimentos técnicos para a criação e o manejo comunitário de quelônios no Estado do Amazonas e dá outras providências. Manaus, 2017b.
- CHAVES, W.A.; VALLE, D.; TAVARES, A.S.; MORCATTY, T.Q.; WILCOVE, D.S. Impacts of rural to urban migration, urbanization, and generational change on consumption of wild animals in the Amazon. **Conservation Biology**, v. 35, n. 4, p. 1186-1197, 2021a. DOI: 10.1111/cobi.13663.
- CHAVES, W.A.; VALLE, D.; TAVARES, A.S.; VON MÜHLEN, E.M.; WILCOVE, D.S. Investigating illegal activities that affect biodiversity: the case of wildlife consumption in the Brazilian Amazon. **Ecological Applications**, v. 31, n. 7, e02402, 2021b. DOI: 10.1002/eap.2402.
- CHERIAN, G. **A guide to the principles of animal nutrition**. Corvallis: Oregon State University, 2020. 163 p.
- CITES – CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA. **Appendices I, II and III**. 2025. Disponível em: <https://cites.org/eng/app/appendices.php>. Acesso em: 24 set. 2025.
- CHARITY, S.; FERREIRA, J.M. **Wildlife trafficking in Brazil**. Cambridge: TRAFFIC International, 2020. 140 p.
- CHO, C.Y. La energía en la nutrición de los peces. In: ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J.; LABARTA, U. (Eds.). **Nutrición en acuicultura II**. Madrid: Acribia S.A., 1987. p. 197-237.

CHO, C.Y. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. **Aquaculture**, v. 100, n. 1-3, p. 107-123, 1992. DOI: 10.1016/0044-8486(92)90353-M.

CHO, C.Y.; BUREAU, D.P. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 349-360, 2001. DOI: 10.1046/j.1355-557x.2001.00027.x.

COSTA, F.S.; ANDRADE, P.C.M.; DUARTE, J.A.M.; MOJELÓ, L.A.S.; LIMA, A.C. Efeitos do tipo de instalação, densidade e níveis de energia na ração sobre o desempenho de tartarugas (*Podocnemis expansa*) criadas em cativeiro no estado do Amazonas-Brasil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO DE FAUNA SILVESTRE EN AMAZONIA Y LATINOAMERICA, 4., 1999, Assunção. **Programa y libro de resúmenes**. Assunção, Paraguai, 1999. p. 102.

COSTA, F.S.; DUARTE, J.A.M.; OLIVEIRA, P.H.G.; ANDRADE, P.C.M. Alimentação e nutrição de quelônios aquáticos amazônicos (*Podocnemis* spp.). In: ANDRADE, P.C.M. (Ed.). **Criação e manejo de quelônios no Amazonas**. 2. ed. Manaus: ProVárzea/FAPEAM/SDS, 2008a. p. 259-286.

COSTA, F.S.; OLIVEIRA, P.H.G.; ANDRADE, P.C.M.; COSTA, P.M.; ABE, A.S. Desenvolvimento de tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) e tracajá (*Podocnemis unifilis*) em cativeiro, alimentados com dietas artificiais em diferentes instalações. In: ANDRADE, P.C.M. (Ed.). **Criação e manejo de quelônios no Amazonas**. 2. ed. Manaus: ProVárzea/FAPEAM/SDS, 2008b. p. 287-328.

COSTA, H.C.; GUEDES, T.B.; BERNILS, R.S. Lista de répteis do Brasil: padrões e tendências. **Herpetologia Brasileira**, v. 10, n. 3, 2021. DOI: 10.5281/zenodo.5838950.

CUNHA, F.L.R. **Dieta de quatro espécies do gênero *Podocnemis* (Testudines, Podocnemididae) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uatumã, Amazonas, Brasil**. 2013. 71 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2013.

CUNHA, F.A.G.; SAMPAIO, I.; CARNEIRO, J.; VOGT, R.C. A new species of Amazon freshwater toad-headed turtle in the genus *Mesoclemmys* (Testudines: Pleurodira: Chelidae) from Brazil. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 20, n. 2, p. 151-166, 2021. DOI: 10.2744/CCB-1448.1.

- CUNHA, F.A.G.; SAMPAIO, I.; CARNEIRO, J.; VOGT, R.C.; MITTERMEIER, R.A.; RHODIN, A.G.J.; ANDRADE, M.C. A new South American freshwater turtle of the genus *Mesoclemmys* from the Brazilian Amazon (Testudines: Pleurodira: Chelidae). **Chelonian Conservation and Biology**, v. 21, n. 2, p. 158-180, 2022. DOI: 10.2744/CCB-1524.1.
- CUNHA, F.L.R.; BERNHARD, R.; VOGT, R.C. Diet of an assemblage of four species of turtles (*Podocnemis*) in the Rio Uatumã, Amazonas, Brazil. **Copeia**, v. 108, n. 1, p. 103-115, 2020. DOI: 10.1643/CE-18-117.
- DANTAS FILHO, J.V.; PONTUSCHKA, R.B.; FRANCK, K.M.; GASPAROTTO, P.H.G.; CAVALI, J. Cultivo de quelônios promove conservação e o desenvolvimento social e econômico da Amazônia. **Revista Ciência e Saúde Animal**, v. 2, suplemento, p. 9-31, 2020. DOI: 10.6084/m9.figshare.12058596.v1.
- DE MARCO, M.; MIRAGLIA, N.; PEIRETTI, P.G.; BERGERO, D. Apparent digestibility of wheat bran and extruded flax in horses determined from the total collection of feces and acid-insoluble ash as an internal marker. **Animal**, v. 6, n. 2, p. 227-231, 2012. DOI: 10.1017/S1751731111001297.
- DIOLORENZO, N. Planning and analyzing digestibility experiments. In: MILLEN, D.D.; DE BENI ARRIGONI, M.; LAURITANO PACHECO, R.D. (Eds.). **Rumenology**. 2016. p. 281-308.
- EISEMBERG, C.C.; REYNOLDS, S.J.; CHRISTIAN, K.A.; VOGT, R.C. Diet of Amazon river turtles (*Podocnemididae*): a review of the effects of body size, phylogeny, season and habitat. **Zoology**, v. 120, p. 92-100, 2017. DOI: 10.1016/j.zool.2016.07.003.
- FAGUNDES, C.K.; VOGT, R.C.; DE SOUZA, R.A.; DE MARCO JÚNIOR, P. A large scale analysis of threats to the nesting sites of *Podocnemis* species and the effectiveness of the coverage of these areas by the Brazilian Action Plan for Amazon Turtle Conservation. **Journal for Nature Conservation**, v. 61, 125997, 2021. DOI: 10.1016/j.jnc.2021.125997.
- FANTIN, C.; FARIAS, I.P.; MONJELÓ, L.A.S.; HRBEK, T. Polyandry in the red-headed river turtle *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemididae) in the Brazilian Amazon. **Genetics and Molecular Research**, v. 9, n. 1, p. 435-440, 2010. DOI: 10.4238/vol9-1gmr749.
- FERNANDES-NETO, D.L.; SOBRAL, J.S. **Níveis de cálcio e fósforo para muçã (*Kinosternon scorpioides*) em cativeiro**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

- FIORI, M.M.; SANTOS, C.F.M. Colonizadores portugueses, tartarugas e peixes-boi: uma história da busca por carne, gordura e combustível na Amazônia do século XVIII. **Diálogos**, v. 17, n. 3, p. 1247-1257, 2013. DOI: 10.4025/dialogos.v17i3.805.
- FIORI, M.M.; SANTOS, C.F.M. **A carne, a gordura e os ovos: colonização, caça e pesca na Amazônia**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2015. 109 p.
- FORERO-MEDINA, G.; FERRARA, C.R.; VOGT, R.C.; *et al.* On the future of the giant South American river turtle *Podocnemis expansa*. **Oryx**, v. 55, n. 1, p. 73-80, 2021. DOI: 10.1017/S0030605318001370.
- FONTAINE, S.S.; NOVARRO, A.J.; KOHL, K.D. Environmental temperature alters the digestive performance and gut microbiota of a terrestrial amphibian. **Journal of Experimental Biology**, v. 221, n. 20, jeb187559, 2018. DOI: 10.1242/jeb.187559.
- FÉLIX-SILVA, D.; PEZZUTI, J.C.B.; ALCÂNTARA, A.; BARBOZA, R.S.L.; DERZI, M.V. Ameaças aos quelônios amazônicos. In: LACAVA, R.V.; BALESTRA, R.A.M. (Orgs.). **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Quelônios Amazônicos**. Brasília: IBAMA, 2019. p. 141-164.
- FERRARA, C.R.; FAGUNDES, C.K.; MORCATTY, T.Q.; VOGT, R.C. **Quelônios amazônicos: guia de identificação e distribuição**. Manaus: Wildlife Conservation Society Brasil, 2017. 182 p.
- FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; BOSCOLO, W.R.; CYRINO, J.E.P.; FURUYA, V.R.B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010.
- FURUYA, W.M.; FURUYA, V.R.B.; NAGAE, M.Y.; GRACIANO, T.S.; MICHELATO, M.; XAVIER, T.O.; VIDAL, L.V. Nutrição de tilápias no Brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 1, p. 19-34, 2012. DOI: 10.18188/sap.v11i1.6352.
- FURUYA, W.M. Nutrição de tilápias no Brasil. **Varia Scientia Agrárias**, v. 3, n. 1, p. 133-150, 2013.
- GARCEZ, J.R.; ANDRADE, P.C.M.; SOARES, M.G.M. Composição da dieta de três espécies de quelônios (*Podocnemis* spp.) no rio Juruá, Amazonas. **Revista Igapó**, v. 14, n. 1, 2020.
- GARCEZ, J.R.; OLIVEIRA, A.B.; ANDRADE, P.C.M. et al. Criação comercial e comunitária de quelônios no estado do Amazonas. In: MATTOS, B.O.; PANTOJA-LIMA, J.; OLIVEIRA, A.T.

- et al. (Orgs.). **Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias**. Ponta Grossa: Atena, 2021. p. 13-30. DOI: 10.22533/at.ed.042211503256.
- GARCEZ, J.R.; SANTOS, G.F.D.; SANTOS, M. et al. Impacto da dieta alternativa com vegetais *in natura* no crescimento e custos da criação de tracajás (*Podocnemis unifilis*). **Revista Sociedade Científica**, v. 7, n. 1, p. 3307-3332, 2024. DOI: 10.61411/rsc202460217.
- GIBBONS, J.W. Why do turtles live so long? **BioScience**, v. 37, n. 4, p. 262-269, 1987. DOI: 10.2307/1310589.
- HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.). **Fish nutrition**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2002. 824 p.
- HISANO, H.; SAMPAIO, F.G.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E. Composição nutricional e digestibilidade aparente da levedura íntegra, da levedura autolisada e da parede celular pela tilápia-do-Nilo. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 43-49, 2008.
- IBAMA. **Instrução Normativa IBAMA nº 07, de 30 de abril de 2015**. Institui e normatiza as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro e define, no âmbito do IBAMA, os procedimentos autorizativos para as categorias estabelecidas. Brasília: IBAMA, 2015.
- IBAMA. **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Quelônios Amazônicos**. LACAVA, R.V.; BALESTRA, R.A.M. (Orgs.). Brasília: IBAMA, 2019. 192 p.
- ICMBIO – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: volume IV – Répteis**. Brasília: ICMBio/MMA, 2018. 255 p.
- ICMBIO – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Instrução Normativa ICMBio nº 03, de 1 de abril de 2022**. Estabelece normas e procedimentos para o manejo comunitário de quelônios das espécies tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) e tracajá (*Podocnemis unifilis*), em Floresta Nacional (Flona), Reserva Extrativista (Resex) e Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) federais, nas áreas de ocorrência natural das espécies, e dá outras providências. Brasília: ICMBio, 2022.
- IHLOW, F.; DAMBACH, J.; ENGLER, J.O.; FLECK, M.; HARTMANN, T.; NEKUM, S.; RAJAEI, H.; RÖDDER, D. On the brink of extinction? How climate change may affect global chelonian species richness and distribution. **Global Change Biology**, v. 18, n. 5, p. 1520-1530, 2012. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2011.02623.x.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2025-2, 2025. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 23 maio 2026.

IVERSON, J.B. **A revised checklist with distribution maps of the turtles of the world**. Richmond: Earlham College, 1992. 363 p.

JO, J.K.; INGALE, S.L.; KIM, J.S.; KIM, Y.W.; KIM, K.H.; LOHAKARE, J.D.; LEE, J.H.; CHAE, B.J. Effects of exogenous enzyme supplementation to corn- and soybean meal-based or complex diets on growth performance, nutrient digestibility, and blood metabolites in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 9, p. 3041-3048, 2012. DOI: 10.2527/jas.2010-3430.

JÚNIOR, C.E.; BARRADAS, A.C. Por que as tartarugas não termorregulam na praia? Ecologia térmica de quelônios (Testudines: *Podocnemis unifilis* e *Phrynops geoffroanus*) do rio Kuluene. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 15, n. 2, p. 198-204, 2017.

LACAVA, R.V.; CARVALHO, D.C.O.; PEZZUTI, J.C.B.; SILVA, L.C.F.; MIORANDO, P.S.; FONSECA, R.A. Recovery of the Giant South American River Turtle in four decades of a network-based conservation program in the Brazilian Amazon. **Biodiversity and Conservation**, v. 34, n. 1, p. 283-297, 2025. DOI: 10.1007/s10531-024-02971-1.

LUISELLI, L.; STARITA, A.; CARPANETO, G.M.; SEGNIAGBETO, G.H.; AMORI, G. A short review of the international trade of wild tortoises and freshwater turtles across the world and throughout two decades. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 15, n. 2, p. 167-172, 2016. DOI: 10.2744/CCB-1216.1.

LYSON, T.R.; RUBIDGE, B.S.; SCHEYER, T.M.; DE QUEIROZ, K.; SCHACHNER, E.R.; SMITH, R.M.H.; BOTHA-BRINK, J.; BEVER, G.S. Fossorial origin of the turtle shell. **Current Biology**, v. 26, p. 1887-1894, 2016. DOI: 10.1016/j.cub.2016.05.020.

LUZ, V.L.F. **Criação comercial de tartaruga e tracajá: manual técnico**. Cuiabá: SEBRAE, 2005. 77 p.

LUZ, V.L.F.; MALVASIO, A.; BALESTRA, R.A.M.; SALERA JÚNIOR, G.; SOUZA, V.L.; PORTELINHA, T.C.G.; UHLIG, V.M.; PORTAL, R.R. Conservação dos quelônios amazônicos no Brasil. In: LACAVA, R.V.; BALESTRA, R.A.M. (Orgs.). **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Quelônios Amazônicos**. Brasília: IBAMA, 2019. p. 11-18.

MELO, L.A.S.; IZEL, A.C.U.; ANDRADE, P.C.M.; SILVA, A.V.; HOSSAINE-LIMA, M.G. **Criação de tartaruga da Amazônia (*Podocnemis expansa*)**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2003. 14 p. (Documentos, 26).

- MELO, R.D. **Níveis de energia para matrizes de tartaruga (*Podocnemis expansa*, Schweigger, 1812) em cativeiro no Amazonas**. 2026. 135 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2026.
- MITTERMEIER, R.A.; WILSON, R.A. Redescription of *Podocnemis erythrocephala* (Spix, 1824), an Amazonian Pelomedusid turtle. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 29, p. 147-162, 1974.
- MITTERMEIER, R.A.; VOGT, R.C.; BERNHARD, R.; FERRARA, C.R. *Podocnemis erythrocephala* (Spix 1824) – Red-headed Amazon River Turtle, Irapuca. In: RHODIN, A.G.J.; PRITCHARD, P.C.H.; VAN DIJK, P.P.; SAUMURE, R.A.; BUHLMANN, K.A.; IVERSON, J.B.; MITTERMEIER, R.A. (Eds.). **Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: a compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group**. Chelonian Research Monographs, v. 5, n. 8, p. 087.1-087.10, 2015. DOI: 10.3854/crm.5.087.erythrocephala.v1.2015.
- MUÑOZ, M.O.; RODRÍGUEZ, C.D.M.; ATUESTA-DIMIAN, N. Estimación de la abundancia de tortugas en la Estrella Fluvial de Inírida, Colombia a través de monitoreo comunitário. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE FAUNA SILVESTRE EN LA AMAZONÍA Y LATINOAMÉRICA, 16., 2025, México. **Libro de resúmenes**. México, 2025. p. 202.
- NANKERVIS, L.; MATTHEWS, S.J.; APPLEFORD, P. Effect of dietary non-protein energy source on growth, nutrient retention and circulating insulin-like growth factor I and triiodothyronine levels in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. **Aquaculture**, v. 191, n. 4, p. 323-335, 2000. DOI: 10.1016/S0044-8486(00)00436-1.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, D.C.: National Academies Press, 2011. 392 p.
- NOVELLE, S.M.H. **Caracterização do micro-habitat dos ninhos e predação dos ovos de *Podocnemis erythrocephala* em áreas de desova no Rio Ayuanã, AM**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.
- OLIVEIRA, P.H.G.; CASTRO, I.C.; ANDRADE, P.C.M.; MONTEIRO, M.S.; GAMA NETO, C.V. Alimentação de filhotes e juvenis de tracajás (*Podocnemis unifilis*) e tartarugas (*Podocnemis expansa*) na natureza e em sistemas de criação comunitária no Amazonas. **Revista Agroecossistemas**, v. 12, n. 1, p. 83-98, 2020. DOI: 10.18542/ragros.v12i1.8956.

- OLIVEIRA, P.H.G.; SILVA, J.F.; ANDRADE, P.C.M.; ARRUDA, J.C.; LIMA, A.C. Riverside dwellers' knowledge that comes from the igapó: plants consumed by chelonians (*Podocnemis* spp.) in the Andirá river, Amazonas, Brazil. **Revista Agroecossistemas**, v. 14, n. 2, p. 105-133, 2022. DOI: 10.18542/ragros.v14i2.11184.
- ORTIZ-CHURA, A.; PARI-PUMA, R.M.; RODRÍGUEZ HUANCA, F.H.; CERÓN-CUCCHI, M.E.; ARANÍBAR ARANÍBAR, M.J. Apparent digestibility of dry matter, organic matter, protein and energy of native Peruvian feedstuffs in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 21, 32, p. 1-7, 2018. DOI: 10.1186/s41240-018-0111-2.
- PAILAN, G.H.; BISWAS, G. Feed and feeding strategies in freshwater aquaculture. In: **Transforming coastal zone for sustainable food and income security: proceedings of the International Symposium of ISCAR on Coastal Agriculture**. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 455-475.
- PAILLER, S.; NAIDOO, R.; BURGESS, N. D.; FREEMAN, O. E.; FISHER, B. Impacts of community-based natural resource management on wealth, food security and child health in Tanzania. **PLOS ONE**, v. 10, n. 7, e0133252, 2015. DOI: 10.1371/journal.pone.0133252.
- PANTOJA-LIMA, J.; ARIDE, P.H.R.; OLIVEIRA, A.T.; FÉLIX-SILVA, D.; PEZZUTI, J.C.B.; REBÊLO, G.H. Chain of commercialization of *Podocnemis* spp. turtles (Testudines: Podocnemididae) in the Purus River, Amazon basin, Brazil: current status and perspectives. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 10, n. 1, 8, 2014. DOI: 10.1186/1746-4269-10-8.
- PEREIRA, M.G.; CARNEIRO, B.F.; MIRANDA, M.M.; ARAÚJO, L.B.M. Hipovitaminose A em tigre d'água (*Trachemys dorbignyi*): relato de caso. **PUBVET**, v. 11, n. 5, p. 466-469, 2017. DOI: 10.22256/PUBVET.V11N5.466-469.
- PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.Q.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. (Eds.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004. cap. 5, p. 75-169.

- PEZZUTI, J.C.B.; LIMA, J.P.; SILVA, D.F.; BEGOSSI, A. Uses and taboos of turtles and tortoises along Rio Negro, Amazon Basin. **Journal of Ethnobiology**, v. 30, n. 1, p. 153-168, 2010. DOI: 10.2993/0278-0771-30.1.153.
- PINTO, J.G.S. **Radiographic anatomy aspects and gastrointestinal transit time in tracajá *Podocnemis unifilis* Troschel, 1848 (Testudines, Podocnemididae)**. 2008. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.
- PLASMAN, M.; MCCUE, M.D.; REYNOSO, V.H.; TERBLANCHE, J.S.; CLUSELLA-TRULLAS, S. Environmental temperature alters the overall digestive energetics and differentially affects dietary protein and lipid use in a lizard. **Journal of Experimental Biology**, v. 222, n. 6, jeb194480, 2019. DOI: 10.1242/jeb.194480.
- POND, W.G.; CHURCH, D.C.; POND, K.R.; SCHOKNECHT, P.A. Basic animal nutrition and feeding. 5. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2005. 608 p.
- RAHMAN, M.M.; LEE, K.J.; LEE, S.M. Effect of dietary carbohydrate sources on apparent nutrient digestibility of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) feed. **Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 19, 15, p. 1-5, 2016. DOI: 10.1186/s41240-016-0018-8.
- REBÊLO, G.; PEZZUTI, J. Percepções sobre o consumo de quelônios na Amazônia: sustentabilidade e alternativas ao manejo atual. **Ambiente & Sociedade**, n. 6-7, p. 85-104, 2000. DOI: 10.1590/S1414-753X2000000100005.
- RODRIGUES, C.A.L.; MEDEIROS, A.M.; TCHAICKA, L.; PEREIRA, L.A.; OLIVEIRA, A.S.; SOUSA, A.L. Captivity breeding model and aspects on management of the *Kinosternon scorpioides*. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 254, p. 309-315, 2017.
- RHODIN, A.G.J.; STANFORD, C.B.; VAN DIJK, P.P. *et al.* Global conservation status of turtles and tortoises (Order Testudines). **Chelonian Conservation and Biology**, v. 17, n. 2, p. 135-161, 2018. DOI: 10.2744/CCB-1348.1.
- RODRIGUES, M.J.J.; CARDOSO, E.C.; HIDENBURGO, I.; CINTRA, A.; MORENO, W.C. Cálcio e fósforo na dieta natural da tartaruga-da-Amazônia, *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812). In: **CONGRESO IBEROAMERICANO VIRTUAL DE ACUICULTURA**, 4., 2006. Comunicación científica – CIVA 2006. p. 291-299.
- RUEDA-ALMONACID, J.V.; CARR, J.L.; MITTERMEIER, R.A.; RODRÍGUEZ-MAHECHA, J.V.; MAST, R.B.; VOGT, R.C.; RHODIN, A.G.J.; DE LA OSSA-VELÁSQUEZ, J.; RUEDA, J.N.; GOETTSCH MITTERMEIER, C. **Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos**

del trópico. Bogotá: Conservación Internacional; Editorial Panamericana, Formas e Impresos, 2007. 538 p. (Serie Guías Tropicales de Campo, n. 6).

SÁ, V.A.; QUINTANILHA, L.C.; FRENEAU, G.E.; LUZ, V.L.F.; BORJA, A.L.R.; SILVA, P.C. Crescimento ponderal de filhotes de tartaruga gigante da Amazônia (*Podocnemis expansa*) submetidos a tratamento com rações isocalóricas contendo diferentes níveis de proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, supl. 3, p. 2351-2358, 2004. DOI: 10.1590/S1516-35982004000900022.

SANKIAN, Z.; KHOSRAVI, S.; KIM, Y.O.; LEE, S.M. Effect of dietary protein and lipid level on growth, feed utilization, and muscle composition in golden mandarin fish *Siniperca scherzeri*. **Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 20, 7, p. 1-6, 2017. DOI: 10.1186/s41240-017-0053-0.

SANTOS JUNIOR, L.B. **Dieta de *Podocnemis erythrocephala* (Testudines: Podocnemididae) no Parque Nacional do Jaú, Amazonas, Brasil.** 2009. 29 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009.

SANTOS, A.L.Q.; LOPES, L.A.R.; FERREIRA, C.G.; VIEIRA, L.G.; KAMINISHI, A.P.S.; MENEZES, L.T.; LEONARDO, T.G. Determination of gastrointestinal transit time in *Podocnemis expansa* Schweigger, 1812 (Amazon turtle) (Testudines: Podocnemididae). **PUBVET**, v. 5, n. 12, 2011.

SANTOS, R.C.; VIANA, M.N.S.; MONJELÓ, L.A.S.; ANDRADE, P.C.M.; PANTOJA-LIMA, J.; OLIVEIRA, P.H.G.; VOGT, R.C.; PEZZUTI, J.C.B.; SITES JR., J.W.; HRBEK, T.; FARIAS, I.P. Testing the effects of barriers on the genetic connectivity in *Podocnemis erythrocephala* (red-headed Amazon River Turtle): implications for management and conservation. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 15, n. 1, p. 12-22, 2016. DOI: 10.2744/CCB-1184.1.

SANTOS, J.R. **Tempo de trânsito gastrintestinal em juvenis de tracajá (*Podocnemis unifilis*) alimentados com diferentes fontes proteicas.** 2012. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.

SCHNEIDER, L.; BELGER, L.; BURGER, J.; VOGT, R.C.; FERRARA, C.R. Mercury levels in muscle of six species of turtles eaten by people along the Rio Negro of the Amazon basin. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 58, n. 2, p. 444-450, 2010. DOI: 10.1007/s00244-009-9358-z.

SCHNEIDER, L.; FERRARA, C.R.; VOGT, R.C.; BURGER, J. History of turtle exploitation and management techniques to conserve turtles in the Rio Negro Basin of the Brazilian Amazon.

Chelonian Conservation and Biology, v. 10, n. 1, p. 149-157, 2011. DOI: 10.2744/CCB-0848.1.

SCHOP, M.; JANSMAN, A.J.M.; DE VRIES, S.; GERRITS, W.J.J. Increasing intake of dietary soluble nutrients affects digesta passage rate in the stomach of growing pigs. **British Journal of Nutrition**, v. 121, n. 5, p. 529-537, 2019. DOI: 10.1017/S0007114518003756

SILVA, M.A.; OLIVEIRA, J.S.; SANTOS, E.M.; CRUZ, G.F.L.; ARAÚJO, G.G.L.; SILVA, M.M.C.; SOBRAL, G.C.; RAMOS, J.P.F.; GOMES, P.G.B.; LEITE, G.M.; SANTOS, M.A.C.; TORRES JÚNIOR, P.C.; MATIAS FILHO, A.F. Evaluation of internal markers in digestibility estimation for sheep and goats. **Tropical Animal Health and Production**, v. 56, n. 4, 126, 2024. DOI: 10.1007/s11250-024-03963-7.

SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: Chapman & Hall, 1995. 319 p. (Aquaculture Series, v. 1).

SILVA, M.F.O.; ROMANELI, R.S.; MUSSOI, L.F.; MASAGOUNDER, K.; FRACALOSSI, D.M. Impact of reference diet composition on apparent digestibility coefficients of two protein-rich ingredients in Nile tilapia. **Scientia Agricola**, v. 80, e20220189, 2023. DOI: 10.1590/1678-992X-2022-0189.

SHAFFER, H.B.; MCCARTNEY-MELSTAD, E.; NEAR, T.J.; MOUNT, G.G.; SPINKS, P.Q. Phylogenomic analyses of 539 highly informative loci dates a fully resolved time tree for the major clades of living turtles (Testudines). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 115, p. 7-15, 2017. DOI: 10.1016/j.ympev.2017.07.006.

SMITH, N.J.H. Aquatic turtles of Amazonia: an endangered resource. **Biological Conservation**, v. 16, n. 3, p. 165-176, 1979.

STANFORD, C.B.; IVERSON, J.B.; RHODIN, A.G.J. *et al.* Turtles and tortoises are in trouble. **Current Biology**, v. 30, n. 12, p. R721-R735, 2020. DOI: 10.1016/j.cub.2020.04.088.

THOMSON, S.A. Turtles of the world: annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status. **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, v. 20, n. 2, p. 225-228, 2021. DOI: 10.11606/issn.2316-9079.v20i2p225-228.

THORBJARNARSON, J.; LAGUEUX, C.J.; BOLZE, D.; KLEMENS, M.W.; MEYLAN, A.B. Human use of turtles: a worldwide perspective. In: KLEMENS, M.W. (Ed.). **Turtle conservation**. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 2000. p. 33-84.

TORTOISE & FRESHWATER TURTLE SPECIALIST GROUP. *Podocnemis erythrocephala*. **The IUCN Red List of Threatened Species**, 1996. DOI: 10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T17821A7498361.en.

TRAJANO, M.C.; CARNEIRO, L.P. **Diagnóstico da criação comercial de animais silvestres no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2019. 56 p. ISBN: 978-85-7300-393-2.

TURTLE CONSERVATION COALITION. **Turtles in trouble: the world's 25+ most endangered tortoises and freshwater turtles – 2011**. RHODIN, A.G.J.; WALDE, A.D.; HORNE, B.D.; VAN DIJK, P.P.; BLANCK, T.; HUDSON, R. (Eds.). Lunenburg, MA: IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group; Turtle Conservation Fund; Turtle Survival Alliance; Turtle Conservancy; Chelonian Research Foundation; Conservation International; Wildlife Conservation Society; San Diego Zoo Global, 2011. 54 p.

TURTLE CONSERVATION COALITION. **Turtles in trouble: the world's 25+ most endangered tortoises and freshwater turtles – 2018**. STANFORD, C.B.; RHODIN, A.G.J.; VAN DIJK, P.P.; HORNE, B.D.; BLANCK, T.; GOODE, E.V.; HUDSON, R.; MITTERMEIER, R.A.; CURRYLOW, A.; EISEMBERG, C.; FRANKEL, M.; GEORGES, A.; GIBBONS, P.M.; JUVIK, J.O.; KUCHLING, G.; LUISELLI, L.; SHI, H.; SINGH, S.; WALDE, A. (Eds.). Ojai, CA: IUCN SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group; Turtle Conservancy; Turtle Survival Alliance; Turtle Conservation Fund; Chelonian Research Foundation; Conservation International; Wildlife Conservation Society; Global Wildlife Conservation, 2018. 80 p.

TURTLE TAXONOMY WORKING GROUP (RHODIN, A.G.J.; IVERSON, J.B.; BOUR, R.; FRITZ, U.; GEORGES, A.; SHAFFER, H.B.). **Turtles of the world: annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status**. 9. ed. Chelonian Research Monographs, v. 8, p. 1-472, 2021. DOI: 10.3854/crm.8.checklist.atlas.v9.2021.

TURTLE TAXONOMY WORKING GROUP (TTWG). **Turtles of the world: annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status**. 10. ed. In: RHODIN, A.G.J.; IVERSON, J.B.; VAN DIJK, P.P.; STANFORD, C.B.; GOODE, E.V.; BUHLMANN, K.A.; MITTERMEIER, R.A. (Eds.). *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: a compilation project of the IUCN SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group*. Chelonian Research Monographs, v. 10, p. 1-575, 2025. DOI: 10.3854/crm.10.checklist.atlas.v10.2025.

- VAN DIJK, P.P.; IVERSON, J.B.; RHODIN, A.G.J.; SHAFFER, H.B.; BOUR, R. Turtles of the world, 7th edition: annotated checklist of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status. **Chelonian Research Monographs**, v. 5, n. 7, p. 329-479, 2014. DOI: 10.3854/crm.5.000.checklist.v7.2014.
- VARGAS-RAMÍREZ, M.; CABALLERO, S.; MORALES-BETANCOURT, M.A.; LASSO, C.A.; AMAYA, L.; MARTÍNEZ, J.G.; VIANA, M.N.S.; VOGT, R.C.; FARIAS, I.P.; HRBEK, T.; CAMPBELL, P.D.; FRITZ, U. Genomic analyses reveal two species of the matamata (Testudines: Chelidae: *Chelus* spp.) and clarify their phylogeography. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 148, 106823, 2020. DOI: 10.1016/j.ympev.2020.106823.
- VELÁSQUEZ, A.V.; OLIVEIRA, C.A.; MARTINS, C.M.M.R.; BALIEIRO, J.C.C.; SILVA, L.F.P.; FUKUSHIMA, R.S.; SOUSA, D.O. Diet, marker and fecal sampling method interactions with internal and external marker pairs when estimating dry matter intake in beef cattle. **Livestock Science**, v. 253, 104730, 2021. DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104730.
- VITT, L.J.; CALDWELL, J.P. **Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles**. 4. ed. Amsterdam: Academic Press, 2013. 776 p.
- VOGT, R.C.; MARQUES, A.; REBÊLO, G.H.; MOREIRA, G.; FACHIN, A.; GASNIER, T.; ARMOND, P. Geographic distribution: Testudines: *Podocnemis erythrocephala* (tracajá piranga). **Herpetological Review**, v. 22, p. 25, 1991.
- VOGT, R.C. Turtles of the Rio Negro. In: CHAO, N.L.; PETRY, P.; PRANG, G.; SONNESCHIEN, L.; TLUSTY, M. (Eds.). **Conservation and management of ornamental fish resources of the Rio Negro Basin, Amazonia, Brazil (Project Piaba)**. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, 2001. p. 260-271.
- VOGT, R.C. **Tartarugas da Amazônia**. Manaus: INPA; Amazon Conservation Association, 2008. 104 p.
- VOGT, R.C. Espécies-alvo do Plano de Ação Nacional para Conservação dos Quelônios Amazônicos. In: LACAVA, R.V.; BALESTRA, R.A.M. (Orgs.). **Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Quelônios Amazônicos**. Brasília: IBAMA, 2019. p. 19-34.
- WOLFE, R.R.; RUTHERFURD, S.M.; KIM, I.Y.; MOUGHAN, P.J. Protein quality as determined by the Digestible Indispensable Amino Acid Score: evaluation of factors underlying the calculation. **Nutrition Reviews**, v. 74, n. 9, p. 584-599, 2016. DOI: 10.1093/nutrit/nuw022.

YOSHIOKA, E.T.O.; COSTA, R.A.; BRASILIENSE, A.R.P.; CASTELO, A.S.; DAMASCENO, L.F. **Avaliação fisiológica de filhotes de tracajás *Podocnemis unifilis* alimentados com diferentes níveis de proteína nas rações.** Macapá: Embrapa Amapá, 2017. 33 p. (Embrapa Amapá. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 98).

CAPÍTULO II - A produção do conhecimento científico sobre a irapuça (*Podocnemis erythrocephala*): uma abordagem bibliométrica para a conservação

5. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada uma busca bibliográfica estruturada nas bases de dados Scopus, Web of Science e Google Scholar, utilizando o descritor "*Podocnemis erythrocephala*". A estratégia de busca foi inicialmente conduzida em outubro de 2025 e posteriormente atualizada em março de 2026 de modo a incluir as publicações disponíveis neste período.

Após a recuperação dos registros, procedeu-se à remoção de duplicatas e à triagem dos estudos por meio da leitura dos títulos e resumos. Foram incluídas publicações que abordassem diretamente *Podocnemis erythrocephala* (Spix, 1824) ou que apresentassem informações relevantes sobre a espécie no contexto de estudos envolvendo o gênero *Podocnemis*.

Foram considerados elegíveis artigos científicos, capítulos de livros, teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso, trabalhos publicados em anais de eventos científicos e relatórios técnicos, redigidos em português, inglês ou espanhol, desde que apresentassem resumo e/ou texto completo disponível para consulta.

As publicações selecionadas foram organizadas em uma planilha eletrônica no Microsoft Excel 2016 e posteriormente analisadas no software R (R Core Team, 2025), versão 4.5.2, para a realização das análises bibliométricas e elaboração das figuras.

Para cada publicação foram extraídas as seguintes informações: tipo de documento, título, autores, ano de publicação, periódico, editora ou instituição de defesa, número de citações, palavras-chave, resumo, país de realização do estudo, idioma, tema de pesquisa, espécies abordadas, localidade da pesquisa e metodologia empregada. Os temas foram classificados manualmente a partir da leitura dos resumos e, quando necessário, do texto completo, considerando o objetivo principal de cada estudo. As metodologias também foram categorizadas manualmente de acordo com a abordagem predominante empregada nas publicações.

A produção científica foi caracterizada por meio dos seguintes indicadores bibliométricos:

1. distribuição dos tipos de documentos;
2. evolução temporal das publicações;
3. autores mais produtivos;
4. distribuição dos temas de pesquisa;

5. espécies estudadas;
6. distribuição geográfica das publicações por país;
7. principais localidades e bacias hidrográficas de realização dos estudos;
8. principais periódicos científicos;
9. instituições responsáveis pela produção de trabalhos acadêmicos (teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso);
10. principais eventos científicos que publicaram estudos sobre a espécie;
11. distribuição da frequência de citações das publicações.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 740 registros foi recuperado nas bases de dados consultadas. Após a remoção de duplicatas e aplicação dos critérios de inclusão, 79 publicações (10,68%) foram selecionadas para compor a revisão bibliográfica, abrangendo o período de 1974 a 2026 (**Figura 2**). O Google Scholar concentrou o maior número de publicações, correspondendo a 62,03% (n = 49) dos estudos incluídos, seguido pela Scopus, com 36,71% (n = 29), e pela Web of Science, com 1,27% (n = 1). O idioma predominante foi o inglês, representando 59,49% (n = 47) das publicações, seguido pelo português, com 36,71% (n = 29), e pelo espanhol, com 3,80% (n = 3).

A produção científica sobre *Podocnemis erythrocephala* foi composta predominantemente por artigos científicos, que representaram 56,96% (n = 45) das publicações analisadas. Em seguida, destacaram-se as dissertações, com 15,19% (n = 12), os capítulos de livro, com 7,59% (n = 6), os trabalhos publicados em eventos científicos, com 8,86% (n = 7), as monografias (trabalhos de conclusão de curso), com 3,80% (n = 3), as teses de doutorado, com 2,53% (n = 2), além de relatórios técnicos, que corresponderam a 5,06% (n = 4) do total de publicações (**Figura 2**).

A predominância de artigos científicos demonstra que o conhecimento sobre a espécie tem sido amplamente divulgado em periódicos revisados por pares. Entretanto, a expressiva participação de dissertações, teses, trabalhos de conclusão de curso, anais de eventos e relatórios técnicos evidencia que uma parcela relevante das informações ainda permanece concentrada na literatura cinzenta, o que pode reduzir sua visibilidade internacional e limitar sua incorporação em revisões de alcance global e em processos de tomada de decisão voltados à conservação da espécie.

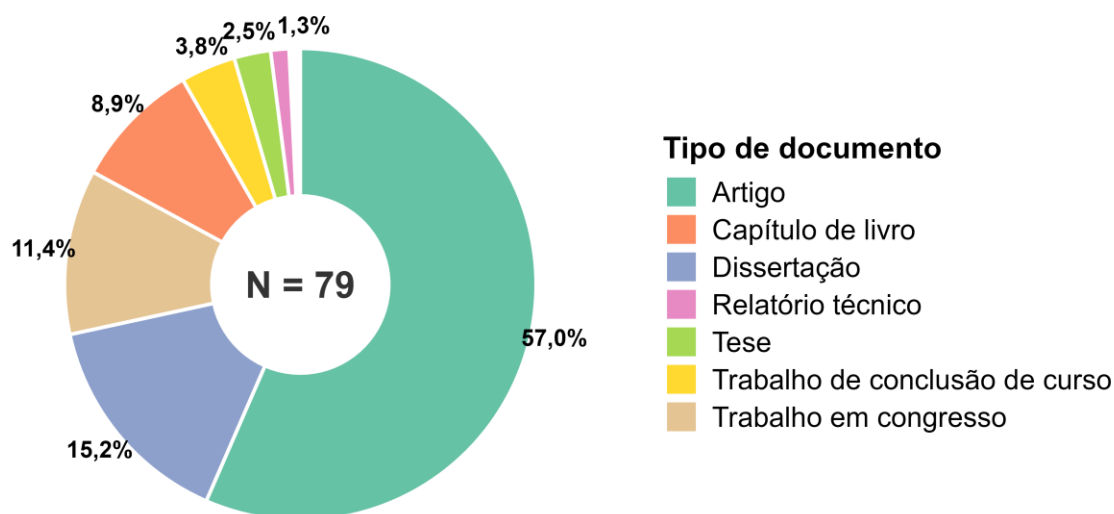


Figura 2. Tipos de documentos das publicações incluídas na revisão bibliográfica. Os valores correspondem às porcentagens do número total de estudos analisados (N = 79); os rótulos indicam a frequência relativa de cada tipo de documento.

Apesar de *P. erythrocephala* ser amplamente utilizada como recurso alimentar por comunidades tradicionais e ribeirinhas do Brasil, Colômbia e Venezuela (Rebêlo *et al.*, 2005; León-Mata, 2006; Silva, 2007; Ossa, 2010), a produção científica específica sobre a espécie ainda é relativamente limitada quando comparada à de outras espécies do gênero *Podocnemis*. Entre 1974 e 2026 foram identificadas 79 publicações, correspondendo a uma média aproximada de 1,49 publicação por ano, evidenciando que a espécie permanece pouco estudada em diversos aspectos de sua biologia, ecologia e conservação.

A análise temporal revelou que os primeiros estudos foram publicados na década de 1970, seguidos por um longo período de baixa produção científica até o início dos anos 2000 (**Figura 3**). A partir de 2008 observou-se um aumento no número de publicações, com maior

concentração entre 2008 e 2013 e destaque para o ano de 2010, que apresentou o maior número de trabalhos publicados. Nos anos subsequentes, a produção manteve oscilações, porém em patamares superiores aos observados nas décadas anteriores.

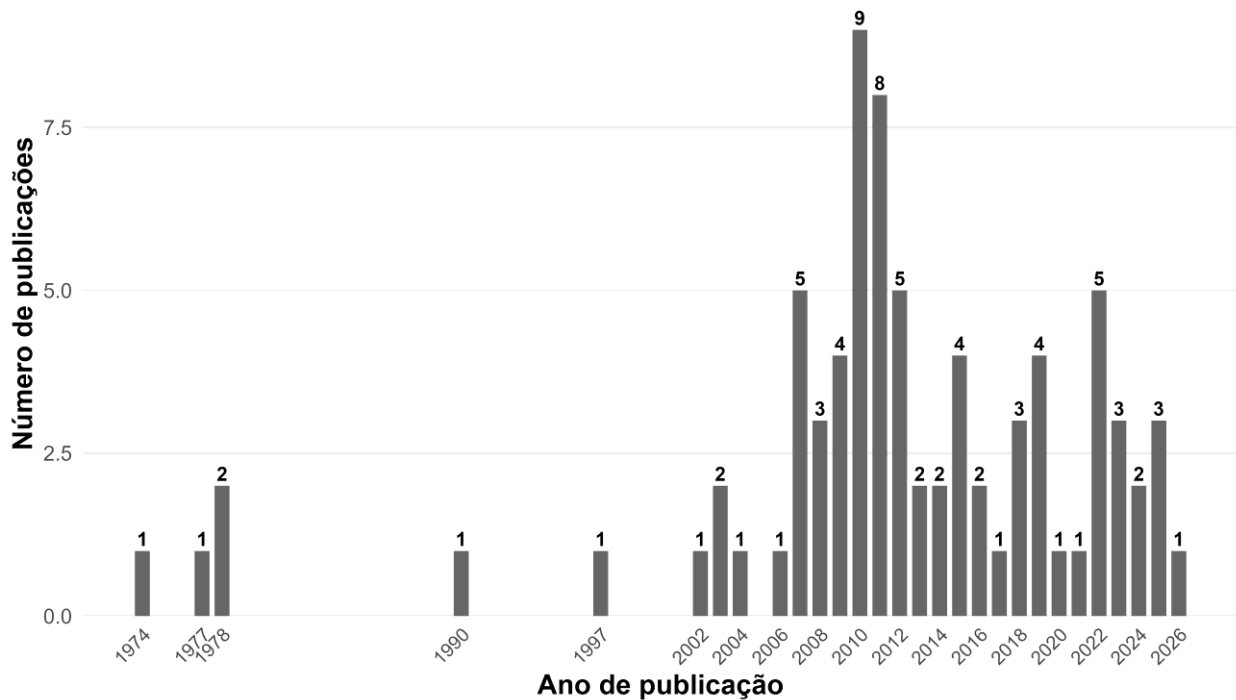


Figura 3. Evolução temporal das publicações científicas sobre *Podocnemis erythrocephala* entre 1974 e 2026. Os números acima das barras representam o número absoluto de publicações em cada ano.

Esse aumento provavelmente está relacionado à expansão das pesquisas sobre quelônios amazônicos, ao fortalecimento dos programas de pós-graduação no Brasil e à consolidação de grupos de pesquisa voltados à ecologia, manejo e conservação da fauna amazônica. Além disso, iniciativas de conservação e manejo participativo, como o Programa Pé-de-Pincha, podem ter contribuído para ampliar o interesse científico sobre a espécie ao estimular pesquisas em comunidades amazônicas e formar recursos humanos especializados. Tendência semelhante foi observada em revisões sobre o gênero *Podocnemis*, que também registraram crescimento contínuo da produção científica ao longo das últimas décadas (Hernández, 2012; Siqueira, 2014). Esse cenário acompanha ainda a expansão do sistema nacional de pós-graduação brasileiro entre

2007 e 2017, período marcado pelo aumento da oferta de cursos de mestrado e doutorado (CAPES/MEC, 2021), bem como pelo fortalecimento da produção científica nacional (Wilsdon, 2011).

Embora *P. erythrocephala* tenha permanecido classificada como Vulnerável (VU) na Lista Vermelha da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) entre 1996 e 2023 (Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group, 1996; 2023), a avaliação nacional mais recente classificou a espécie como Menos Preocupante (LC) no Brasil (Andrade *et al.*, 2026). Essa diferença entre as avaliações internacional e nacional pode refletir particularidades da situação populacional da espécie no território brasileiro, além dos efeitos das ações de conservação desenvolvidas ao longo das últimas décadas, especialmente aquelas associadas aos programas governamentais e comunitários de proteção dos quelônios amazônicos.

A produção científica sobre *Podocnemis erythrocephala* mostrou-se concentrada em um número reduzido de pesquisadores, com destaque para Vogt, R.C., autor de 26 publicações, seguido por Schneider, L. (9 publicações) e Bernhard, R. e Ferrara, C.R. (8 publicações cada) (**Figura 4**). Essa concentração evidencia a existência de grupos de pesquisa consolidados que vêm contribuindo de forma contínua para o avanço do conhecimento sobre a espécie, abrangendo áreas como ecologia, biologia reprodutiva, conservação, manejo de quelônios amazônicos e monitoramento ambiental. A predominância de poucos pesquisadores também reflete o caráter especializado das pesquisas com *P. erythrocephala*, cuja distribuição geográfica restrita e as dificuldades logísticas para o desenvolvimento de estudos na Amazônia favorecem a formação de redes colaborativas e centros de referência dedicados à investigação da espécie.

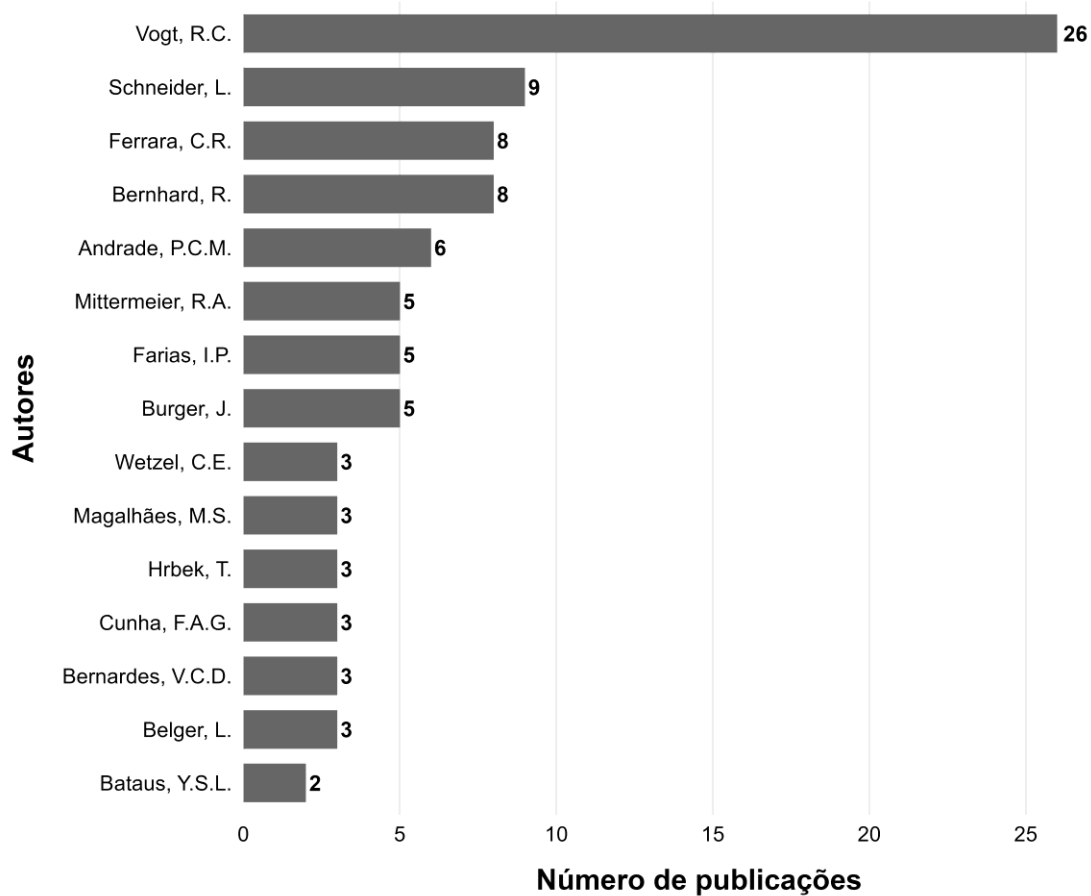


Figura 4. Autores mais produtivos nas publicações sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações por autor; os rótulos indicam a frequência absoluta. Foram apresentados apenas autores com duas ou mais publicações ($N \geq 2$).

Em relação às temáticas de pesquisa, observou-se predominância de estudos voltados à ecologia reprodutiva e comportamento, seguida pelas categorias genética e filogeografia, ecologia alimentar e morfologia digestiva, ecologia aquática e ambiente, ecotoxicologia e contaminação, conservação e manejo comunitário, taxonomia e biogeografia, saúde e parasitologia e paleontologia e evolução (**Figura 5**). Esse padrão evidencia que a produção científica sobre *P. erythrocephala* tem se concentrado principalmente em aspectos ecológicos e biológicos da espécie, ao mesmo tempo em que demonstra a diversificação gradual das linhas de pesquisa, incorporando temas relacionados à conservação, à saúde, à contaminação ambiental e à evolução, refletindo uma abordagem mais integrada para a compreensão e conservação da espécie.

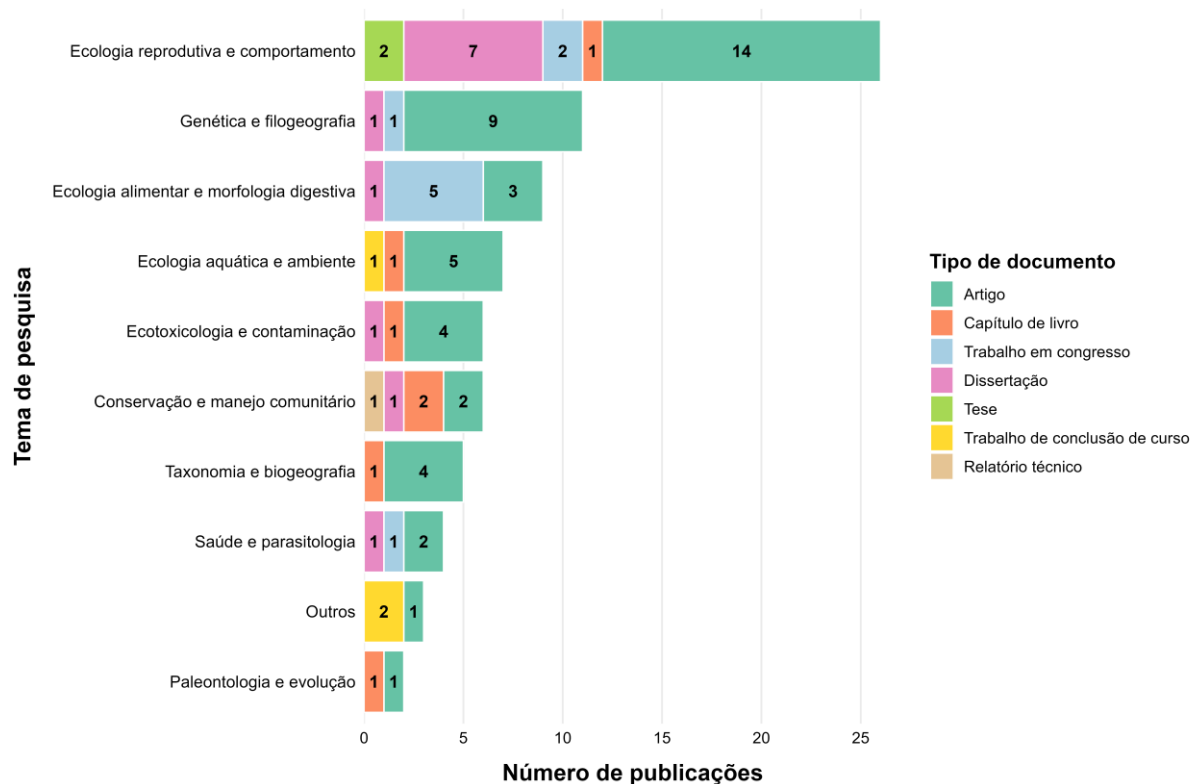


Figura 5. Temas de pesquisa das publicações sobre *Podocnemis erythrocephala*, distribuídos por tipo de documento. As barras empilhadas representam o número de publicações em cada tema, e as cores indicam os diferentes tipos de documento.

Foram registradas 13 espécies de quelônios de água doce nas publicações analisadas. *P. erythrocephala* foi a espécie mais frequentemente estudada, seguida por *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata* (**Figura 6**). As demais espécies, incluindo *P. lewyana*, *P. vogli*, *Peltocephalus dumerilianus* e *Chelus fimbriatus*, ocorreram com menor frequência, sendo abordadas principalmente em estudos comparativos, taxonômicos, filogenéticos ou de ecologia de comunidades. Esse padrão evidencia que a produção científica tem se concentrado em espécies do gênero *Podocnemis*, especialmente naquelas de maior relevância ecológica, econômica e para programas de conservação e manejo, enquanto as demais espécies permanecem relativamente pouco investigadas.

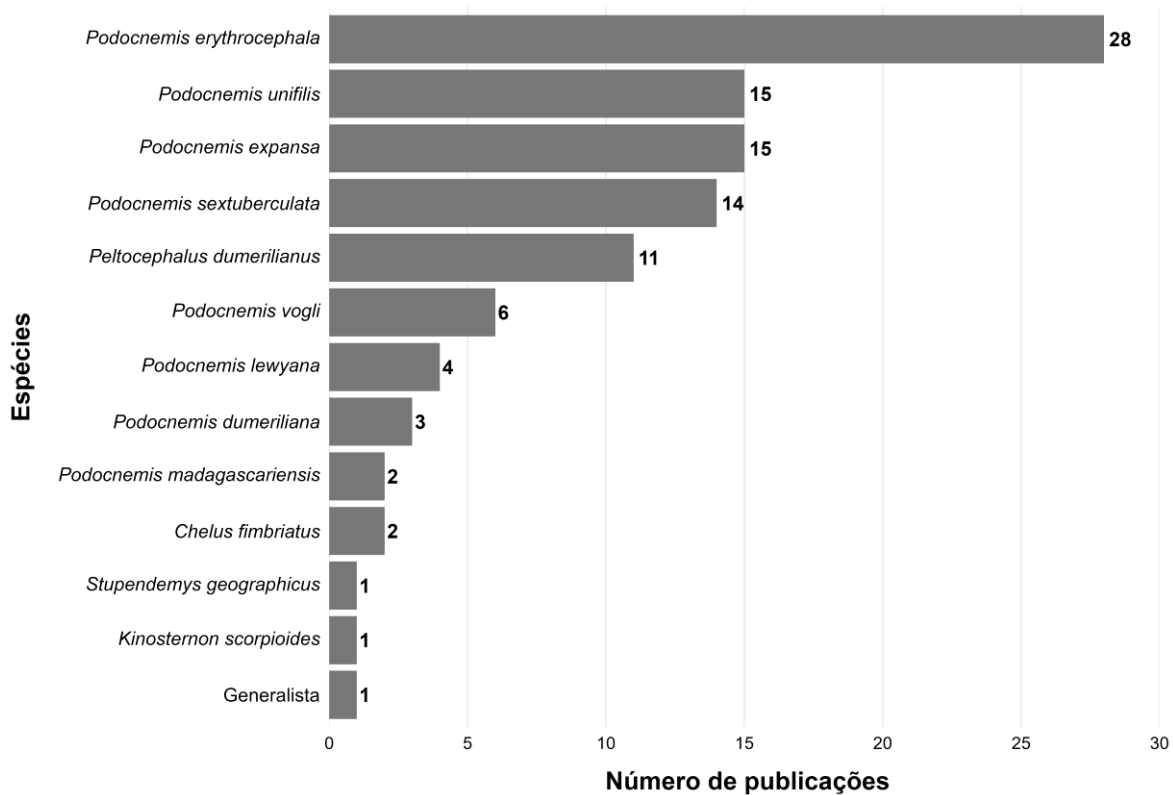


Figura 6. Espécies abordadas nas publicações incluídas na revisão bibliográfica sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações associadas a cada espécie.

A distribuição geográfica das publicações evidenciou uma forte concentração de estudos no Brasil, que respondeu pela maior parte da produção científica sobre *P. erythrocephala* (Figuras 7 e 8). Esse resultado é coerente com a ampla distribuição da espécie na Amazônia brasileira e com a presença de instituições e grupos de pesquisa consolidados dedicados ao estudo da biodiversidade amazônica, especialmente nas áreas de ecologia, genética, conservação e manejo de quelônios.

Além do Brasil, Colômbia, Estados Unidos e Venezuela também apresentaram número expressivo de publicações, embora significativamente inferior ao observado para o Brasil. Registros provenientes da Alemanha, Austrália, Bélgica, Luxemburgo, Países Baixos e Porto Rico ocorreram com menor frequência, estando, em sua maioria, associados a estudos colaborativos de caráter internacional ou a pesquisas específicas envolvendo taxonomia, filogenia, evolução, ecotoxicologia e biodiversidade amazônica.

A predominância brasileira pode ser atribuída não apenas à ocorrência natural de *P. erythrocephala* no país, mas também ao fortalecimento da pesquisa científica na Amazônia nas últimas décadas, impulsionado pela atuação de universidades, institutos de pesquisa e programas de conservação. Entre essas iniciativas destaca-se o Programa Pé-de-Pincha, que tem contribuído para a geração de conhecimento científico, formação de recursos humanos e desenvolvimento de ações participativas voltadas à conservação dos quelônios amazônicos (Andrade *et al.*, 2022). Por sua vez, a participação de países não pertencentes à área de distribuição da espécie evidencia a importância das redes de colaboração científica internacional, especialmente em estudos relacionados à sistemática, genética, evolução e conservação da família Podocnemididae.

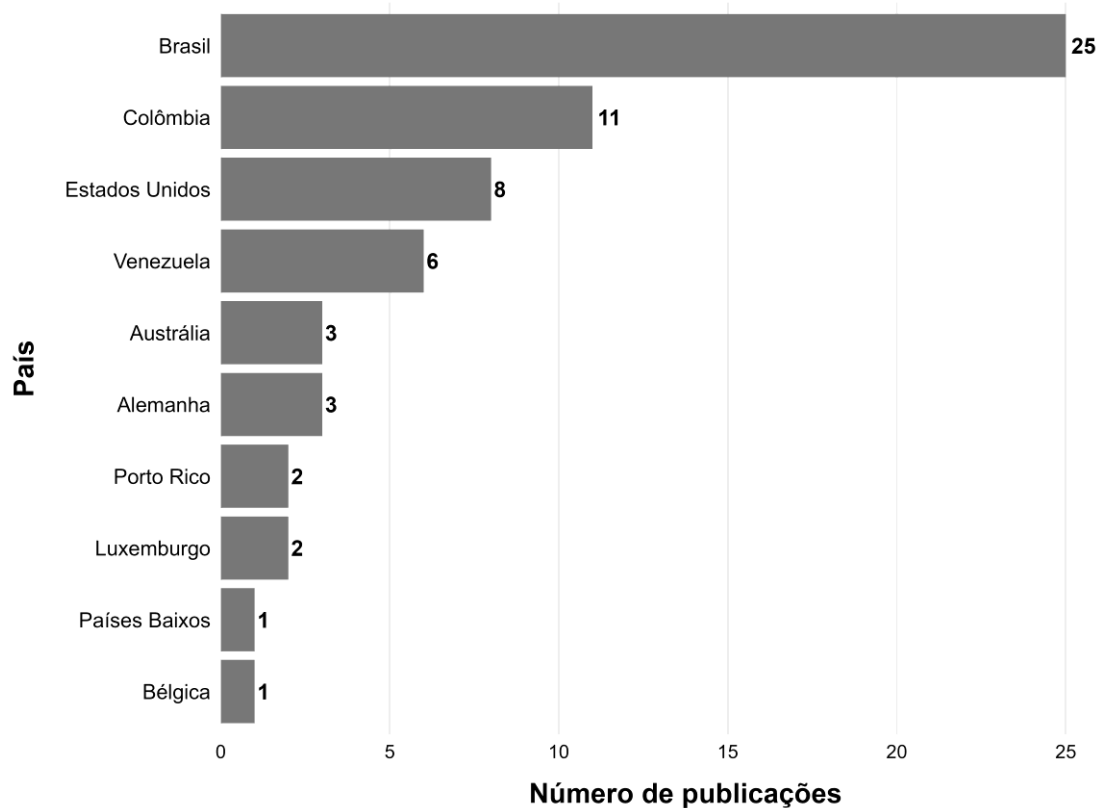


Figura 7. Países onde foram realizados os estudos incluídos na revisão bibliográfica sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações associadas a cada país.

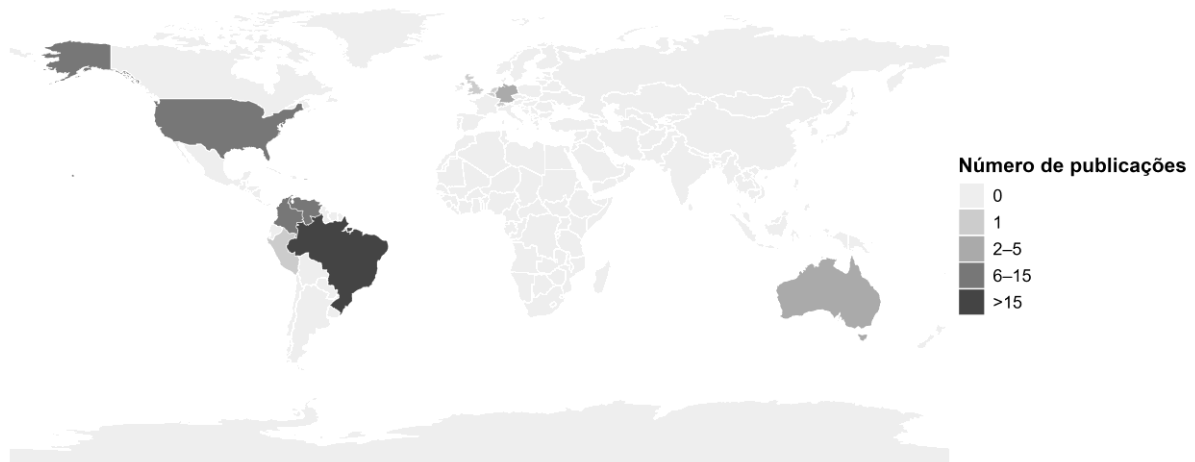


Figura 8. Distribuição geográfica das publicações sobre *Podocnemis erythrocephala* e táxons associados, segundo o país de realização dos estudos. A escala de tons de cinza indica o número de publicações por país, sendo os tons mais escuros correspondentes às maiores frequências.

A distribuição espacial das publicações evidenciou forte concentração dos estudos na bacia do rio Negro, especialmente no estado do Amazonas, com destaque para o município de Barcelos e áreas adjacentes (**Figura 9**). Esse padrão está diretamente relacionado à distribuição natural de *P. erythrocephala*, espécie endêmica da bacia do rio Negro, onde se concentra grande parte das pesquisas sobre sua biologia, ecologia, reprodução, genética e conservação.

Além da bacia do rio Negro, foram registrados estudos realizados na bacia Amazônica de forma mais ampla, bem como em outros sistemas hidrográficos, incluindo os rios Uatumã, Trombetas, Tapajós, Andirá, Nhamundá, Jatapu, Branco, Madeira, Amazonas e regiões de conexão entre as bacias Amazônica e do Orinoco. Entretanto, essas localidades apresentaram menor frequência de publicações quando comparadas à bacia do rio Negro, estando representadas

principalmente por estudos pontuais ou comparativos envolvendo outras espécies do gênero *Podocnemis*.

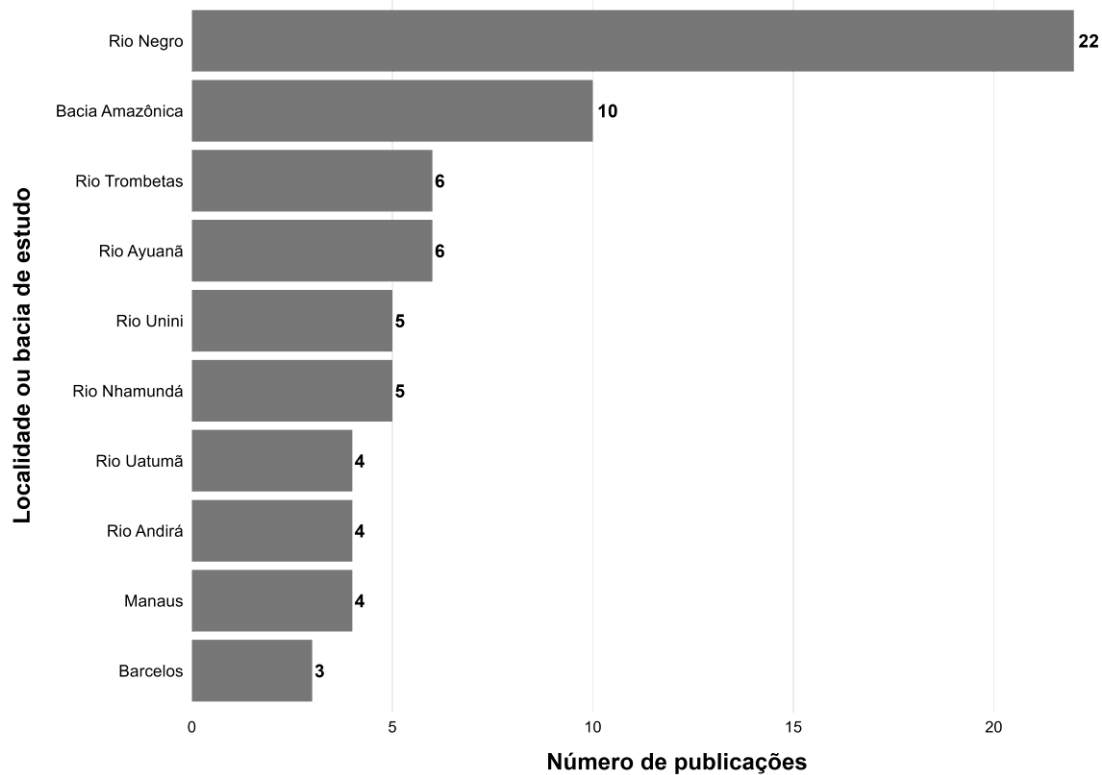


Figura 9. Principais localidades e bacias hidrográficas onde foram realizados os estudos sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações associadas a cada localidade ou bacia.

A predominância de pesquisas na bacia do rio Negro também reflete a atuação de instituições de ensino e pesquisa sediadas na Amazônia, bem como de programas de conservação e manejo participativo desenvolvidos na região, entre eles o Programa Pé-de-Pincha, que tem contribuído para a geração de conhecimento científico e para a conservação dos quelônios amazônicos (Andrade, 2015; Andrade *et al.*, 2022; Andrade *et al.*, 2026). Além disso, a elevada concentração de estudos nessa bacia evidencia sua importância como principal área de ocorrência de *P. erythrocephala* e como referência para pesquisas voltadas à conservação da espécie.

Embora tenham sido registradas publicações em diferentes localidades da Amazônia, a distribuição espacial dos estudos demonstra que os esforços de pesquisa permanecem

concentrados em um número reduzido de áreas, indicando oportunidades para ampliar investigações em outras regiões de ocorrência da espécie, contribuindo para uma compreensão mais abrangente de sua distribuição, ecologia e conservação em escala regional.

A distribuição das publicações entre os periódicos científicos evidenciou que *Chelonian Conservation and Biology* foi o principal veículo de divulgação dos estudos sobre *P. erythrocephala*, reunindo o maior número de artigos publicados (**Figura 10**). Em seguida, destacaram-se periódicos como *Zoology*, *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, *Papéis Avulsos de Zoologia*, *Herpetologica*, *Herpetological Review*, *Evolutionary Ecology* e *Copeia*, enquanto os demais periódicos apresentaram menor número de publicações.

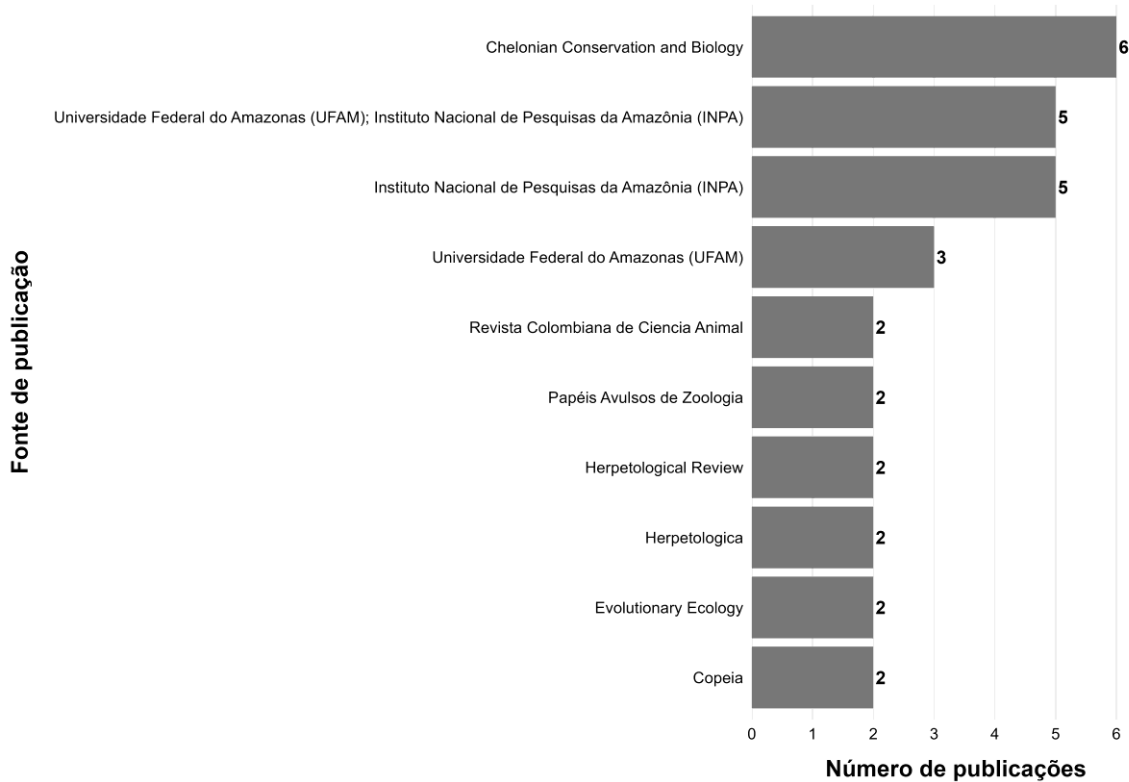


Figura 10. Principais fontes de publicação dos estudos sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações associadas a cada fonte.

A predominância de *Chelonian Conservation and Biology* era esperada, uma vez que esse periódico possui escopo direcionado à biologia, ecologia, conservação e manejo de quelônios, constituindo um importante canal de divulgação para pesquisas envolvendo espécies da família

Podocnemididae. Da mesma forma, a presença recorrente de periódicos especializados em zoologia, herpetologia e ecologia demonstra que os estudos sobre *P. erythrocephala* têm sido publicados principalmente em revistas voltadas às ciências biológicas e à conservação da fauna.

Observa-se ainda a participação de periódicos latino-americanos, como Revista Colombiana de Ciencia Animal, Papéis Avulsos de Zoologia e Acta Amazonica, refletindo a forte inserção regional das pesquisas desenvolvidas na Amazônia e em outros países da América do Sul. Esse padrão é coerente com a distribuição geográfica da espécie e com a concentração dos grupos de pesquisa em instituições localizadas na região amazônica.

Embora a produção científica esteja distribuída entre diferentes periódicos, a concentração de publicações em um número relativamente reduzido de revistas especializadas indica que a pesquisa sobre *P. erythrocephala* permanece fortemente vinculada às áreas de herpetologia, zoologia e conservação. Ao mesmo tempo, essa diversificação de veículos de publicação demonstra o caráter multidisciplinar das pesquisas recentes, que abrangem desde taxonomia e genética até ecologia, manejo, saúde e conservação da espécie.

A distribuição dos trabalhos acadêmicos evidenciou que a produção de teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso sobre *P. erythrocephala* está concentrada principalmente em instituições de ensino e pesquisa localizadas na região Amazônica, com destaque para o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e a Universidade Federal do Amazonas (UFAM), responsáveis pelo maior número de trabalhos acadêmicos identificados (**Figura 11**). Esse resultado é consistente com a distribuição geográfica da espécie, endêmica da bacia do rio Negro, e com a tradição dessas instituições na formação de recursos humanos e no desenvolvimento de pesquisas voltadas à biodiversidade amazônica.

A expressiva participação do INPA e da UFAM reflete a consolidação de linhas de pesquisa direcionadas à ecologia, biologia, genética, conservação e manejo de quelônios amazônicos, além da existência de parcerias entre pesquisadores e instituições que contribuem para a continuidade das investigações sobre a espécie. A ocorrência de trabalhos desenvolvidos em colaboração entre essas instituições evidencia a importância das redes de pesquisa regionais para a produção de conhecimento científico na Amazônia.

Embora outras instituições brasileiras também tenham contribuído para o avanço do conhecimento sobre *P. erythrocephala*, sua participação foi menos expressiva, indicando que a produção acadêmica permanece fortemente concentrada na região de ocorrência natural da

espécie. Esse padrão é esperado em estudos envolvendo organismos de distribuição restrita, uma vez que a proximidade com as áreas de ocorrência facilita o desenvolvimento de pesquisas de campo, o acesso às populações naturais e o estabelecimento de parcerias com comunidades locais e órgãos ambientais.

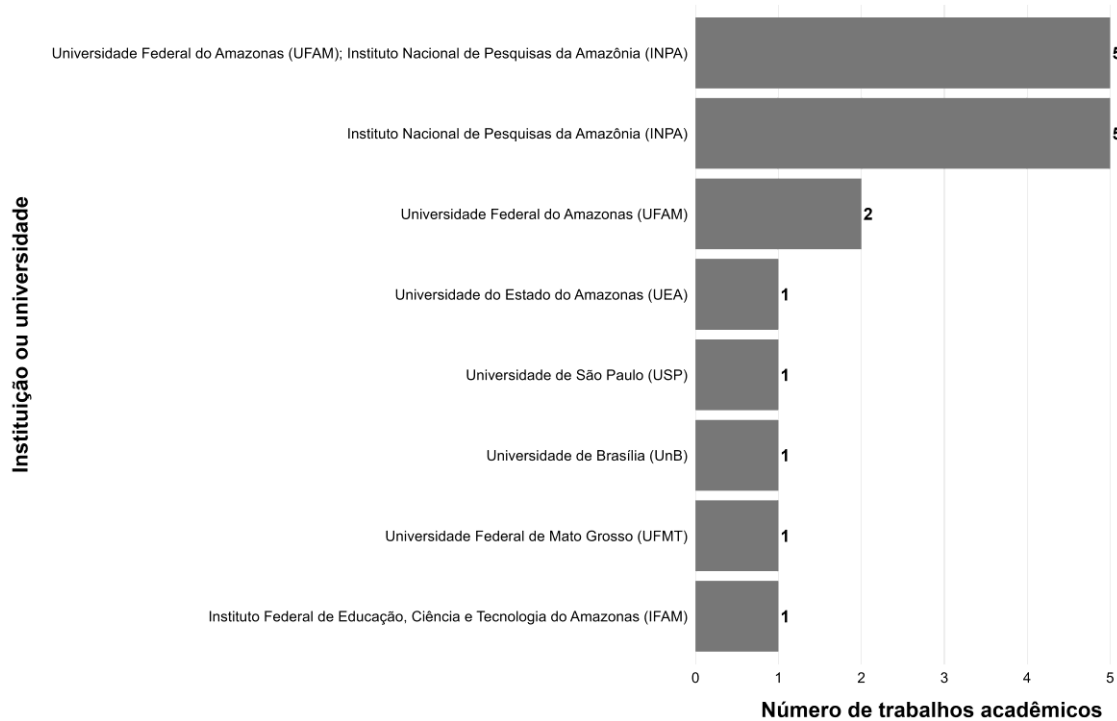


Figura 11. Principais instituições acadêmicas responsáveis pela produção de teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de trabalhos acadêmicos vinculados a cada instituição.

Os resultados demonstram que a pesquisa acadêmica sobre *P. erythrocephala* está alicerçada principalmente em instituições amazônicas, reforçando o papel estratégico dessas organizações na geração de conhecimento científico e na formação de especialistas dedicados ao estudo e à conservação dos quelônios amazônicos. Ao mesmo tempo, a participação de outras universidades evidencia oportunidades para ampliar colaborações interinstitucionais e fortalecer pesquisas integradas sobre a espécie em âmbito nacional.

A análise das publicações apresentadas em eventos científicos demonstrou que a divulgação dos estudos sobre *P.s erythrocephala* ocorreu predominantemente em eventos de caráter regional, com destaque para as Jornadas de Iniciação Científica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), que concentraram o maior número de trabalhos apresentados (**Figura 12**). Esse resultado evidencia a importância da iniciação científica na formação de recursos humanos e no desenvolvimento das pesquisas sobre a espécie.

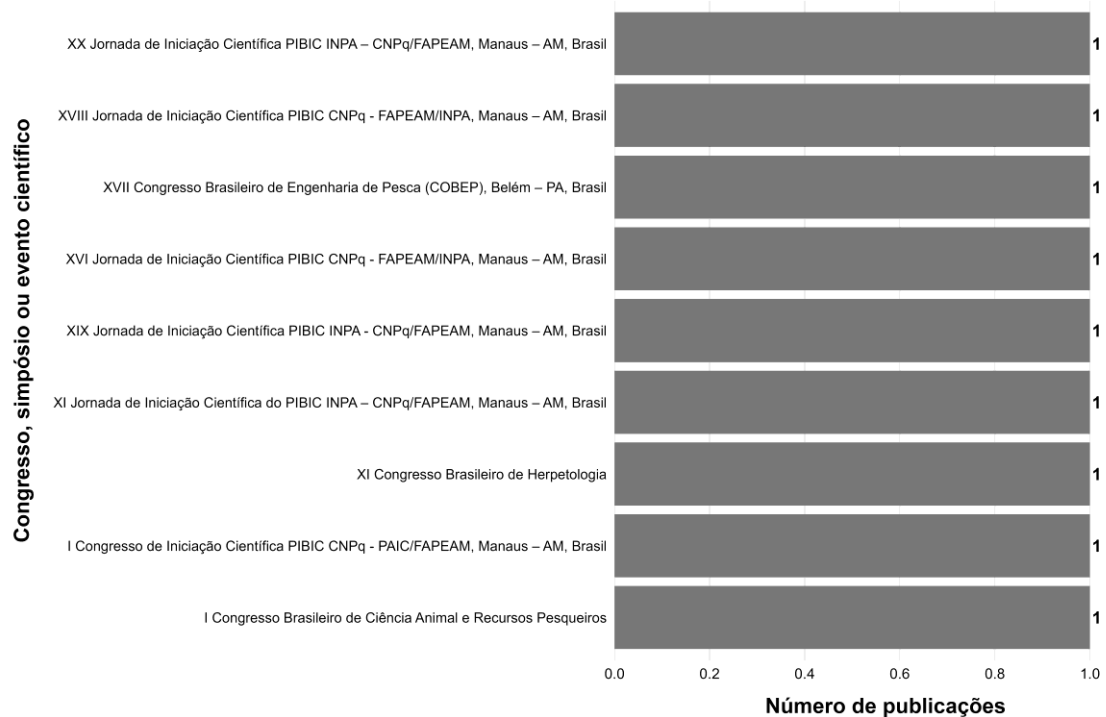


Figura 12. Principais congressos, simpósios e eventos científicos que publicaram estudos sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações associadas a cada evento científico.

A predominância de eventos realizados na região Amazônica acompanha a distribuição geográfica de *P. erythrocephala* e reflete a atuação das principais instituições de pesquisa sediadas na região, especialmente o INPA, a Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e a Universidade do Estado do Amazonas (UEA), responsáveis pela formação de estudantes e pela continuidade de projetos voltados à ecologia, conservação e manejo de quelônios amazônicos.

Também foram identificadas publicações em eventos científicos de abrangência nacional, como o Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca (CONBEP), evidenciando que as pesquisas sobre *P. erythrocephala* vêm sendo divulgadas em diferentes fóruns científicos relacionados à aquicultura, recursos pesqueiros, zoologia e conservação. Entretanto, a concentração das publicações em um número reduzido de eventos demonstra que a divulgação científica sobre a espécie permanece fortemente vinculada às instituições e redes de pesquisa amazônicas.

Esse padrão reforça o papel estratégico dos eventos científicos regionais na disseminação dos resultados de pesquisa, no intercâmbio entre pesquisadores e na formação de novos profissionais dedicados ao estudo e à conservação dos quelônios amazônicos. Ao mesmo tempo, a participação em eventos de abrangência nacional evidencia a ampliação gradual da visibilidade das pesquisas sobre *P. erythrocephala* no cenário científico brasileiro.

A distribuição da frequência de citações das publicações sobre *Podocnemis erythrocephala* apresentou um padrão característico de concentração em baixos índices de citação (**Figura 13**). A maior parte dos estudos (75,95%, $n = 60$) encontra-se na classe de 0 a 20 citações, indicando que a literatura disponível é composta predominantemente por publicações recentes ou por estudos que ainda apresentam alcance bibliométrico restrito. As classes subsequentes apresentaram frequência significativamente menor, com 8,86% ($n = 7$) das publicações entre 21 e 40 citações e 8,86% ($n = 7$) entre 41 e 60 citações, enquanto apenas quatro estudos ultrapassaram 60 citações.

A curva de frequência acumulada evidencia que aproximadamente 94% das publicações concentram-se em até 60 citações, demonstrando que apenas um número reduzido de trabalhos alcançou elevado impacto bibliométrico. Esse comportamento é frequentemente observado em áreas de pesquisa especializadas, nas quais poucos estudos se tornam referências para os trabalhos subsequentes, enquanto a maior parte das publicações apresenta circulação e utilização mais restritas (Brizola e Fantin, 2017; Morandi e Camargo, 2015).

Os trabalhos mais citados correspondem, em sua maioria, a estudos pioneiros ou de ampla abrangência, envolvendo taxonomia, filogenia, evolução e história natural da família Podocnemididae. Essas publicações estabeleceram bases conceituais e metodológicas que sustentam grande parte das pesquisas desenvolvidas posteriormente sobre *P. erythrocephala* e outras espécies do gênero *Podocnemis*. Em contraste, muitos dos estudos com menor número de

citações correspondem a publicações recentes, o que pode refletir o menor tempo disponível para acumulação de citações, além da contínua expansão da produção científica sobre a espécie.

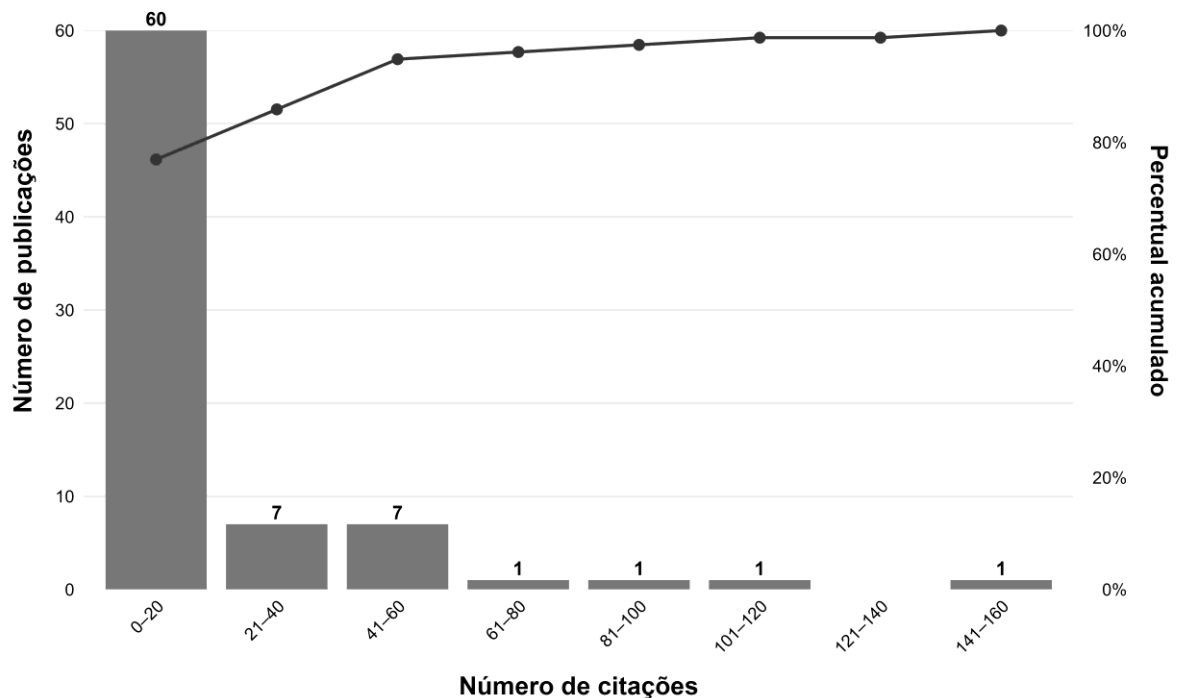


Figura 13. Distribuição da frequência de citações das publicações científicas sobre *Podocnemis erythrocephala*. As barras representam o número de publicações em cada intervalo de citações, enquanto a linha indica o percentual acumulado das publicações.

De modo geral, o padrão observado indica que o conhecimento científico sobre *P. erythrocephala* está fundamentado em um conjunto relativamente pequeno de publicações de elevada influência, enquanto a produção mais recente amplia gradualmente as abordagens temáticas e contribui para consolidar novas linhas de investigação relacionadas à ecologia, conservação, genética, nutrição e manejo da espécie.

Entre as 79 publicações incluídas na revisão bibliográfica, foram identificados três estudos considerados marcos na produção científica sobre *P. erythrocephala*, com o objetivo de destacar trabalhos representativos da evolução do conhecimento sobre a espécie. Para essa seleção, foram adotados os seguintes critérios: publicação pioneira, publicação mais citada e publicação mais recente (Tabela 2).

Tabela 2. Publicação pioneira, publicação mais citada e publicação mais recente referentes a *Podocnemis erythrocephala*.

Categoria	Referência	Citações	Título	Contribuição
Pioneiro	Mittermeier e Wilson (1974)	60	Redescription of <i>Podocnemis erythrocephala</i> (Spix, 1824), an Amazonian pelomedusid turtle	Primeiro estudo taxonômico abrangente e moderno sobre a espécie, esclarecendo sua identidade taxonômica, resolvendo sinônimas históricas, definindo caracteres diagnósticos e estabelecendo a base para pesquisas posteriores em ecologia, biologia e conservação.
Mais citado	Gaffney <i>et al.</i> (2011)	158	Evolution of the Side-Necked Turtles: The Family Podocnemididae	Obra de referência sobre a evolução, sistemática e história natural da família Podocnemididae, amplamente utilizada como base para estudos taxonômicos, filogenéticos e de conservação das espécies do grupo.
Mais recente	Andrade <i>et al.</i> (2026)		<i>Podocnemis erythrocephala</i> (Spix, 1824)	Relatório técnico mais recente incluído na revisão bibliográfica, reunindo informações atualizadas sobre a espécie e subsidiando ações de avaliação do estado de conservação e manejo.

A publicação pioneira de Mittermeier e Wilson (1974) representa um marco para o conhecimento científico sobre *P. erythrocephala*, por apresentar a primeira revisão taxonômica abrangente da espécie. Os autores esclareceram sua identidade taxonômica, resolveram inconsistências nomenclaturais existentes na literatura, estabeleceram caracteres diagnósticos e descreveram aspectos relacionados à morfologia, dimorfismo sexual, distribuição geográfica e ecologia da espécie. Esse trabalho permanece como a principal referência para estudos taxonômicos e serviu de base para o desenvolvimento de pesquisas posteriores envolvendo ecologia, genética, conservação e manejo da irapuça.

A publicação mais citada, Gaffney *et al.* (2011), consolidou conhecimentos sobre a evolução, sistemática e história natural da família Podocnemididae, integrando informações morfológicas, paleontológicas e filogenéticas. O elevado número de citações demonstra sua ampla influência na literatura científica, constituindo uma referência fundamental para estudos comparativos envolvendo *P. erythrocephala* e outras espécies do gênero *Podocnemis*. Sua relevância evidencia a importância de abordagens integrativas para a compreensão da evolução e diversificação dos quelônios amazônicos.

A publicação mais recente identificada na revisão corresponde ao Relatório Técnico de Andrade *et al.* (2026), elaborado no âmbito do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). O documento reúne informações atualizadas sobre a distribuição, biologia, ecologia, ameaças e estado de conservação de *P. erythrocephala*, subsidiando a avaliação nacional da espécie. Além de sintetizar o conhecimento científico disponível, o relatório fornece informações relevantes para o planejamento de estratégias de monitoramento, manejo e conservação, evidenciando a continuidade das pesquisas e o crescente interesse pela espécie.

A análise das dez publicações mais citadas (**Tabela 3**) demonstra que os estudos de maior impacto científico abrangem diferentes áreas do conhecimento. Destacam-se pesquisas relacionadas à taxonomia, sistemática, filogenia e evolução, representadas por trabalhos como os de Gaffney *et al.* (2011), Scheyer e Sánchez-Villagra (2007), Vargas-Ramírez *et al.* (2008), Vanzolini (1977) e Mittermeier e Wilson (1974), que estabeleceram importantes bases para a compreensão da diversidade e da história evolutiva da família Podocnemididae.

Entre os estudos mais influentes também se destacam pesquisas voltadas à ecotoxicologia, especialmente aquelas relacionadas à bioacumulação de mercúrio em *P. erythrocephala* e em

outras espécies de quelônios amazônicos (Schneider *et al.*, 2009; Schneider *et al.*, 2010), evidenciando a preocupação crescente com os impactos ambientais sobre a fauna aquática e com os riscos associados ao consumo desses animais pelas populações humanas.

Outro grupo de publicações de elevada relevância compreende os estudos sobre diatomáceas epizoicas associadas à carapaça de *P. erythrocephala* (Wetzel *et al.*, 2010; Wetzel *et al.*, 2012a; Wetzel *et al.*, 2012b), que ampliaram o conhecimento sobre as interações entre a espécie e sua microbiota epibionte, além de contribuírem para a taxonomia e a ecologia desses organismos.

De forma geral, as publicações mais citadas evidenciam que o conhecimento científico sobre *P. erythrocephala* foi construído de maneira multidisciplinar, envolvendo estudos de taxonomia, evolução, ecologia, contaminação ambiental e interações ecológicas. Essa diversidade temática demonstra a crescente complexidade das pesquisas desenvolvidas sobre a espécie e reforça sua importância como modelo para estudos de biodiversidade, conservação e manejo dos quelônios amazônicos.

Tabela 3. As 10 publicações mais citadas sobre *Podocnemis erythrocephala*.

Título da publicação	Autores	Citações	Objetivo do estudo
Evolution of the Side-Necked Turtles: The Family Podocnemididae	Gaffney <i>et al.</i> (2011)	158	Produzir uma revisão abrangente sobre a evolução, sistemática, anatomia e morfologia comparada da família Podocnemididae, reunindo evidências fósseis e atuais para compreender a história evolutiva das tartarugas Pleurodira.
Carapace bone histology in the giant pleurodiran turtle <i>Stupendemys geographicus</i> : Phylogeny and	Scheyer e Sánchez-Villagra (2007)	115	Investigar a histologia óssea da carapaça da tartaruga gigante extinta <i>Stupendemys geographicus</i> , avaliando implicações filogenéticas e funcionais da estrutura óssea.

function			
Molecular phylogeny and divergence times of ancient South American and Malagasy river turtles (Testudines: Pleurodira: Podocnemididae)	Vargas-Ramírez <i>et al.</i> (2008)	86	Investigar a filogenia molecular e estimar os tempos de divergência das tartarugas da família Podocnemididae por meio de marcadores mitocondriais e nucleares.
A brief biometrical note on the reproductive biology of some South American Podocnemis (Testudines, Pelomedusidae)	Vanzolini (1977)	74	Descrever aspectos biométricos e reprodutivos de espécies sul-americanas de <i>Podocnemis</i> , fornecendo informações sobre ovos, ninhos e parâmetros reprodutivos.
Redescription of <i>Podocnemis erythrocephala</i> (Spix, 1824), an Amazonian pelomedusid turtle	Mittermeier e Wilson (1974)	60	Realizar uma redescrição taxonômica completa de <i>Podocnemis erythrocephala</i> , esclarecer sua sinonímia histórica, definir caracteres diagnósticos e resolver problemas nomenclaturais da espécie
Mercury bioaccumulation in four tissues of <i>Podocnemis erythrocephala</i> (Podocnemididae: Testudines) as a	Schneider <i>et al.</i> (2009)	49	Avaliar a bioacumulação de mercúrio em diferentes tecidos de <i>P. erythrocephala</i> e sua relação com parâmetros ambientais da água

function of water parameters		
Luticola deniseae sp. nov.: A new epizoic diatom from the Rio Negro (Amazon hydrographic basin)	Wetzel <i>et al.</i> (2010)	47
Descrever uma nova espécie de diatomácea epizoica encontrada na carapaça de <i>P. erythrocephala</i> , abordando sua morfologia e ecologia.		
Bicudoa amazonica gen. nov. et sp. nov. (Bacillariophyta) —a new freshwater diatom from the Amazon basin with a complete raphe loss in the Eunotioid lineage	Wetzel <i>et al.</i> (2012a)	45
Descrever um novo gênero e uma nova espécie de diatomácea de água doce da Amazônia, discutindo suas características taxonômicas e evolutivas.		
Tursiocola podocnemicola sp. nov., a new epizoic freshwater diatom species from the Amazon basin (Rio Negro, Brazil)	Wetzel <i>et al.</i> (2012b)	45
Descrever uma nova espécie de diatomácea epizoica de água doce associada à carapaça de <i>P. erythrocephala</i> , destacando sua taxonomia e habitat.		
Mercury Levels in Muscle of Six Species of Turtles	Schneider <i>et al.</i> (2010)	42
Investigar os níveis de mercúrio no músculo de seis espécies de quelônios amazônicos consumidos por populações		

Eaten by People	humanas ao longo do rio Negro, incluindo
Along the Rio	<i>P. erythrocephala</i> .
Negro of the	
Amazon Basin	

7. CONCLUSÃO

A análise bibliométrica da literatura sobre *Podocn erythrocephala* permitiu caracterizar a evolução da produção científica, identificar os principais temas investigados e reconhecer os pesquisadores, instituições e regiões que mais contribuíram para o avanço do conhecimento sobre a espécie. Embora o número de publicações tenha apresentado crescimento ao longo das últimas décadas, especialmente a partir dos anos 2000, a produção científica permanece concentrada em instituições localizadas na Amazônia, refletindo a distribuição geográfica da espécie e a atuação de grupos de pesquisa com tradição no estudo dos quelônios amazônicos.

Os resultados evidenciaram que as pesquisas sobre *P. erythrocephala* abrangem diferentes áreas do conhecimento, com destaque para estudos relacionados à taxonomia, ecologia, conservação, genética, evolução, ecotoxicologia e manejo. A análise das publicações mais influentes demonstrou que o desenvolvimento do conhecimento sobre a espécie foi construído de forma multidisciplinar, apoiando investigações cada vez mais diversificadas sobre sua biologia e conservação.

A revisão também revelou que a maior parte da produção científica está concentrada na bacia do rio Negro, principal área de ocorrência natural da espécie, bem como em instituições como INPA e a UFAM, responsáveis por parcela significativa das pesquisas desenvolvidas. Esse cenário evidencia o papel estratégico das instituições amazônicas na geração de conhecimento científico e na formação de recursos humanos voltados ao estudo e à conservação da biodiversidade regional.

Apesar dos avanços observados, a distribuição temática e geográfica das publicações demonstra que ainda existem oportunidades para ampliar as pesquisas sobre *P. erythrocephala*, especialmente em áreas e abordagens ainda pouco exploradas. A continuidade dos estudos contribuirá para o aprofundamento do conhecimento sobre a espécie e fornecerá subsídios científicos para ações de conservação, manejo e monitoramento, fortalecendo sua proteção e o uso sustentável dos ecossistemas amazônicos onde ocorre.

Por fim, esta revisão bibliométrica reúne e sistematiza o conhecimento científico disponível sobre *P. erythrocephala* ao longo de mais de cinco décadas de pesquisa, constituindo uma fonte de referência para pesquisadores, estudantes e gestores. Além de sintetizar o estado atual da literatura, o estudo fornece uma base para orientar futuras investigações e apoiar estratégias de conservação dessa espécie endêmica da Amazônia.

8. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, P.C.M.; LIMA, A.C.; SILVA, R.G.; DUARTE, J.A.M. Manejo sustentável de quelônios (*Podocnemis unifilis*, *P. sextuberculata*, *P. expansa* e *P. erythrocephala*) nos municípios de Terra Santa e Oriximiná, PA, e Nhamundá e Parintins, AM – Projeto Pé-de-Pincha. **Revista de Extensão da Universidade do Amazonas**, v. 2, p. 1-25, 2001.
- ANDRADE, P. C. M. (org.). **Manejo comunitário de quelônios: Projeto Pé-de-Pincha**. 1. ed. Manaus: Editora e Gráfica Moderna, 2015. 325 p.
- ANDRADE, P.C.M. Manejo participativo de quelônios por comunidades da Amazônia. In: MARCHAND, G.; VAN VELDEN, F. (Eds.). **Olhares cruzados sobre as relações entre seres humanos e animais silvestres na Amazônia (Brasil, Guiana Francesa)**. Manaus: EDUA, 2017. p. 163-192.
- ANDRADE, P.C.M.; OLIVEIRA, P.H.G.; LIMA, A.C.; DUARTE, J.A.M.; AZEVEDO, S.H.S.; OLIVEIRA, A.B.; ALMEIDA JÚNIOR, C.D.; SILVA, E.B.; GARCEZ, J.R.; PINTO, J.R.S.; SILVA, L.C.N.; MONTEIRO, M.S.; RODRIGUES, W.S.; ANÍZIO, T.L.F.; PONTES, A.L.B.; TEIXEIRA, R.L.; SILVA, J.M.; DUNCAN, W.L.P.; VOGT, R.C. Community-based conservation and management of chelonians in the Amazon. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, 769328, 2022. DOI: 10.3389/fevo.2022.769328.
- ANDRADE, P.C.M.; ABRAHÃO, C.R.; CARVALHO, D.; FERRÃO, M.; SILVEIRA, A.L.; SANTOS, A.T.; MEDEIROS, A.M.; REGOLIN, A.L.; FERRARA, C.R.; GROU, C.E.V.; CUNHA, F.A.G.; MAFFEI, F.; MOURA, G.J.B.; FRIOL, N.R.; VALADÃO, R.M.; SILVA, R.V.L.E.; ROCHA, S.B.; FAMELLI, S.; PORTELINHA, T.C.G.; MARQUES, T.S.; BRITO, E.S. *Podocnemis erythrocephala*. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, 2026. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br>. Acesso em: 18 maio 2026.
- BRIZOLA, J.; FANTIN, N. Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. **Revista de Educação do Vale do Arinos**, v. 3, p. 23-39, 2017. DOI: 10.30681/relva.v3i2.1738.
- COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). **Avaliação quadrienal 2017-2020**. Brasília: Ministério da Educação, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/avaliacao-quadrienal/resultado-da-avaliacao-quadrienal-2017-2020>. Acesso em: 5 dez. 2025.

- FERRARA, C.R.; FAGUNDES, C.K.; MORCATTY, T.Q.; VOGT, R.C. **Quelônios amazônicos: guia de identificação e distribuição**. Manaus: Wildlife Conservation Society Brasil, 2017.
- GAFFNEY, E.S.; MEYLAN, P.A.; WOOD, R.C.; SIMONS, E.L.; CAMPOS, D.A. Evolution of the side-necked turtles: the family Podocnemididae. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, n. 350, p. 1-237, 2011. DOI: 10.1206/350.1.
- GALVÃO, M.C.B.; RICARTE, I.L.M. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da Informação**, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019. DOI: 10.21728/logcion.2019v6n1.p57-73.
- HERNÁNDEZ, O. Tortugas continentales de Venezuela: las grandes olvidadas por la investigación nacional. **Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales**, v. 72, n. 177, p. 101-116, 2012.
- IVERSON, J.B. **A revised checklist with distribution maps of the turtles of the world**. Richmond, Indiana: privately printed, 1992. 363 p.
- LACAVA, R.V.; BALESTRA, R.A.M. (Orgs.). **Plano de ação nacional para a conservação dos quelônios amazônicos**. Brasília: IBAMA, 2019.
- LEÓN-MATA, O.J.; TAPHORN, D.; LASSO, C.A.; SEÑARIS, J.C. Uso de los recursos acuáticos, fauna y productos forestales no maderables en el área de confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari, Estado Amazonas, Venezuela. In: LASSO, C.A. et al. (Eds.). **Evaluación rápida de la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos en la confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari, Estado Amazonas, Venezuela**. Washington, DC: Conservation International, 2006. p. 141-146.
- MITTERMEIER, R.A.; WILSON, R.A. Redescription of *Podocnemis erythrocephala* (Spix, 1824), an Amazonian Pelomedusid turtle. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 29, p. 147-162, 1974.
- MORANDI, M.I.W.M.; CAMARGO, L.F.R. Revisão sistemática da literatura. In: DRESCH, A.; LACERDA, D.P.; ANTUNES JÚNIOR, J.A.V. (Eds.). **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e da tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015. p. 141-172.
- OSSA, J. Efecto de sustitución: una expresión del agotamiento poblacional de quelonios en Barcelos, Amazonas, Brasil. **Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas**, v. 22, p. 61-67, 2010.

- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025.
- REBÊLO, G.H.; PEZZUTI, J.C.B.; LUGLI, L.; MOREIRA, G. Pesca artesanal de quelônios no Parque Nacional do Jaú (AM). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Série Ciências Humanas**, v. 1, n. 1, p. 111-127, 2005.
- RUEDA-ALMONACID, J.V.; CARR, J.L.; MITTERMEIER, R.A.; RODRÍGUEZ-MAHECHA, J.V.; MAST, R.B.; VOGT, R.C.; RHODIN, A.G.J.; DE LA OSSA-VELÁSQUEZ, J.; RUEDA, J.N.; GOETTSCH MITTERMEIER, C. **Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico**. Bogotá: Conservación Internacional, 2007. 537 p. (Serie Guías Tropicales de Campo, n. 6).
- SCHEYER, T.M.; SÁNCHEZ-VILLAGRA, M.R. Carapace bone histology in the giant pleurodiran turtle *Stupendemys geographicus*: phylogeny and function. **Acta Palaeontologica Polonica**, v. 52, n. 1, p. 137-154, 2007.
- SILVA, A.L. Comida de gente: preferências e tabus alimentares entre os ribeirinhos do Médio Rio Negro (Amazonas, Brasil). **Revista de Antropologia**, v. 50, n. 1, p. 125-179, 2007. DOI: 10.1590/S0034-77012007000100004.
- SILVA, I.B.; FAGUNDES, C.K.; OLIVEIRA, G.L.; GONÇALVES, G.S.R.; SILVA, D.P.; MASCHIO, G.F. Drifting survival: impacts of climate change on the distribution of *Podocnemis erythrocephala*. **Journal for Nature Conservation**, v. 79, 126850, 2025. DOI: 10.1016/j.jnc.2025.126850.
- SIQUEIRA, K.C. **Avaliação da produção científica sobre as espécies do gênero *Podocnemis* (tartarugas de água doce): implicações para a conservação**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
- SMITH, N.J.H. Aquatic turtles of Amazonia: an endangered resource. **Biological Conservation**, v. 16, n. 3, p. 165-176, 1979. DOI: 10.1016/0006-3207(79)90019-3.
- VANZOLINI, P.E. A brief biometrical note on the reproductive biology of some South American *Podocnemis* (Testudines, Pelomedusidae). **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 31, n. 5, p. 79-102, 1977. DOI: 10.11606/0031-1049.1977.31.p79-102.

- VOGT, R.C.; MARQUES, A.; REBÊLO, G.H.; MOREIRA, G.; FACHIN, A.; GASNIER, T.; ARMOND, P. Geographic distribution: Testudines: *Podocnemis erythrocephala* (tracajá piranga). **Herpetological Review**, v. 22, p. 25, 1991.
- VOGT, R.C. **Tartarugas da Amazônia**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; Amazon Conservation Association, 2008. 104 p.
- WETZEL, C.E.; VAN DE VIJVER, B.; ECTOR, L. *Luticola deniseae* sp. nov., a new epizoic diatom from the Rio Negro (Amazon hydrographic basin). **Vie et Milieu – Life & Environment**, v. 60, n. 2, p. 177-184, 2010.
- WETZEL, C.E.; LANGE-BERTALOT, H.; MORALES, E.A.; BICUDO, D.D.C.; HOFFMANN, L.; ECTOR, L. *Bicudoa amazonica* gen. nov. et sp. nov. (Bacillariophyta), a new freshwater diatom from the Amazon basin with a complete raphe loss in the Eunotioid lineage. **Phytotaxa**, v. 75, n. 1, p. 1-18, 2012a. DOI: 10.11646/phytotaxa.75.1.1.
- WETZEL, C.E.; VAN DE VIJVER, B.; COX, E.J.; BICUDO, D.D.C.; ECTOR, L. *Tursiocola podocnemicola* sp. nov., a new epizoic freshwater diatom species from the Rio Negro in the Brazilian Amazon Basin. **Diatom Research**, v. 27, n. 1, p. 1-8, 2012b. DOI: 10.1080/0269249X.2011.642498.
- WILSDON, J. **Knowledge, networks and nations: global scientific collaboration in the 21st century**. London: The Royal Society, 2011.

CAPÍTULO III - Níveis de proteína na dieta de filhotes de irapuca (*Podocnemis erythrocephala*) em cativeiro

Este capítulo foi elaborado a partir do manuscrito submetido à Revista Brasileira de Zootecnia, sendo adaptado à estrutura e às normas de apresentação do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPGCARP/UFAM).

9. MATERIAL E MÉTODOS

9.1. Informações locais e éticas

O estudo foi conduzido no Laboratório de Animais Silvestres da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), situado em Manaus, Amazonas, Brasil. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da UFAM sob o protocolo nº 23105.002010/2024-92. Os animais foram transportados sob autorização SISBIO nº 84348-2/74350.

9.2. Animais e métodos de criação

A pesquisa envolveu 60 filhotes de irapuca (*Podocnemis erythrocephala*) com aproximadamente 90 dias de idade e peso inicial médio de 16.19 ± 3.03 g, provenientes da comunidade Daracué (latitude $0^{\circ}30'26,1''$ S; longitude $63^{\circ}12'48,1''$ W), município de Barcelos, Amazonas, Brasil. Os animais foram distribuídos em 12 caixas de polipropileno com capacidade para 45 L (64x45x20 cm), contendo 12 L de água de poço artesiano e uma pedra para que os animais pudessem assoalhar. A água foi totalmente renovada duas vezes por semana, ocasião em que os recipientes eram lavados com água e os filhotes expostos à luz solar direta por 30 min. O período experimental teve duração de 307 dias.

As rotinas de manejo incluíram o monitoramento diário da temperatura da água (às 08:00 e 12:00 h) utilizando um termômetro digital, bem como da temperatura e umidade relativa do ar ambiente com termohigrômetro digital. Semanalmente, foram avaliados o pH e a concentração de amônia total da água por meio de testes colorimétricos (LabconTest®, Indústria e Comércio Alcon Ltda., Camburiú, Santa Catarina, Brasil).

9.3. Alimentação e dietas

Foram formuladas quatro dietas experimentais com níveis crescentes de proteína bruta (PB): PB22 (22% de PB), PB32 (32% de PB), PB43 (43% de PB) e PB47 (47% de PB), utilizando o software SuperCrac 6.1 (TD Software, 2024). As dietas foram formuladas para serem isocalóricas (3.577,87 kcal/kg) e compostas por milho triturado, farelo de soja, farinha de peixe, óleo de soja, calcário calcítico, premix vitamínico-mineral, sal comum e fosfato bicálcico (**Tabela 4**).

Tabela 4. Formulação e composição centesimal de dietas experimentais com diferentes níveis de proteína bruta para filhotes de irapuça (*Podocnemis erythrocephala*) criados em cativeiro, Amazonas, Brasil.

Ingredientes (%)	TEOR DE PROTEÍNA BRUTA			
	22%	32%	43%	47%
Milho	74,66	54,46	35,13	44,91
Soja farelo	15,92	24,06	31,52	29,16
Farinha de peixe	5,33	18,27	29,11	20,33
Óleo de soja	1,50	1,50	2,58	3,96
Calcário	1,50	1,00	1,00	1,00
Premix vitamínico-mineral ¹	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal comum	0,48	0,10	0,10	0,10
Fosfato bicálcico	0,10	0,10	0,05	0,05
Total	100	100	100	100
Composição centesimal (%)				
Matéria seca	92,7	92,7	93	92,9
Material mineral	5,7	6,2	7,5	7,4
Proteína bruta	21,7	32,2	42,7	46,8
Extrato etéreo	7,5	7,7	5,7	7,6
Fibra bruta	2,93	3,93	3,92	2,59
Extrato não nitrogenado	62,17	49,97	40,18	35,61

Energia Bruta (kcal)	3577,97	3577,97	3577,97	3577,97
----------------------	---------	---------	---------	---------

¹Premix postura CZ 0,4% M1.2: vitamina A (mín.) 2.000.000,00 UI/kg, vitamina D3 (mín.) 5.000.000,00 UI/kg, vitamina E (mín.) 1.250,00 UI/kg, vitamina K3 (mín.) 500,00 mg/kg, vitamina B2 (mín.) 1.000,00 mg/kg, vitamina B12 (mín.) 1.750,00 mg/kg, ácido nicotínico (mín.) 5.000,00 mg/kg, pantotenato de cálcio (mín.) 17,50 g/kg, betaína (mín.) 20,88 g/kg, cobre (mín.) 20 g/kg, ferro (mín.) 12,50 g/kg, manganês (mín.) 15.000,00 mg/kg, zinco (mín.) 15 g/kg, iodo (mín.) 175,00 mg/kg, selênio (mín.) 50,00 mg/kg, metionina (mín.) 300000.00 mg/kg, fitase 75,00 µ/g, amilase 656,25 µ/g, beta-glucano 6,25 bqµ/g, celulase 45 µ/g, lipase 25,00 µ/g, protease 93,75 µ/g, *Bacillus subtilis* 5,625x10¹¹ UFC/kg.

Os ingredientes foram pesados, homogeneizados, hidratados e peletizados em moedor elétrico equipado com matriz de 4 mm. Os pellets foram secos em estufa por 4 h a 90 °C e, posteriormente, por 48 h a 45 °C. Após a secagem, as dietas foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas sob refrigeração a 5 °C até o fornecimento aos animais. O arraçoamento foi realizado uma vez ao dia, no período da manhã, cinco dias por semana.

9.4. Medidas biométricas e desempenho zootécnico

As mensurações biométricas foram realizadas no início do experimento e em intervalos mensais. O peso corporal (g) foi determinado individualmente utilizando balança digital de precisão 0,01 g. As medidas morfométricas incluíram comprimento retilíneo da carapaça (CRC), largura retilínea da carapaça (LRC), comprimento retilíneo do plastrão (CRP), largura retilínea do plastrão (LRP) e altura máxima retilínea da carapaça (AMRC), obtidas com paquímetro digital com precisão 0,5 mm. Os procedimentos biométricos foram realizados conforme recomendações de Balestra *et al.* (2016).

O desempenho zootécnico foi avaliado por meio das seguintes variáveis biométricas e índices de desempenho zootécnico: Peso corporal (g); CRC, LRC, CRP, LRP e AMRC finais (mm); ganho de peso (GP; g=peso final - peso inicial); ganho diário em peso (GDP; g/dia=ganho de peso/dias de experimento); taxa de crescimento específico (TCE; %/dia=100 * [ln peso final–ln peso inicial]/dias de experimento); biomassa final (BF); ganho de biomassa (GB; g=biomassa final–biomassa inicial); consumo de ração (CR; g=total de ração consumida durante o experimento) e conversão alimentar aparente (CAA=consumo de ração/ganho de biomassa) e taxa de sobrevivência (TS; %; N° de indivíduos sobreviventes/N° total de indivíduos)*100).

9.5. Desenho experimental e análise estatística

Os tratamentos experimentais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e três repetições, sendo cada parcela experimental composta por cinco animais.

Para as variáveis biométricas, GP, GDP e TCE, o animal foi considerado como unidade experimental. Para as variáveis de qualidade da água, BF, GB, CR e CAA, a unidade experimental considerada foi a caixa.

Os dados foram inicialmente avaliados quanto aos pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias por meio dos testes de Shapiro–Wilk e Levene, respectivamente. Quando os pressupostos foram atendidos, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Em caso de efeito significativo dos tratamentos ($p < 0.05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

Para avaliar as relações das variáveis biométricas finais (CRC, LRC, CRP, LRP, AMRC, peso) e dos índices de desempenho zootécnico (GDP, CR, CAA) com os níveis de proteína bruta da dieta foram realizadas análises de regressão (linear e quadrática), sendo verificado qual modelo apresentou melhor ajuste biológico e maior coeficiente de determinação.

Adicionalmente, o crescimento dos filhotes em peso e em comprimento retilíneo da carapaça ao longo da idade (90 a 390 dias) foi avaliado por modelos polinomiais de segundo grau (GLM), considerando o efeito dos tratamentos e sua interação com a idade. O modelo matemático geral adotado foi:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_j + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \gamma_{1j} x_i + \gamma_{2j} x_i^2 + \varepsilon_{ij}$$

em que y_{ij} representa o valor observado da variável resposta para o i -ésimo animal submetido ao j -ésimo tratamento; μ é a média geral, α_j é o efeito fixo do tratamento j ; x_i é a idade; β_1 e β_2 são os coeficientes lineares e quadráticos de idade; γ_{1j} e γ_{2j} representam as interações do tratamento j com os termos linear e quadrático da idade, respectivamente; e ε_{ij} é o erro aleatório, assumido com distribuição normal e variância constante.

Todas as análises foram realizadas com o software R versão 4.5.2 (R Core Team, 2025).

10. RESULTADOS

10.1. Temperatura e umidade relativa ambiente

As **Figuras 14** e **15** apresentam as variações da temperatura do ar (°C) e da umidade relativa do ar (%) registradas às 08:00 h e 12:00 h, respectivamente, ao longo do período experimental. Os gráficos apresentam os valores médios mensais, bem como os valores máximos e mínimos das variáveis ambientais.

Durante o período experimental, a temperatura do ar registrada às 08:00 h variou entre 27.90 ± 0.80 °C, em maio, e 31.00 ± 1.16 °C, em setembro, com média geral de 28.97 ± 1.20 °C (**Figura 14A**). A maior amplitude térmica foi observada em setembro, quando as temperaturas médias máximas atingiram 34.98 ± 0.78 °C e as mínimas 29.96 ± 1.70 °C. A umidade relativa do ar variou entre 46.00 ± 4.65 %, em setembro, e 72.48 ± 4.08 %, em maio, com média geral de 66.30 ± 6.63 % (**Figura 14B**).

As temperaturas registradas às 12:00 h apresentaram padrão semelhante ao observado às 08:00 h, com elevação das médias térmicas no segundo semestre do ano. A maior temperatura média foi registrada em setembro (33.10 ± 1.47 °C), seguida por outubro (31.71 ± 1.48 °C) e agosto (31.48 ± 1.10 °C), enquanto a menor média ocorreu em maio (29.01 ± 1.44 °C). As temperaturas máximas e mínimas acompanharam esse padrão sazonal, alcançando médias máximas de 33.73 ± 1.54 °C em setembro e mínimas de 27.37 ± 1.03 °C em maio (**Figura 15A**).

A umidade relativa do ar apresentou padrão inverso ao observado para a temperatura, com maiores médias em maio (66.83 ± 5.32 %) e menores em setembro (52.47 ± 3.28 %). Os maiores registros máximos de umidade relativa ocorreram em maio (72.94 ± 4.56 %), enquanto os menores registros mínimos foram observados em setembro (51.56 ± 5.48 %) (**Figura 15B**).

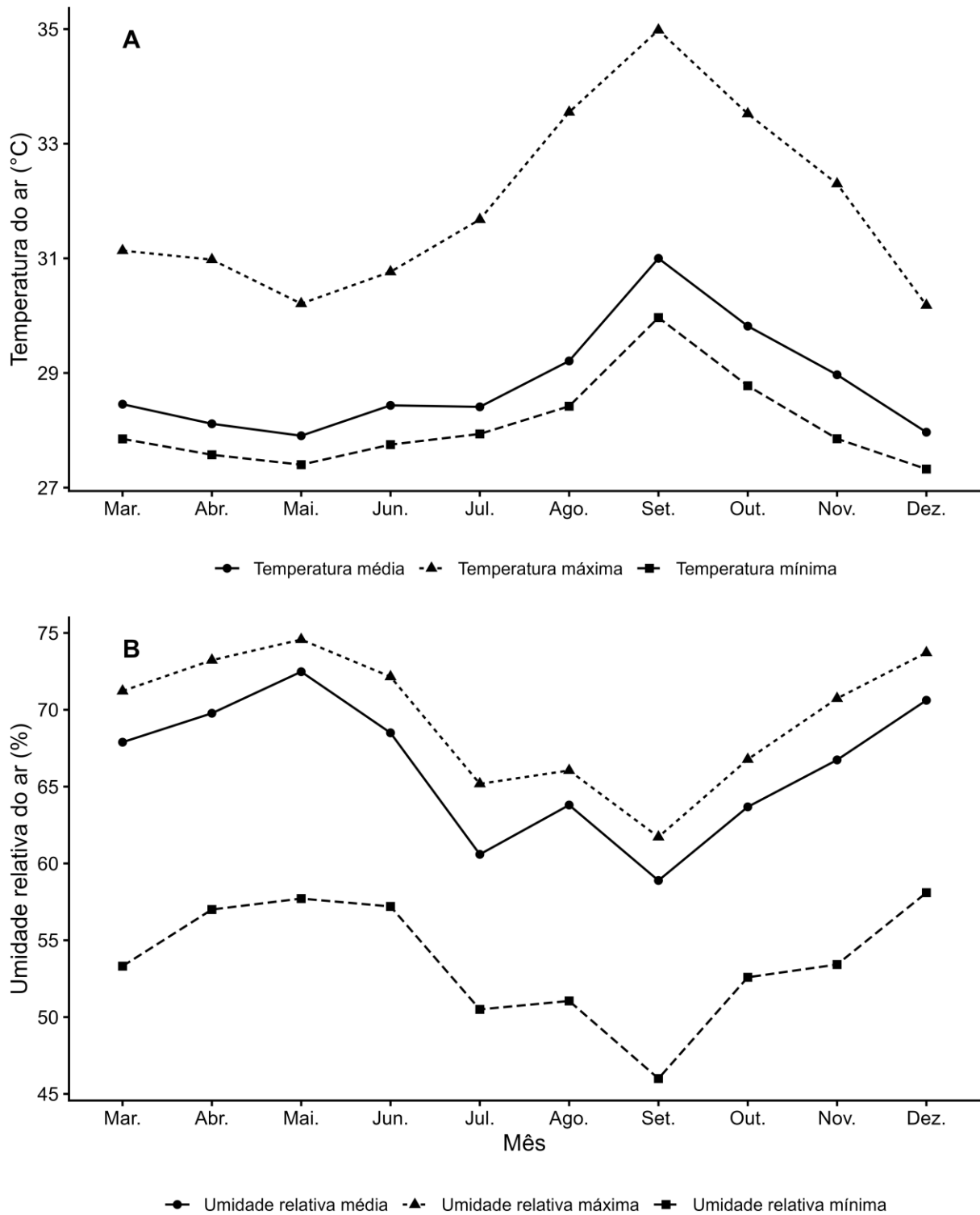


Figura 14. Temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B) registradas às 08h00 durante o período experimental no sistema de criação de filhotes de *Podocnemis erythrocephala*.

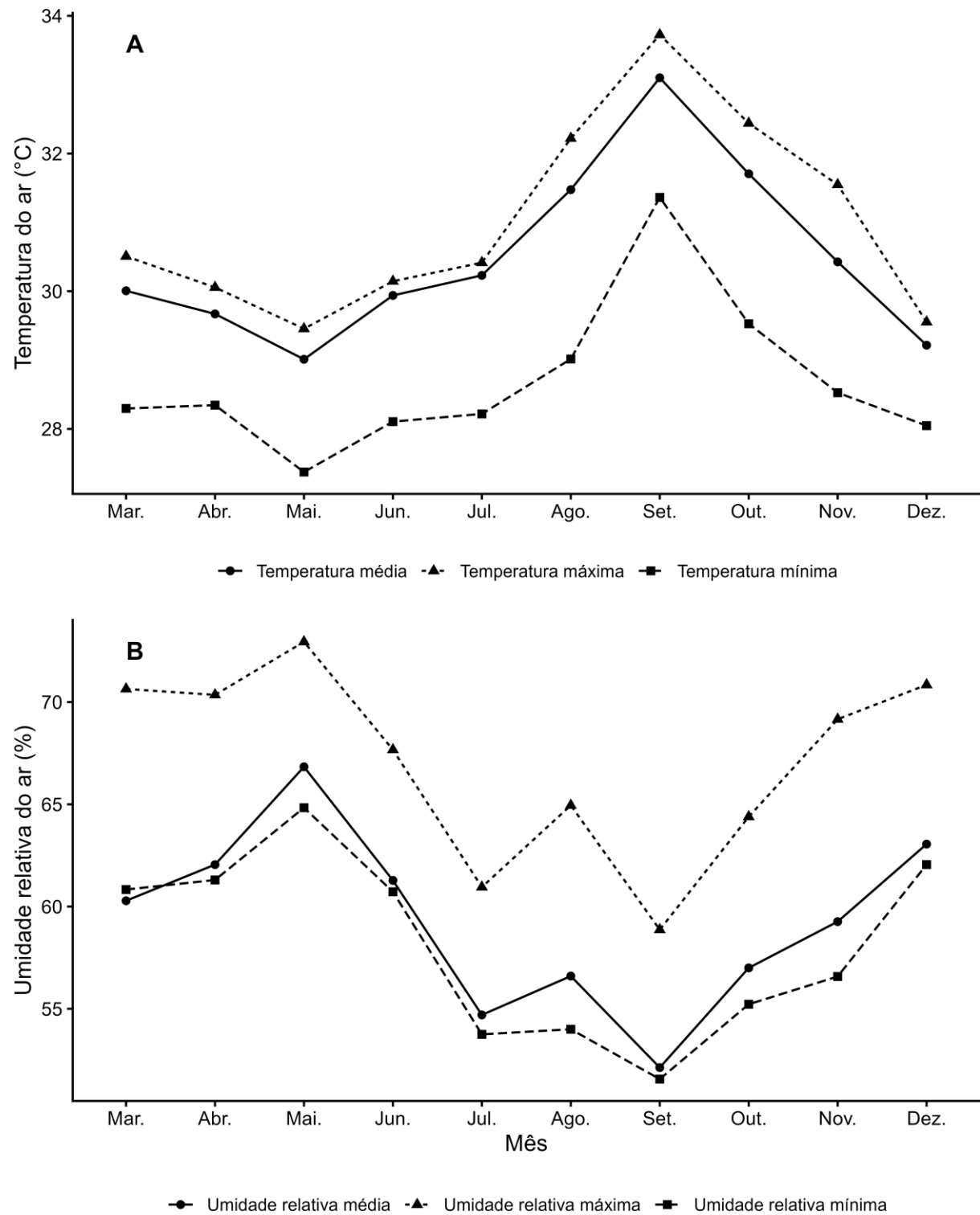


Figura 15. Temperatura do ar (A) e umidade relativa do ar (B) registradas às 12h00 durante o período experimental no sistema de criação de filhotes de *Podocnemis erythrocephala*.

10.2. Qualidade da água

A **Tabela 5** apresenta as médias $\pm$ desvio padrão da temperatura da água registradas às 08:00 h e 12:00 h para os diferentes tratamentos durante o período experimental. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para a temperatura da água nos dois horários avaliados ($p>0.05$). Ao longo do período experimental, a temperatura da água variou entre 23.9 °C e 30.5 °C às 08:00 h, enquanto às 12:00 h os valores oscilaram entre 24.2 °C e 31.4 °C.

Tabela 5. Média $\pm$ desvio padrão das variáveis de qualidade da água durante 307 dias de cultivo de filhotes de irapuça (*Podocnemis erythrocephala*) em cativeiro, Amazonas, Brasil.

Variável	PB22	PB32	PB43	PB47
Temperatura 08h (°C)	27,60 $\pm$ 1,08	27,62 $\pm$ 1,10	27,60 $\pm$ 1,10	27,59 $\pm$ 1,09
Temperatura 12h (°C)	28,09 $\pm$ 1,21	28,06 $\pm$ 1,20	28,10 $\pm$ 1,21	28,04 $\pm$ 1,20
pH	6,29 $\pm$ 0,28 ^b	6,59 $\pm$ 0,28 ^a	6,70 $\pm$ 0,26 ^a	6,68 $\pm$ 0,20 ^a
Amônia (mg/L)	0,21 $\pm$ 0,6 ^b	6,31 $\pm$ 0,73 ^a	6,5 $\pm$ 0,00 ^a	6,5 $\pm$ 0,00 ^a

Médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, diferem de acordo com a ANOVA e o teste de Tukey ($P<0,05$).

O pH da água variou significativamente entre os grupos experimentais ($p<0.001$). As comparações múltiplas de Tukey para pH estão apresentadas na **Figura 16A** ($p<0.05$), evidenciando diferenças entre os tratamentos. Os resultados demonstraram que não houve diferenças significativas entre PB32 (6.59 $\pm$ 0.28), PB43 (6.70 $\pm$ 0.26) e PB47 (6.68 $\pm$ 0.20) ($p>0.05$). Entretanto, o tratamento PB22 apresentou os menores valores médios de pH (6.29 $\pm$ 0.28), diferindo significativamente dos demais tratamentos (**Tabela 5**).

A concentração de amônia total na água foi influenciada pelos tratamentos ($p<0.001$), com maiores concentrações observadas em PB32 (6.31 $\pm$ 0.73 mg/L), PB43 (6.50 $\pm$ 0.00 mg/L) e PB47 (6.50 $\pm$ 0.00 mg/L), os quais não diferiram entre si (**Tabela 5**). A **Figura 16B** apresenta as comparações múltiplas de Tukey ($p<0.05$), demonstrando que PB22 apresentou a menor concentração média de amônia total (0.21 $\pm$ 0.16 mg/L).

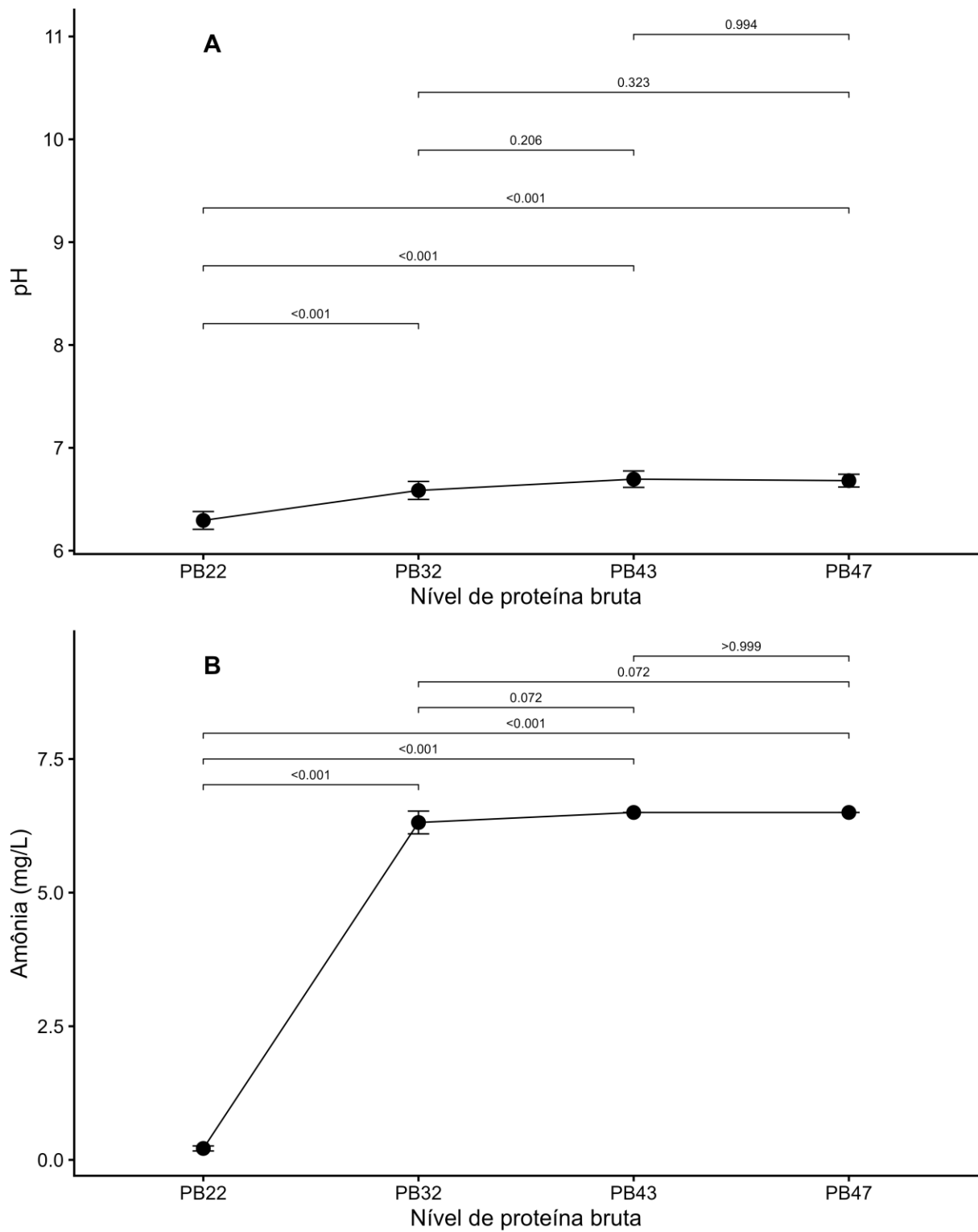


Figura 16. pH da água (A) e concentração de amônia total (B) na água de criação de filhotes de *Podocnemis erythrocephala* submetidos a dietas com diferentes níveis de proteína bruta.

10.3. Medidas biométricas e desempenho zootécnico

A **Tabela 6** apresenta as variáveis biométricas dos filhotes em função dos diferentes níveis de proteína bruta da dieta, enquanto a **Tabela 7** apresenta os índices de desempenho zootécnico avaliados.

No início do experimento, as médias iniciais de CRC dos tratamentos variaram de 45.53 ± 3.33 a 48.00 ± 2.83 mm, enquanto o peso corporal médio variou de 15.29 ± 2.86 a 17.29 ± 2.59 g. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para essas e demais variáveis biométricas avaliadas, evidenciando a homogeneidade inicial dos grupos experimentais. (**Tabela 6**).

As diferenças entre os tratamentos começaram a ser observadas a partir dos 150 dias de idade, tornando-se progressivamente mais evidentes ao longo do período experimental (**Figura 19 e 20**). Aos 390 dias de idade, o tratamento PB22 apresentou os menores valores médios para todas as variáveis biométricas ($p < 0.05$). Os maiores valores de CRC, LRC e peso corporal foram observados em PB32, diferindo significativamente de PB22 e PB43 ($p < 0.05$), mas não de PB47. Para CRP, LRP e AMRC, não foram observadas diferenças significativas entre PB32, PB43 e PB47 (**Tabela 6**).

O peso corporal final aumentou significativamente com a elevação do nível proteico, sendo mais elevado no tratamento PB32 (82.66 ± 18.99 g), que diferiu de todos os demais ($p < 0.05$). Os filhotes alimentados com PB22 apresentaram o menor peso final (36.52 ± 12.63 g), enquanto PB43 (63.88 ± 14.58 g) e PB47 (72.85 ± 21.99 g) exibiram valores intermediários (**Tabela 6**).

Tabela 6. Variáveis biométricas e peso de filhotes de irapuça (*Podocnemis erythrocephala*) alimentados com dietas com diferentes níveis de proteína bruta em criação em cativeiro, Amazonas, Brasil.

Idade (dias)	Grupo	CRC (mm)	LRC (mm)	CRP (mm)	LRP (mm)	AMRC (mm)	Peso (g)
90	PB22	45,93±3,10	39,27±2,50	37,67±2,70	30,00±2,04	18,73±1,33	16,10±2,56
	PB32	48,00±2,83	40,80±2,24	38,33±2,58	30,27±2,84	19,13±1,06	17,29±2,59
	PB43	45,53±3,33	38,40±2,56	37,53±2,29	29,27±1,79	18,40±1,30	15,29±2,86
	PB47	46,27±3,81	39,40±3,52	37,80±3,03	30,13±2,88	18,93±1,58	16,01±3,84
390	PB22	64,38±8,40 ^c	52,92±6,54 ^c	51,85±6,66 ^b	36,62±3,95 ^b	23,69±2,63 ^b	36,52±12,63 ^c
	PB32	86,00±6,88 ^a	69,33 ±5.18 ^a	69,07±5,50 ^a	46,53±3,60 ^a	31,47±3,11 ^a	82,66±18,99 ^a
	PB43	77,40±6,94 ^b	63,07 ±4.98 ^b	62,93±5,66 ^a	43,53±3,34 ^a	28,87±2,45 ^a	63,88±14,58 ^b
	PB47	80,93±9,95 ^{ab}	67,20±8.55 ^{ab}	66,47±8,20 ^a	46,60±8,77 ^a	29,87±3,31 ^a	72,85±21,99 ^{ab}

Grupos com letras diferentes na coluna, em cada idade, diferem significativamente ($p < 0.05$) pelo teste de Tukey.

CRC – Comprimento retilíneo da carapaça, LRC – Largura retilínea da carapaça, CRP – Comprimento retilíneo do plastrão, LRP – Largura retilínea do plastrão, AMRC – Altura máxima retilínea da carapaça.

Os índices de desempenho zootécnico também foram influenciados pelos níveis de proteína bruta da dieta (**Tabela 7**). Os tratamentos com maiores níveis de proteína apresentaram maiores valores de GP, GDP e TCE, especialmente em PB32 ($p<0.05$). Os tratamentos PB43 e PB47 apresentaram desempenho superior ao PB22, mas inferior ao PB32.

A BF foi significativamente superior nos tratamentos com maiores níveis de PB ($p<0.05$). O tratamento PB32 apresentou o maior valor (413.30 ± 20.19 g), sem diferenças estatísticas entre PB43 e PB47, mas todos superiores ao PB22 (158.27 ± 9.94 g).

O GB foi significativamente maior nos tratamentos com maior nível proteico, com maiores valores observados em PB32 (333.73 ± 21.48 g), sem diferenças estatísticas entre PB32, PB43 e PB47, mas todos superiores ao PB22 ($p<0.05$).

O CR também foi maior nos tratamentos com maior teor de proteína, com destaque para PB32 (876.67 ± 45.12 g). Contudo, mesmo com maior consumo, a conversão alimentar aparente (CAA) foi significativamente melhor (menor valor) nos tratamentos de maior nível proteico. A melhor conversão alimentar ocorreu em PB32 (2.63 ± 0.19), seguido de PB47 e PB43, que não diferiram entre si. O tratamento PB22 apresentou a pior conversão (6.19 ± 1.15). Os tratamentos com maior teor proteico (PB32, PB43 e PB47) registraram 100% de taxa de sobrevivência, enquanto PB22 apresentou apenas $86.67\pm 23.09\%$.

Tabela 7. Média $\pm$ desvio padrão dos parâmetros ou índices produtivos de filhotes de irapuça (*Podocnemis erythrocephala*) criados em cativeiro e alimentados com dieta com diferentes níveis de proteína bruta.

Índices zootécnicos	Nível de proteína (%)				ANOVA_p
	22	32	43	47	
Ganho de peso (g)	20,24 $\pm$ 12,93c	65,37 $\pm$ 17,73a	48,59 $\pm$ 13,19b	56,77 $\pm$ 19,43ab	0,000
Ganho diário em peso (g/dia)	0,066 $\pm$ 0,042c	0,213 $\pm$ 0,058a	0,158 $\pm$ 0,043b	0,185 $\pm$ 0,063ab	0,000
Taxa de crescimento específico (%/dia)	0,250 $\pm$ 0,115b	0,506 $\pm$ 0,063a	0,463 $\pm$ 0,069a	0,485 $\pm$ 0,093a	0,000
Bimossa inicial (g)	80,56 $\pm$ 5,00	79,57 $\pm$ 15,79	76,45 $\pm$ 4,87	80,40 $\pm$ 17,84	0,974
Biomassa final (g)	158,27 $\pm$ 9,94b	413,30 $\pm$ 20,19a	319,42 $\pm$ 51,02a	364,24 $\pm$ 105,39a	0,004
Ganho de biomssa (g)	77,72 $\pm$ 14,22b	333,73 $\pm$ 21,48a	242,97 $\pm$ 50,34a	283,84 $\pm$ 90,65a	0,001
Consumo de ração (g)	471,72 $\pm$ 47,12b	876,67 $\pm$ 45,12a	729,94 $\pm$ 117,69ab	818,74 $\pm$ 229,87ab	0,025
Conversão alimentar aparente	6,19 $\pm$ 1,15a	2,63 $\pm$ 0,19b	3,02 $\pm$ 0,14b	2,91 $\pm$ 0,22b	0,000
Taxa de sobrevivência (%)	86,67 $\pm$ 23,09	100,00 $\pm$ 0,00	100,00 $\pm$ 0,00	100,00 $\pm$ 0,00	-

Médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, diferem de acordo com a ANOVA e o teste de Tukey (P<0,05).

As variáveis relacionadas ao crescimento e desempenho apresentaram ajuste significativo aos modelos quadráticos em função dos níveis de PB da dieta (**Figuras 17 e 18**). Todas as regressões apresentaram $p < 0.05$ e R^2 variando entre 0.377 e 0.855, sendo os maiores ajustes observados para CAA, GB e BF. Para as variáveis biométricas e alguns índices zootécnicos apesar das regressões serem significativas, o ajuste do modelo foi fraco ($R^2 < 50\%$): CRC ($R^2 = 0.38$ – **Figura 17A**); Altura ($R^2 = 0.45$); PF ($R^2 = 0.37$ – **Figura 17B**); GP ($R^2 = 0.42$); GDP ($R^2 = 0.42$). Mas para alguns índices houve bom ajuste do modelo: TCE ($R^2 = 0.53$ – **Figura 17C**); BF ($R^2 = 0.64$ – **Figura 18A**); GB ($R^2 = 0.68$ – **Figura 18B**); CR ($R^2 = 0.53$ – **Figura 18C**); CAA ($R^2 = 0.85$ – **Figura 18D**).

As regressões quadráticas demonstraram efeito significativo dos níveis de PB sobre o CRC final, peso corporal final e TCE ($p < 0.05$; **Figura 17**). O CRC final apresentou resposta quadrática significativa ($p < 0.001$; $R^2 = 0.389$), com tendência de aumento progressivo até níveis intermediários de PB e discreta redução nos níveis mais elevados (**Figura 17A**). Comportamento semelhante foi observado para o peso corporal final ($p < 0.001$; $R^2 = 0.377$), indicando tendência de melhor desempenho em dietas contendo níveis intermediários de proteína (**Figura 17B**). A TCE apresentou ajuste quadrático significativo ($p < 0.001$; $R^2 = 0.535$), com maiores valores estimados próximos aos níveis intermediários de PB (**Figura 17C**).

A BF também apresentou comportamento quadrático significativo ($p = 0.00929$; $R^2 = 0.646$), demonstrando padrão semelhante ao observado para ganho de biomassa e variáveis individuais (**Figura 18A**).

O GB e o CR responderam de forma quadrática aos níveis de PB, com modelos significativos ($p = 0.0055$, $p = 0.0321$ respectivamente) e R^2 de 0.685 e 0.535. Em ambos os casos, observou-se aumento no acúmulo de biomassa e no consumo até níveis intermediários de proteína, reduzindo posteriormente (**Figuras 18B e 18C**).

A CAA apresentou o melhor ajuste entre todas as variáveis ($p < 0.001$; $R^2 = 0.855$), reduzindo acentuadamente até níveis intermediários de PB e aumentando em seguida, indicando melhora acentuada na conversão alimentar na faixa intermediária de proteína (**Figura 18D**).

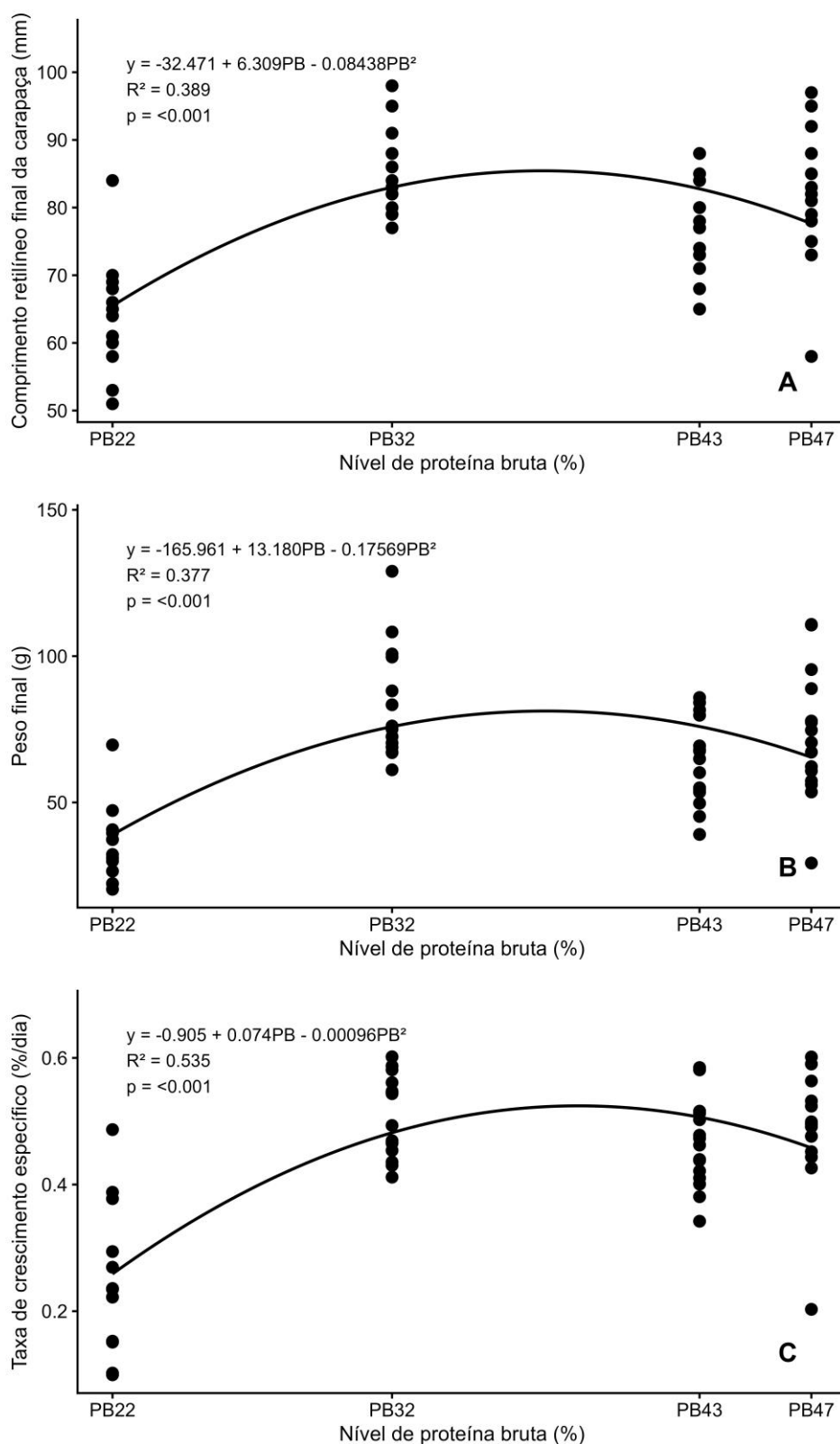


Figura 17. Comprimento retilíneo final da carapaça (A), peso final (B) e taxa de crescimento específico (C) de filhotes de *Podocnemis erythrocephala* em função dos níveis de proteína bruta das dietas. Os pontos representam os valores observados e as linhas, os modelos de regressão quadrática ajustados. PB = proteína bruta.

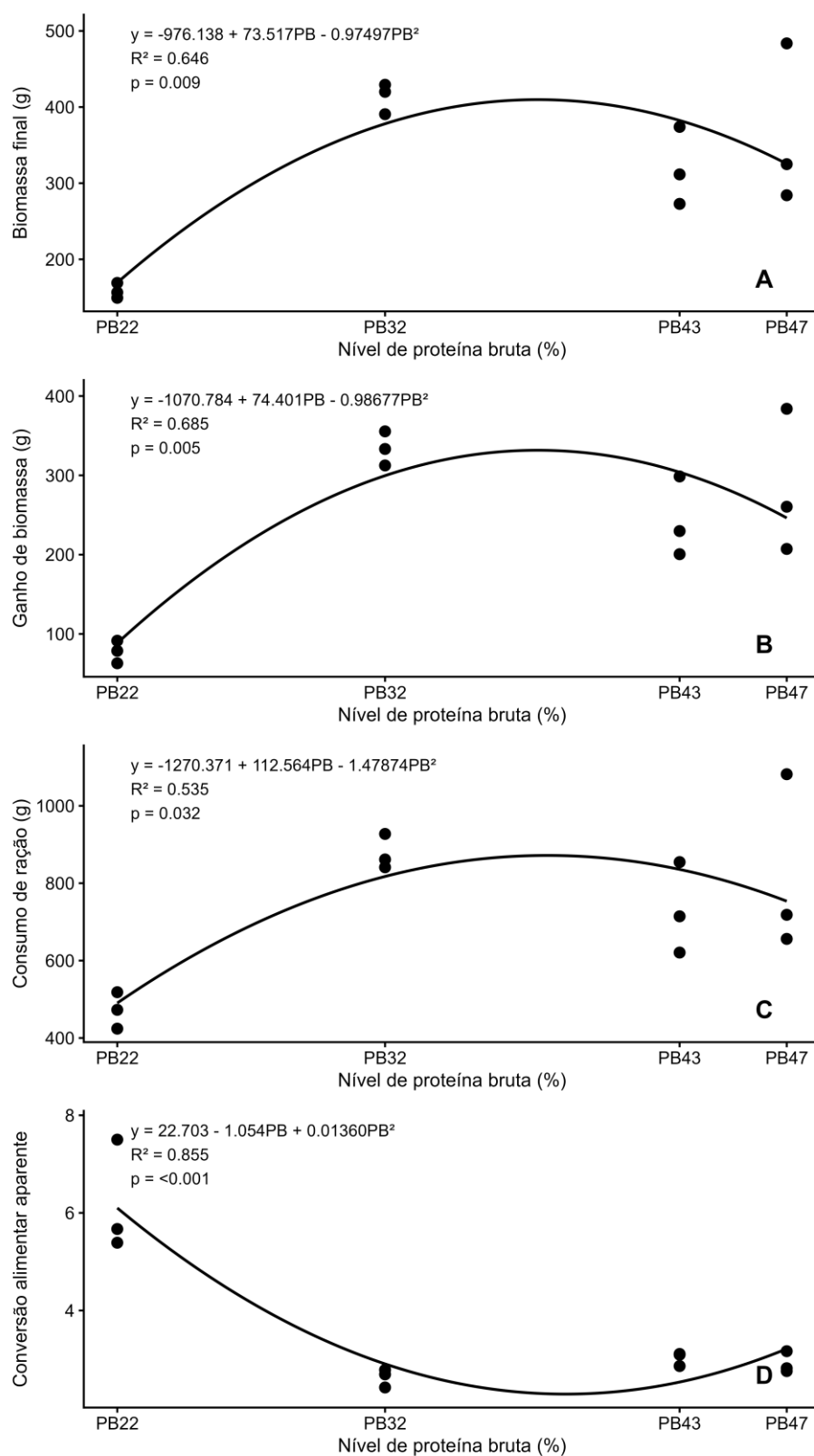


Figura 18. Modelos de regressão quadrática para biomassa final (A), ganho de biomassa (B), consumo de ração (C) e conversão alimentar aparente (D) de filhotes de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta em cativeiro. PB = proteína bruta.

Na análise do crescimento em comprimento retilíneo da carapaça em função da idade dos animais, observou-se relação significativa entre CRC e idade ($p < 0.001$). As relações foram descritas por modelos polinomiais quadráticos ajustados por modelos lineares gerais (GLM), com coeficiente de determinação geral de $R^2 = 0.765$ (**Figura 19**).

As equações ajustadas para cada tratamento foram:

$$\text{PB22: CRC} = 41.74 + 0.040 * I + 0.00005 \times I^2;$$

$$\text{PB32: CRC} = 33.95 + 0.142 * I - 0.00001 \times I^2;$$

$$\text{PB43: CRC} = 31.67 + 0.140 * I - 0.00005 \times I^2;$$

$$\text{PB47: CRC} = 30.98 + 0.166 * I - 0.00009 \times I^2.$$

O peso corporal dos filhotes apresentou relação significativa com a idade ($p < 0.001$), sendo descrito por modelos polinomiais quadráticos ajustados por modelos lineares gerais (GLM), com $R^2 = 0.750$ para os diferentes tratamentos (**Figura 20**):

$$\text{PB22: Peso} = 11.50 + 0.029 \times I + 0.00010 \times I^2;$$

$$\text{PB32: Peso} = 3.38 + 0.100 \times I + 0.00029 \times I^2;$$

$$\text{PB43: Peso} = -0.71 + 0.135 \times I + 0.00010 \times I^2;$$

$$\text{PB47: Peso} = -1.36 + 0.154 \times I + 0.00011 \times I^2.$$

Os modelos de crescimento evidenciaram superioridade do tratamento PB32, que proporcionou maior crescimento e melhor desempenho zootécnico ao longo do período experimental. Em contraste, PB22 apresentou os menores resultados para a maioria das variáveis avaliadas, enquanto PB43 e PB47 exibiram respostas intermediárias.

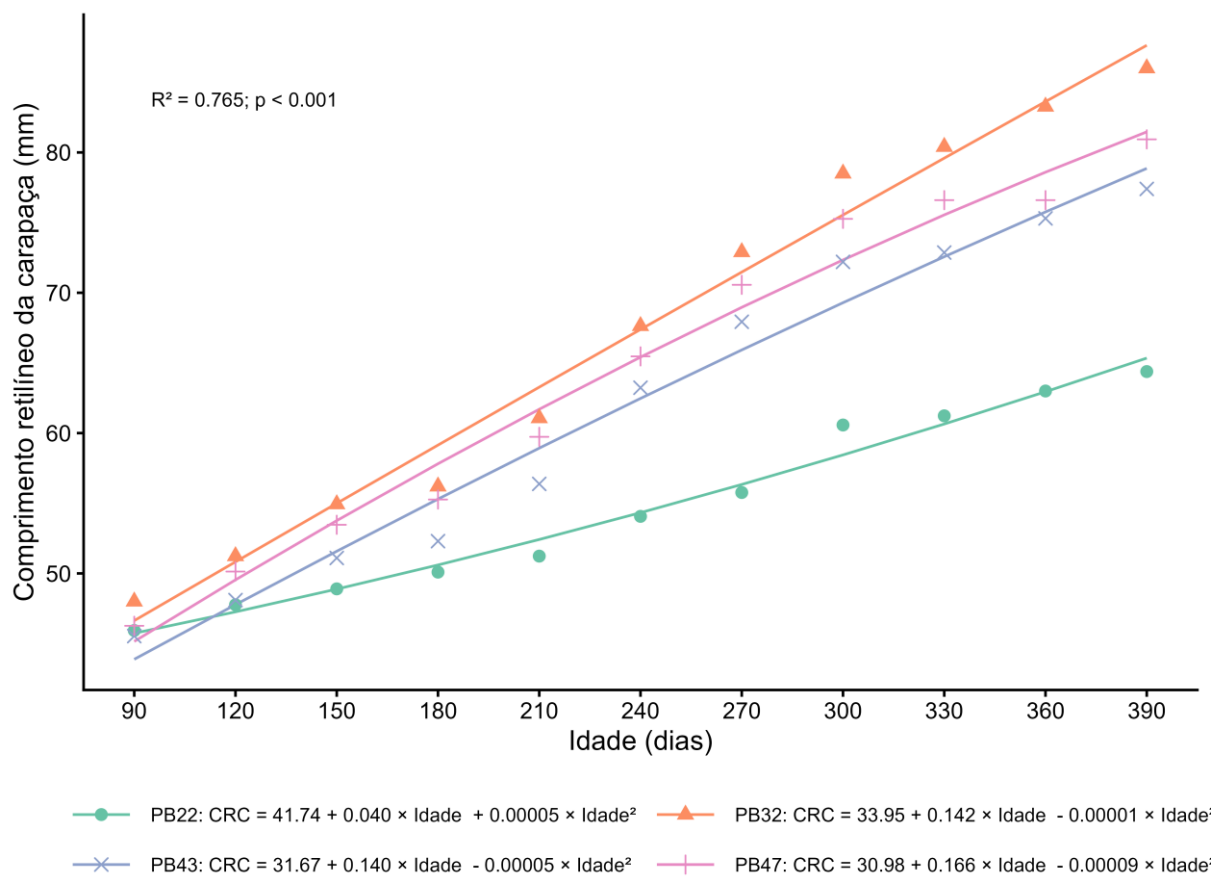


Figura 19 Modelos de regressão polinomial da relação entre a idade e o comprimento retilíneo da carapaça de filhotes de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta.

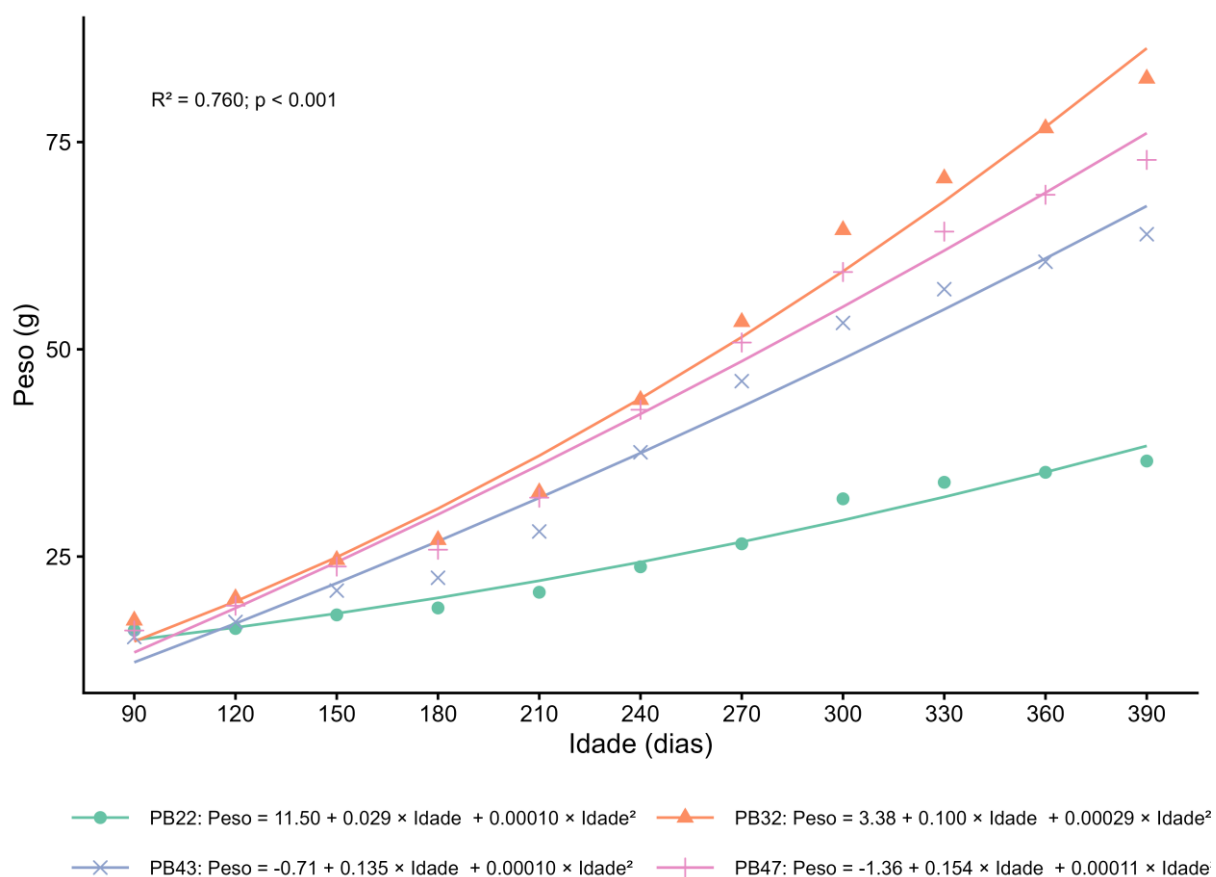


Figura 20. Modelos de regressão polinomial da relação entre a idade e o peso corporal de filhotes de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta.

11. DISCUSSÃO

As variações sazonais de temperatura e umidade acompanharam o regime climático típico da Amazônia Central, com temperaturas mais elevadas entre agosto e outubro e menores entre março e julho, enquanto a umidade relativa apresentou padrão inverso. Esse comportamento reflete a forte relação entre temperatura e pluviosidade regional, já descrita por Marengo *et al.* (2011), padrão também observado nas normais climatológicas do INMET (2020).

A amplitude diária foi discreta, sem extremos que comprometessem a homeostase fisiológica dos filhotes, corroborando estudos que apontam a resiliência térmica de ovos e juvenis de quelônios em ambientes amazônicos (Ferreira Júnior *et al.*, 2007; Finkler, 2006). Esse padrão indica que, sob as condições experimentais, a variação térmica ambiental não representou fator limitante ao crescimento, mas ressalta a importância de integrar parâmetros climáticos no planejamento de sistemas de criação, especialmente em cenários de mudanças climáticas.

A temperatura da água manteve-se estável ao longo do experimento, sem diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0.05$). Os valores médios de temperatura da água permaneceram próximos de 27.6 °C às 08:00 h e 28.1 °C às 12:00 h em todos os tratamentos, estando dentro da faixa considerada adequada para espécies do gênero *Podocnemis*, conforme relatado em estudos com *P. expansa* e *P. unifilis* mantidas em condições controladas (Costa *et al.*, 2008a; Páez e Bock, 2004).

Essa estabilidade térmica é importante para manutenção do metabolismo dos quelônios, visto que são animais ectotérmicos e altamente dependentes da temperatura ambiental para regulação metabólica e desempenho fisiológico (Avery *et al.*, 1993). Assim, pode-se inferir que a temperatura da água, ao permanecer dentro de limites ótimos, não atuou como fator restritivo ao crescimento e ao desempenho zootécnico dos filhotes de *P. erythrocephala*.

Em contraste às variáveis térmicas, os parâmetros químicos da água responderam intensamente ao aumento do teor proteico das dietas. Os tratamentos contendo $\geq 32\%$ de PB apresentaram elevação acentuada das concentrações de amônia total em comparação ao tratamento PB22, evidenciando maior excreção de compostos nitrogenados pelos animais alimentados com dietas com maiores níveis de proteína. Além disso, os maiores níveis de PB também promoveram aumento significativo do pH da água. Esses resultados indicam que o incremento proteico da dieta alterou diretamente a dinâmica química do ambiente de cultivo, provavelmente em decorrência da maior deaminação de aminoácidos e excreção

nitrogenada, corroborando achados em *Pelodiscus sinensis* (Wang, Qi e Yang, 2014), e em outras espécies aquícolas sob dietas hiperproteicas, como *Oreochromis niloticus* (Abdel-Tawwab *et al.*, 2010) e *Acipenser baerii* × *A. gueldenstaedtii* (Guo *et al.*, 2012).

O crescimento biométrico apresentou padrão não linear, com aceleração após os 150 dias, especialmente nos tratamentos PB32, PB43 e PB47, que apresentaram melhor desempenho ao final do experimento. Essas evidências são consistentes com estudos em *P. expansa* e *P. unifilis*, nos quais dietas contendo maiores níveis de proteína promoveram maior GP, GDP e melhor CAA (Sá *et al.*, 2004; Costa *et al.*, 2008a; Costa, 2014; Andrade *et al.*, 2021; Castro *et al.*, 2022). Em estudos com filhotes de *P. expansa*, maiores teores de proteína animal na dieta, também proporcionaram maior crescimento (Andrade, 2008; Andrade *et al.*, 2021).

Sá *et al.* (2004) encontraram valores de GDP para filhotes *P. expansa* que variaram de 0.2 a 0.4 g/dia em função de diferentes níveis de proteína (18 a 30%). Andrade (2008) encontrou valores de GDP para filhotes de tartaruga nos primeiros 12 meses que variaram em função da densidade de cultivo (0.2 a 0.9g/dia), do nível de energia na ração (0.7 a 1.0 g/dia), a fonte de proteína vegetal ou animal (0.4 e 1.9 g/dia, respectivamente), da idade em meses (0.3 a 2.2 g/dia), sendo que, filhotes de *P. expansa* crescem mais do que os de *P. unifilis*, em cativeiro, tanto no primeiro ano (1.05 e 0.87 g/dia) quanto no segundo ano de vida (2.0 e 1.5 g/dia, respectivamente). Os valores de GDP para filhotes de *P. erythrocephala* obtidos no presente estudo variaram de 0.07 a 0.21 g/dia até 307 dias de idade sendo, portanto, inferiores aos dos estudos com *P. expansa* e *P. unifilis*.

Oliveira *et al.* (2020) alimentando filhotes de *P. unifilis* e *P. expansa* com ração com 45% PB e frutos locais (*Couepia paraensis*; *Genipa americana*; *Duroia genipoides*) até 90 dias de idade, tiveram um peso final de 22.9-25.6 g e 35.6-40.5g, e GDP estimado em 0.09-0.11g/dia e 0.11-0.17 g/dia, respectivamente. Em experimento com condições ambientais similares ao do presente estudo, Castro *et al.* (2022) verificou que filhotes de *P. expansa* e *P. unifilis* alimentados com rações artesanais com diferentes níveis proteicos (5,8 a 40%PB), em 5 meses de cultivo, tiveram animais maiores e mais pesados (PF=42.5-54,7g e 26.7-45g; GDP=0.04- 0.21 e 0.02-0.18 g/dia, respectivamente) quando alimentados com maiores níveis proteicos.

Entretanto, assim como observado por Costa *et al.* (2008a), o aumento progressivo da proteína não resultou em crescimento proporcionalmente superior nos níveis mais elevados de PB, sugerindo que parte da proteína excedente pode ter sido desviada para metabolismo energético e excreção nitrogenada. Segundo Costa *et al.* (2008b), o equilíbrio nutricional das

dietas é fundamental para maximizar a conversão dos nutrientes em crescimento muscular, evitando desperdício metabólico e possíveis alterações fisiológicas associadas ao excesso proteico.

Dietas contendo níveis excessivos de proteína podem aumentar o catabolismo de aminoácidos não utilizados para crescimento corporal, elevando a produção de compostos nitrogenados e a demanda metabólica associada à sua excreção. Yoshioka *et al.* (2017), avaliando filhotes de *P. unifilis* alimentados com diferentes níveis de proteína bruta, observaram aumento dos níveis plasmáticos de ureia e maiores concentrações de amônia na água em animais alimentados com dietas contendo 45 e 55% PB, concluindo que níveis excessivamente elevados de proteína não são adequados para a espécie. Segundo os autores, quanto maior o teor proteico da dieta, maior a concentração de amônia no ambiente de cultivo, mesmo com trocas frequentes de água, portanto, recomendaram ração com 36% de proteína bruta para garantir a saúde dos animais.

Os valores máximos registrados para amônia total nos tratamentos PB43 e PB47 coincidiram com o limite superior de leitura do kit colorimétrico empregado, o que pode indicar saturação do método analítico e concentrações reais ainda mais elevadas nesses tratamentos.

De forma semelhante, Garcez *et al.* (2024) destacaram que frações proteicas não aproveitadas podem contribuir para alterações físico-químicas da água devido à maior liberação de compostos nitrogenados no sistema de criação. No presente estudo, embora os tratamentos contendo maiores níveis de PB tenham promovido crescimento superior ao PB22, os níveis mais elevados de proteína não resultaram em incrementos proporcionais no desempenho zootécnico, sugerindo aumento do custo fisiológico associado ao metabolismo e à excreção do excesso proteico.

O desempenho zootécnico reforçou esse padrão: GDP e TCE foram superiores com $\geq 32\%$ PB, enquanto o grupo PB22 apresentou CAA desfavorável, indicando limitação nutricional e menor eficiência de aproveitamento da dieta. Achados semelhantes foram descritos em *Trionyx sinensis*, nos quais dietas abaixo do nível ótimo reduziram eficiência metabólica e comprometeram a sobrevivência, enquanto níveis excessivamente elevados não resultam em ganhos adicionais expressivos (Nuangsaeng e Boonyaratapalin, 2001). Esses resultados se alinham aos encontrados no presente estudo, no qual a dieta PB32 apresentou melhor desempenho geral, indicando que níveis intermediários de proteína podem atender de forma mais eficiente às demandas metabólicas da fase inicial de crescimento.

Além do teor proteico, a qualidade da proteína também é determinante. Estudos em *P. unifilis* demonstraram maior crescimento com inclusão de proteína animal em comparação a dietas exclusivamente vegetais (Páez e Bock, 2004; Oliveira *et al.*, 2020; Andrade *et al.*, 2021; Castro *et al.*, 2022), padrão também observado em outras espécies de quelônios (Meers *et al.*, 2016). Mais recentemente, Oliveira *et al.* (2020) e Oliveira (2022) evidenciaram que frutos e sementes amazônicos, com teores relevantes de proteína vegetal, compõem parte significativa da dieta natural de *P. expansa*, *P. unifilis* e *P. erythrocephala*, indicando potencial para uso de ingredientes regionais na formulação de dietas.

Do ponto de vista aplicado, Andrade *et al.* (2021) ressaltam que a quelonicultura no Brasil representa uma alternativa estratégica para conciliar conservação e geração de renda, reduzindo a pressão de captura sobre populações naturais. Dentro dessa perspectiva, a definição de níveis proteicos adequados, como demonstrado neste estudo, contribui diretamente para o aprimoramento da produção, reduzindo custos de manejo e favorecendo sistemas sustentáveis de criação de *P. erythrocephala*.

Apesar da clara resposta aos níveis proteicos observada no presente estudo, fatores adicionais como densidade de estocagem, acesso à luz solar e outras condições ambientais também podem influenciar o crescimento, como já sugerido para *P. expansa* e *P. unifilis* (Páez e Bock, 2004; Costa *et al.*, 2008a). Investigações futuras também poderiam explorar o uso de subprodutos regionais como fontes alternativas de proteína, bem como avaliar efeitos sobre a qualidade da carne e parâmetros fisiológicos como já abordado por Castro *et al.*, (2022), Kou *et al.* (2022) e Brasiliense *et al.* (2023).

Os pontos máximos estimados pelas regressões quadráticas indicaram níveis ótimos de proteína bruta variando entre 37.38 e 38.66% PB para maximização do CRC final, peso corporal final e TCE em *P. erythrocephala*. Tal comportamento demonstra que dietas contendo níveis intermediários de proteína promovem melhor desempenho zootécnico, enquanto níveis inferiores comprometem o crescimento dos filhotes. Entretanto, esse incremento no aporte proteico impõe desafios à manutenção da qualidade da água, devido à maior excreção de compostos nitrogenados. Esses achados subsidiam programas de conservação e contribuem para o fortalecimento da quelonicultura como atividade produtiva e sustentável na Amazônia.

12. CONCLUSÃO

Os níveis de proteína bruta da dieta influenciaram o crescimento e o desempenho zootécnico de filhotes de *Podocnemis erythrocephala*. A dieta contendo 32% de proteína bruta proporcionou o melhor desempenho geral entre os níveis avaliados, enquanto o tratamento com 22% resultou nos menores valores de crescimento e na pior conversão alimentar aparente. Os modelos de regressão quadrática estimaram níveis ótimos entre 37,38 e 38,66% de proteína bruta para o comprimento retilíneo final da carapaça, peso corporal final e taxa de crescimento específico. Entretanto, o aumento do teor proteico das dietas esteve associado a maiores concentrações de amônia total na água, evidenciando a necessidade de considerar, além do desempenho dos animais, seus efeitos sobre a qualidade da água. Esses resultados fornecem parâmetros nutricionais específicos para filhotes de *P. erythrocephala* e podem subsidiar a formulação de dietas e o aprimoramento do manejo alimentar da espécie em cativeiro.

13. REFERÊNCIAS

- ABDEL-TAWWAB, M.; AHMAD, M.H.; KHATTAB, Y.A.E.; SHALABY, A.M.E. Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, v. 298, n. 3-4, p. 267-274, 2010. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2009.10.027.
- ANDRADE, P.C.M. **Criação e manejo de quelônios no Amazonas**. 2. ed. Manaus: ProVárzea/IBAMA, 2008. 528 p.
- ANDRADE, P.C.M.; AZEVEDO, S.H.; DUARTE, J.A.M.; GARCEZ, J.R.; OLIVEIRA, P.H.G.; PINTO, J.R.S.; ALMEIDA JÚNIOR, C.D. **Projeto Pé-de-Pincha: conservação e manejo de quelônios – manual para gestores ambientais**. Manaus: UNISOL/UFAM; Gráfica Moderna, 2015.
- ANDRADE, P.C.M.; GARCEZ, J.R.; LIMA, A.C.; DUARTE, J.A.M.; ANÍZIO, T.L.F.; RODRIGUES, W.S.; OLIVEIRA, A.B.; ALVES, H.R.B. Panorama da quelonicultura no Brasil – uma estratégia para conservação das espécies e geração de renda. **Aquaculture Brasil**, ed. 22, p. 32-40, 2021.
- ANDRADE, P.C.M.; OLIVEIRA, P.H.G.; LIMA, A.C.; DUARTE, J.A.M.; AZEVEDO, S.H.S.; OLIVEIRA, A.B.; ALMEIDA JÚNIOR, C.D.; SILVA, E.B.; GARCEZ, J.R.; PINTO, J.R.S.; SILVA, L.C.N.; MONTEIRO, M.S.; RODRIGUES, W.S.; ANÍZIO, T.L.F.; PONTES, A.L.B.; TEIXEIRA, R.L.; SILVA, J.M.; DUNCAN, W.L.P.; VOGT, R.C. Community-based conservation and management of chelonians in the Amazon. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, 769328, 2022. DOI: 10.3389/fevo.2022.769328.
- ANDRADE, P.C.M.; ABRAHÃO, C.R.; CARVALHO, D.; FERRÃO, M.; SILVEIRA, A.L.; SANTOS, A.T.; MEDEIROS, A.M.; REGOLIN, A.L.; FERRARA, C.R.; GROU, C.E.V.; CUNHA, F.A.G.; MAFFEI, F.; MOURA, G.J.B.; FRIOL, N.R.; VALADÃO, R.M.; SILVA, R.V.L.E.; ROCHA, S.B.; FAMELLI, S.; PORTELINHA, T.C.G.; MARQUES, T.S.; BRITO, E.S. *Podocnemis erythrocephala*. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, 2026. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br>. Acesso em: 18 maio 2026.
- AVERY, H.W.; SPOTILA, J.R.; CONGDON, J.D.; FISHER JR., R.U.; STANDORA, E.A.; AVERY, S.B. Roles of diet protein and temperature in the growth and nutritional energetics of the slider turtle, *Trachemys scripta*. **Physiological Zoology**, v. 66, n. 6, p. 902-925, 1993. DOI: 10.1086/physzool.66.6.30163746.
- BALESTRA, R.A.M.; ANDRADE, P.C.M.; BERNHARD, R.; FERRARA, C.R.; FAGUNDES, C.K. Monitoramento da incubação dos ovos e manejo de filhotes de quelônios

- amazônicos. In: BALESTRA, R.A.M. (Org.). **Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos**. Brasília: IBAMA, 2016. p. 63-69.
- BOTARO, D.; FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; SANTOS, L.D.; SILVA, T.S.C.; SANTOS, V.G. Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 517-525, 2007. DOI: 10.1590/S1516-35982007000300001.
- BRASILIANSE, A.R.P.; MENDONÇA, R.P.; ALMEIDA, P.E.M.; DAMASCENO, L.F.; HOSHINO, M.D.F.G.; YOSHIOKA, E.T.O. Different dietary protein levels for *Podocnemis unifilis* subadult farming: hematological and biochemical assessment. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 35, n. 3, p. 674-686, 2023. DOI: 10.1080/10454438.2021.2016544.
- CASTRO, I.C.; ANDRADE, P.C.M.; MONTEIRO, M.S.; DUARTE, J.A.M.; MEDEIROS, P.A. Use of by-products and waste in the manufacture of artisan feed for hatchlings of giant South American river turtle (*Podocnemis expansa*) and yellow spotted river turtle (*Podocnemis unifilis*) and in Jurua community breeding systems. **Revista Agroecossistemas**, v. 14, n. 2, p. 22-44, 2022. DOI: 10.18542/ragros.v14i2.11604.
- CITES – CONVENTION ON INTERNATIONAL TRADE IN ENDANGERED SPECIES OF WILD FAUNA AND FLORA. **Appendices I, II and III**. 2025. Disponível em: <https://cites.org/eng/app/appendices.php>. Acesso em: 24 set. 2025.
- COSTA, F.S.; OLIVEIRA, P.H.G.; ANDRADE, P.C.M.; COSTA, P.M.; ABE, A.S. Desenvolvimento de tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) e tracajá (*Podocnemis unifilis*) em cativeiro, alimentados com dietas artificiais em diferentes instalações. In: ANDRADE, P.C.M. (Ed.). **Criação e manejo de quelônios no Amazonas**. 2. ed. Manaus: ProVárzea/IBAMA, 2008a. p. 287-328.
- COSTA, F.S.; DUARTE, J.A.M.; OLIVEIRA, P.H.G.; ANDRADE, P.C.M. Alimentação e nutrição de quelônios aquáticos amazônicos (*Podocnemis* spp.). In: ANDRADE, P.C.M. (Ed.). **Criação e manejo de quelônios no Amazonas**. 2. ed. Manaus: ProVárzea/IBAMA, 2008b. p. 259-286.
- COSTA, R.A. **Exigência proteica para filhotes de tracajá, *Podocnemis unifilis* (Tröschel, 1848): avaliações de crescimento e hematológicas**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2014.
- DANTAS FILHO, J.V.; PONTUSCHKA, R.B.; FRANCK, K.M.; GASPAROTTO, P.H.G.; CAVALI, J. Cultivo de quelônios promove conservação e o desenvolvimento social e econômico da Amazônia. **Revista Ciência e Saúde Animal**, v. 2, p. 9-31, 2020. DOI: 10.6084/m9.figshare.12058596.v1.

FERRARA, C.; FAGUNDES, C.; MORCATTY, T.; VOGT, R. **Quelônios amazônicos: guia de identificação e distribuição**. Manaus: Wildlife Conservation Society – Brasil, 2017.

FERREIRA JÚNIOR, P.D.; CASTRO, A.; VOGT, R.C. Efeitos da temperatura no crescimento e sobrevivência de filhotes de *Podocnemis expansa* (Testudines: Podocnemididae). **Acta Amazonica**, v. 37, n. 3, p. 377-384, 2007. DOI: 10.1590/S0044-59672007000300010.

FINKLER, M.S. Water and temperature relations of reptilian eggs. In: DEEMING, D.C. (Ed.). **Reptilian incubation: environment, evolution and behaviour**. Nottingham: Nottingham University Press, 2004. p. 182-199.

FURUYA, W.M. (Ed.); PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; BOSCOLO, W.R.; CYRINO, J.E.P.; FURUYA, V.R.B.; FEIDEN, A. **Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias**. Toledo: GFM, 2010. 100 p.

FURUYA, W.M.; FURUYA, V.R.B.; NAGAE, M.Y.; GRACIANO, T.S.; MICHELATO, M.; XAVIER, T.O.; VIDAL, L.V. Nutrição de tilápias no Brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 1, p. 19-34, 2012. DOI: 10.18188/sap.v11i1.6352.

GARCEZ, J.R.; SANTOS, G.F.D.; SANTOS, M.; FREIRE, G.M.; MARINHO, A.F.C.; ANGULO, C.A.L.; GOMES, J.R.; CAVALCANTE, J.L.C.; PIMENTEL, L.M.; COSTA, M.C.V.; MARTINS, M.V.S.; ZANAGAMA, S.V.S.; BRITO, V.G.M.; SANTOS, V.C.R.; AMARAL JUNIOR, W.P. Impacto da dieta alternativa com vegetais *in natura* no crescimento e custos da criação de tracajás (*Podocnemis unifilis*). **Revista Sociedade Científica**, v. 7, n. 1, p. 3307-3332, 2024. DOI: 10.61411/rsc202460217.

GUO, Z.; ZHU, X.; LIU, J.; HAN, D.; YANG, Y.; LAN, Z.; XIE, S. Effects of dietary protein level on growth performance, nitrogen and energy budget of juvenile hybrid sturgeon, *Acipenser baerii* × *A. gueldenstaedtii*. **Aquaculture**, v. 338-341, p. 89-95, 2012. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.01.008.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normais climatológicas do Brasil 1991-2020**. Brasília: INMET, 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 26 set. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Instrução Normativa nº 7, de 30 de abril de 2015. Institui e normatiza as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro e define, no âmbito do IBAMA, os procedimentos autorizativos para as categorias estabelecidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 6 maio 2015, Seção 1, p. 55-59.

- KOU, H.; HU, J.; LIU, X.; ZHAO, L.; ZHANG, K.; PAN, X.; WANG, A.; MIAO, Y.; LIN, L. Dietary protein improves flesh quality by enhancing antioxidant ability via the NF-E2-related factor 2/Kelch-like ECH-associated protein 1 signaling pathway in softshell turtle (*Pelodiscus sinensis*). **Frontiers in Nutrition**, v. 9, 1030583, 2022. DOI: 10.3389/fnut.2022.1030583.
- LIMA, A.C.; ANDRADE, P.C.M.; DUARTE, J.A.M.; MONJELÓ, L.A.S.; VOGT, R.C.; GARCEZ, J.R.; RODRIGUES, W.S.; BRELAZ, A. Caracterização socioeconômica e ambiental da criação de quelônios no estado do Amazonas e comercialização. In: ANDRADE, P.C.M. (Ed.). **Criação e manejo de quelônios no Amazonas**. 2. ed. Manaus: ProVárzea/IBAMA, 2008. p. 408-448.
- LUISELLI, L.; STARITA, A.; CARPANETO, G.M.; SEGNIAGBETO, G.H.; AMORI, G. A short review of the international trade of wild tortoises and freshwater turtles across the world and throughout two decades. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 15, n. 2, p. 167-172, 2016. DOI: 10.2744/CCB-1216.1
- MARENGO, J.A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L.M.; SOARES, W.R.; RODRIGUEZ, D.A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 12, L12703, 2011. DOI: 10.1029/2011GL047436.
- MEERS, M.; ROBINSON, K.; SMITH, D.; SCORDINO, A.; FISHER, L. Effect of diet on growth in captive *Podocnemis unifilis*: assessing optimal diets for turtles in head-starting programs. **Bulletin of the Florida Museum of Natural History**, v. 54, n. 4, p. 58-68, 2016. DOI: 10.58782/flmnh.kvwd1981.
- MITTERMEIER, R.A.; VOGT, R.C.; BERNHARD, R.; FERRARA, C.R. *Podocnemis erythrocephala* (Spix 1824) – Red-headed Amazon river turtle, irapuca. In: RHODIN, A.G.J.; PRITCHARD, P.C.H.; VAN DIJK, P.P.; SAUMURE, R.A.; BUHLMANN, K.A.; IVERSON, J.B.; MITTERMEIER, R.A. (Eds.). **Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: a compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group**. Chelonian Research Monographs, v. 5, n. 8, p. 087.1-087.10, 2015. DOI: 10.3854/crm.5.087.erythrocephala.v1.2015.
- NUANGSAENG, B.; BOONYARATAPALIN, M. Protein requirement of juvenile soft-shelled turtle *Trionyx sinensis* Wiegmann. **Aquaculture Research**, v. 32, supl. 1, p. 106-111, 2001. DOI: 10.1046/j.1355-557x.2001.00049.x.
- OLIVEIRA, P.H.G.; CASTRO, I.C.; ANDRADE, P.C.M.; MONTEIRO, M.S.; GAMA NETO, C.V. Alimentação de filhotes e juvenis de tracajás (*Podocnemis unifilis*) e tartarugas

- (*Podocnemis expansa*) na natureza e em sistemas de criação comunitária no Amazonas. **Revista Agroecossistemas**, v. 12, n. 1, p. 83-98, 2020. DOI: 10.18542/ragros.v12i1.8956.
- OLIVEIRA, P.H.G. **Dieta dos quelônios (Testudines, Podocnemididae: Podocnemis spp.) no rio Andirá, Barreirinha, Amazonas, Brasil**. 2022. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022.
- PÁEZ, V.P.; BOCK, B.C. Pre- and post-hatching factors affecting juvenile growth rates in the yellow-spotted river turtle (*Podocnemis unifilis*). **Actualidades Biológicas**, v. 26, p. 137-151, 2004.
- PEZZUTI, J.C.B.; LIMA, J.P.; SILVA, D.F.; BEGOSSI, A. Uses and taboos of turtles and tortoises along Rio Negro, Amazon Basin. **Journal of Ethnobiology**, v. 30, n. 1, p. 153-168, 2010. DOI: 10.2993/0278-0771-30.1.153.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025.
- SÁ, V.A.; QUINTANILHA, L.C.; FRENEAU, G.E.; LUZ, V.L.F.; BORJA, A.D.L.R.; SILVA, P.C. Crescimento ponderal de filhotes de tartaruga gigante da Amazônia (*Podocnemis expansa*) submetidos a tratamento com rações isocalóricas contendo diferentes níveis de proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 2351-2358, 2004. DOI: 10.1590/S1516-35982004000900022.
- TD SOFTWARE. **SuperCrac 6.1** [software de formulação de dietas]. Viçosa: TD Software, 2024.
- TORTOISE & FRESHWATER TURTLE SPECIALIST GROUP. *Podocnemis erythrocephala*. **The IUCN Red List of Threatened Species**, 1996. DOI: 10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T17821A7498361.en.
- WANG, J.; QI, Z.; YANG, Z. Evaluation of the protein requirement of juvenile Chinese soft-shelled turtle (*Pelodiscus sinensis*, Wiegmann) fed with practical diets. **Aquaculture**, v. 433, p. 252-255, 2014. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2014.06.024.
- YOSHIOKA, E.T.O.; COSTA, R.A.; BRASILIENSE, A.R.P.; CASTELO, A.S.; DAMASCENO, L.F. **Avaliação fisiológica de filhotes de tracajás *Podocnemis unifilis* alimentados com diferentes níveis de proteína nas rações**. Macapá: Embrapa Amapá, 2017. 33 p. (Embrapa Amapá. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 98)

CAPÍTULO IV - Níveis de energia na dieta de juvenis de *Podocnemis erythrocephala*

14. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Animais Silvestres (LAS) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), em Manaus, Amazonas, Brasil. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFAM (CEUA/UFAM), sob o protocolo nº 23105.002010/2024-92, atendendo à legislação vigente.

Foram utilizados 59 juvenis de *Podocnemis erythrocephala*, com aproximadamente 14 meses de idade, oriundos da comunidade Daracuá, município de Barcelos, Amazonas, Brasil (0°30'26,1"S; 63°12'48,1"W). O transporte dos animais foi realizado mediante autorização do SISBIO (licença nº 84348-2/74350).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos correspondentes a diferentes níveis de energia bruta na dieta (3200, 3500, 3800 e 3900 kcal/kg), com três repetições por tratamento. As unidades experimentais foram compostas por caixas de polipropileno com capacidade de 45 L (64 x 45 x 20 cm), contendo 12 L de água, com quatro a cinco animais por unidade experimental.

A água foi totalmente renovada a cada cinco dias, sendo realizada a limpeza das unidades experimentais. A temperatura da água nos horários de 08:00h e 12:00h foi monitorada diariamente por meio de termômetro digital.

As dietas experimentais foram formuladas com ingredientes convencionais (farelo de soja, farelo de trigo, milho, farinha de peixe, óleo, fosfato bicálcico, calcário, premix vitamínico-mineral e sal), sendo isoproteicas (31,75 % de proteína bruta) e diferenciadas apenas quanto ao nível de energia bruta (**Tabela 8**). As dietas foram elaboradas com auxílio do software SuperCrac 6.1 (TD Software, Viçosa, MG, Brazil) e processadas por moagem, homogeneização, peletização (matriz de 4 mm), secagem em estufa (24 h a 60°C e 24 h a 45 °C) e armazenadas sob refrigeração (5 °C) até o fornecimento.

As dietas experimentais foram submetidas a análises bromatológicas no Laboratório de Forragens e Pastagens da UFAM. Foram determinados matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta conforme metodologias da AOAC (2019). Os valores de energia bruta das dietas foram determinados por meio de bomba calorimétrica (**Tabela 8**).

Tabela 8. Formulação e composição centesimal das dietas experimentais com diferentes níveis de energia para juvenis de irapuça (*Podocnemis erythrocephala*)

Ingredientes (%)	Teor de energia bruta (kcal/kg)			
	3200 (T1)	3500 (T2)	3800 (T3)	3900 (T4)
Milho	54,93	54,11	53,84	53,31
Soja farelo	24,23	23,87	23,75	23,52
Farinha de peixe	18,38	18,10	18,01	17,84
Óleo de soja	0,00	1,49	1,98	2,94
Calcário	1,50	1,00	1,00	1,00
Premix vitamínico-mineral ¹	0,50	0,50	0,49	0,49
Sal comum	0,10	0,10	0,10	0,10
Fosfato bicálcico	0,34	0,34	0,34	0,33
Total	100	100	100	100
Composição centesimal (%)				
Matéria seca	93,12	93,32	93,86	94,38
Material mineral	7,16	6,43	6,02	6,67
Proteína bruta	31,75	31,75	31,75	31,75
Extrato etéreo	3,65	5,22	5,46	3,53
Fibra bruta	2,76	2,82	2,52	3,07
Extrato não nitrogenado	54,52	54,57	55,40	53,17
Energia Bruta (kcal)	3.179,26	3.496,89	3.828,84	3.907,90

¹Premix postura CZ 0,4% M1.2: vitamina A (mín.) 2.000.000,00 UI/kg, vitamina D3 (mín.) 5.000.000,00 UI/kg, vitamina E (mín.) 1.250,00 UI/kg, vitamina K3 (mín.) 500,00 mg/kg, vitamina B2 (mín.) 1.000,00 mg/kg, vitamina B12 (mín.) 1.750,00 mg/kg, ácido nicotínico (mín.) 5.000,00 mg/kg, pantotenato de cálcio (mín.) 17,50 g/kg, betaína (mín.) 20,88 g/kg, cobre (mín.) 20 g/kg, ferro (mín.) 12,50 g/kg, manganês (mín.) 15.000,00 mg/kg, zinco (mín.) 15 g/kg, iodo (mín.) 175,00 mg/kg, selênio (mín.) 50,00 mg/kg, metionina (mín.) 300000.00 mg/kg, fitase 75,00 µ/g, amilase 656,25 µ/g, beta-glucano 6,25 bqµ/g, celulase 45 µ/g, lipase 25,00 µ/g, protease 93,75 µ/g, *Bacillus subtilis* 5,625x10¹¹ UFC/kg.

As dietas foram fornecidas uma vez ao dia durante 5 dias na semana, por um período de 7 meses. As avaliações biométricas foram realizadas mensalmente utilizando paquímetro (0,05 mm) e balança digital (0,01 g). Foram mensuradas as seguintes variáveis: comprimento retilíneo da carapaça (CRC), largura retilínea da carapaça (LRC), comprimento retilíneo do plastrão (CRP), largura retilínea do plastrão (LRP), altura máxima retilínea da carapaça (AMRC) e peso corporal.

Adicionalmente, foram avaliadas variáveis de desempenho, incluindo ganho de peso (GP), o ganho diário de peso (GDP), a taxa de crescimento específico (TCE), a Biomassa final (BF), o ganho de biomassa (GB), o consumo de ração (RC) e a conversão alimentar aparente (CAA) foram calculados conforme as seguintes equações:

$$GP = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

$$GDP = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) / \text{número de dias}$$

$$TCE (\%/dia) = [(\ln \text{Peso final} - \ln \text{Peso inicial}) / \text{número de dias}] \times 100$$

$$GB = \text{Biomassa final} - \text{Biomassa inicial}$$

$$CAA = \text{Consumo alimentar aparente} / \text{ganho de peso}$$

O consumo alimentar aparente foi determinado por meio da coleta do material residual nas unidades experimentais, utilizando sucção, seguido de filtração e secagem em estufa, permitindo a estimativa do consumo com base na matéria seca.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), após verificação dos pressupostos de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (teste de Levene). Quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Adicionalmente, foram ajustados modelos de regressão linear e quadrática para avaliar o efeito dos níveis de energia bruta sobre as variáveis biométricas e de desempenho zootécnico.

Para descrever o crescimento em CRC e peso corporal em função da idade dos juvenis, foram ajustados modelos polinomiais quadráticos independentes para cada tratamento por meio de modelos lineares gerais (GLM). As análises foram realizadas utilizando as médias das variáveis biométricas obtidas em cada idade experimental para os diferentes níveis de energia bruta da dieta. As equações de regressão e os coeficientes de determinação (R^2) foram obtidos para avaliação do ajuste dos modelos.

As análises estatísticas foram realizadas no software R versão 4.5.2 (R Core Team, 2025).

15. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura da água manteve-se relativamente estável ao longo do período experimental, tanto às 08:00 h quanto às 12:00 h, apresentando pequenas variações mensais. Às 08:00 h, os valores médios variaram de $26,18 \pm 0,49$ °C a $27,27 \pm 0,74$ °C, enquanto às 12:00 h variaram de $26,72 \pm 0,52$ °C a $27,70 \pm 0,67$ °C. Em ambos os horários de avaliação, observou-se discreto aumento da temperatura da água nos meses finais do experimento, especialmente a partir de julho. De modo geral, os valores médios permaneceram semelhantes entre os tratamentos, mantendo-se próximos de 26,5 °C às 08:00 h e 27,0 °C às 12:00 h (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios e desvios-padrão da temperatura da água durante o período experimental.

Variável	3200 (T1)	3500 (T2)	3800 (T3)	3900 (T4)
Temperatura da água 08:00h (°C)	26,56±0,69	26,56±0,69	26,56±0,69	26,54±0,69
Temperatura da água 12:00h (°C)	27,01±0,79	27,01±0,79	27,01±0,79	27,01±0,79
pH da água	6,60 ± 0,20 ^a	6,52 ± 0,22 ^{ab}	6,53 ± 0,19 ^{ab}	6,46 ± 0,20 ^b
Amônia total (mg/L)	5,48 ± 1,58 ^a	4,10 ± 1,86 ^{bc}	4,63 ± 1,61 ^b	3,56 ± 1,68 ^c

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De modo geral, as condições térmicas permaneceram dentro de uma faixa adequada para quelônios dulcícolas mantidos em cativeiro, contribuindo provavelmente para a manutenção da atividade metabólica e do equilíbrio fisiológico dos animais durante o período experimental. Em espécies ectotérmicas, como os quelônios, a temperatura da água exerce influência direta sobre processos fisiológicos, digestão, metabolismo e desempenho zootécnico (Pough e Janis, 2019). O discreto aumento da temperatura observado nos meses finais do experimento pode estar relacionado à sazonalidade climática da região amazônica, caracterizada por alterações na precipitação e radiação solar ao longo do ano (Fisch, Marengo e Nobre, 1998).

As variáveis de qualidade da água, pH e amônia total, apresentaram diferenças entre os tratamentos contendo diferentes níveis de energia dietética. Os valores de pH variaram de 6,46 a 6,60, mantendo-se dentro de uma faixa levemente ácida ao longo do experimento. O maior valor médio de pH foi registrado no tratamento T1 ($6,60 \pm 0,20$), diferindo significativamente do tratamento T4 ($6,46 \pm 0,20$), enquanto os tratamentos T2 e T3

apresentaram valores intermediários, sem diferença estatística em relação aos demais tratamentos (**Tabela 9**).

As concentrações de amônia total variaram de 3,56 a 5,48 mg/L, com maiores valores observados no tratamento T1 ($5,48 \pm 1,58$ mg/L) e menores no tratamento T4 ($3,56 \pm 1,68$ mg/L). Os tratamentos T2 e T3 apresentaram valores intermediários, com sobreposição parcial dos agrupamentos estatísticos pelo teste de Tukey. A discreta redução dos valores de pH e amônia total nos tratamentos contendo maiores níveis de energia pode estar relacionada a diferenças na utilização dos nutrientes e na excreção nitrogenada dos animais alimentados com dietas mais densas energeticamente.

Apesar das concentrações relativamente elevadas de amônia total observadas durante o experimento, não foram registradas mortalidade ou alterações comportamentais evidentes, sugerindo tolerância dos juvenis de *P. erythrocephala* às condições ambientais mantidas ao longo do cultivo. Além disso, a relativa estabilidade dos valores de pH provavelmente contribuiu para reduzir a proporção de amônia não ionizada, considerada a forma mais tóxica desse composto na água (Becker, 2008).

A **Tabela 10** apresenta as variáveis biométricas dos juvenis de *P. erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia bruta. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis biométricas finais avaliadas. Entretanto, todas as variáveis apresentaram aumento progressivo ao longo do período experimental, evidenciando crescimento contínuo dos animais em todos os tratamentos.

De modo geral, os juvenis alimentados com a dieta contendo nível intermediário-alto de energia bruta (T3) apresentaram os maiores valores médios de CRC, LRC, CRP, LRP, AMRC e peso corporal durante a maior parte do experimento. Aos 21 meses de idade, os animais do tratamento T3 apresentaram os maiores valores médios para CRC (93,06 mm), LRC (75,73 mm), CRP (75,07 mm), LRP (51,23 mm), AMRC (33,87 mm) e peso corporal (110,59 g), enquanto os menores valores foram geralmente observados no tratamento T2.

O peso corporal foi a variável que apresentou maior incremento ao longo do período experimental. Entre 14 e 21 meses de idade, o peso aumentou de 68,51 para 96,84 g em T1, de 58,18 para 88,48 g em T2, de 71,61 para 110,59 g em T3 e de 67,96 para 99,52 g em T4. Tendência semelhante foi observada para o comprimento retilíneo da carapaça, indicando crescimento corporal contínuo dos juvenis durante o período experimental.

Apesar da ausência de diferenças estatísticas entre os níveis de energia bruta avaliados, os resultados sugerem tendência de melhor desempenho biométrico nos animais

alimentados com a dieta T3, indicando possível efeito biológico positivo dos níveis intermediários de energia sobre o crescimento de juvenis de *P. erythrocephala*.

Os níveis de energia bruta da dieta não influenciaram significativamente as variáveis de crescimento e desempenho zootécnico dos juvenis de *P. erythrocephala* ($p > 0,05$), sendo observada elevada variabilidade dos dados dentro dos tratamentos (**Tabela 11**). Os modelos de regressão quadrática ajustados para comprimento CRC final, peso corporal final e TCE apresentaram baixos coeficientes de determinação e ausência de significância estatística, com valores de R^2 variando de 0,009 a 0,017 (**Figura 21**). Da mesma forma, os modelos ajustados para ganho de biomassa, consumo de ração e conversão alimentar aparente também não apresentaram efeito significativo dos níveis energéticos, apresentando R^2 entre 0,173 e 0,234 (**Figura 22**).

Apesar da ausência de diferenças estatísticas, observou-se tendência de maiores valores médios de CRC final, peso final, GB e CR nos tratamentos contendo níveis intermediários e mais elevados de energia bruta, especialmente nos tratamentos T3 e T4. Para a conversão alimentar aparente, verificou-se tendência de redução nos tratamentos contendo maiores níveis energéticos, indicando possível melhora na eficiência de utilização da dieta.

A ausência de efeito significativo dos níveis de energia bruta sobre as variáveis biométricas e de desempenho sugere que os níveis energéticos avaliados foram suficientes para atender às exigências nutricionais dos juvenis de *P. erythrocephala*, mantendo crescimento relativamente semelhante entre os tratamentos. Esses resultados indicam que os animais provavelmente foram capazes de utilizar adequadamente as dietas testadas, independentemente das diferenças na densidade energética.

Os baixos coeficientes de determinação observados nas regressões indicam elevada variabilidade individual entre os juvenis, característica frequentemente observada em quelônios mantidos em cativeiro. Essa variabilidade pode estar relacionada a diferenças individuais de comportamento alimentar, metabolismo, eficiência digestiva e adaptação às condições ambientais e de manejo. Além disso, a relativa estabilidade da taxa de crescimento específico entre os tratamentos sugere possível capacidade de compensação fisiológica dos animais frente às diferentes densidades energéticas das dietas.

Tabela 10. Características de crescimento da irapuça (*Podocnemis erythrocephala*) alimentada com dietas contendo diferentes níveis de energia bruta.

Idade (meses)	Tratamento	CRC	LRC	CRP	LRP	AMRC	Peso
14	T1	78,43±10,91	64,57±8,39	64,29±8,85	43,64±5,33	29,21±3,33	68,51±23,31
	T2	73,80±13,97	61,60±11,67	60,87±11,47	41,53±6,84	27,60±4,81	58,18±27,38
	T3	80,00±10,74	65,53±7,84	65,00±8,07	44,60±4,67	29,67±3,54	71,61±26,09
	T4	78,80±10,25	64,53±7,56	64,00±7,86	43,93±5,80	28,80±3,55	67,96±21,63
21	T1	90,21±10,75	73,07±8,44	72,93±9,42	50,71±6,73	32,18±3,05	96,84±31,55
	T2	86,82±12,61	70,75±10,70	69,89±10,21	47,89±7,21	30,96±3,96	88,48±39,32
	T3	93,06 ±14,21	75,73±10,43	75,07±11,10	51,23±6,61	33,87±4,92	110,59±45,75
	T4	90,30±11,57	73,90±9,55	72,90±9.,23	49,40±5,86	32,37±3,12	99,52± 30,46

Os valores são apresentados como média (desvio-padrão).

CRC = comprimento retilíneo da carapaça; LRC = largura retilínea da carapaça; CRP = comprimento retilíneo do plastrão; LRP = largura retilínea do plastrão; AMRP = altura máxima retilínea da carapaça

T1=3200 kcal/kg; T2=3500 kcal/kg; T3=3800 kcal/kg e T4=3900 kcal/kg

Tabela 11. Variáveis de desempenho zootécnico e consumo de juvenis de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia bruta.

Variável	T1=3200 kcal/kg	T2=3500 kcal/kg	T3=3800 kcal/kg	T4=3900 kcal/kg	ANOVA_p ¹
Ganho de peso (g)	28,34 ± 15,11	27,59 ± 18,84	38,97 ± 21,39	31,55 ± 11,12	0,2646
Ganho diário em peso (g/dia)	0,13 ± 0,07	0,13 ± 0,09	0,18 ± 0,10	0,15 ± 0,05	0,2646
Taxa de crescimento específico (%/dia)	0,17 ± 0,09	0,18 ± 0,10	0,19 ± 0,07	0,18 ± 0,05	0,9075
Biomassa inicial (g)	319,69 ± 52,02	290,88 ± 51,22	358,07 ± 39,52	339,81 ± 52,89	0,4307
Biomassa final (g)	451,93 ± 77,11	412,92 ± 116,88	552,93 ± 49,96	497,58 ± 86,34	0,2926
Ganho de biomassa (g)	132,23 ± 25,37	122,05 ± 74,44	194,86 ± 32,33	157,77 ± 37,42	0,2957
Consumo de ração (g)	384,83 ± 48,03	384,34 ± 122,51	534,18 ± 51,67	426,09 ± 96,96	0,1872
Conversão alimentar aparente	2,94 ± 0,26	3,71 ± 1,44	2,80 ± 0,57	2,71 ± 0,22	0,4433

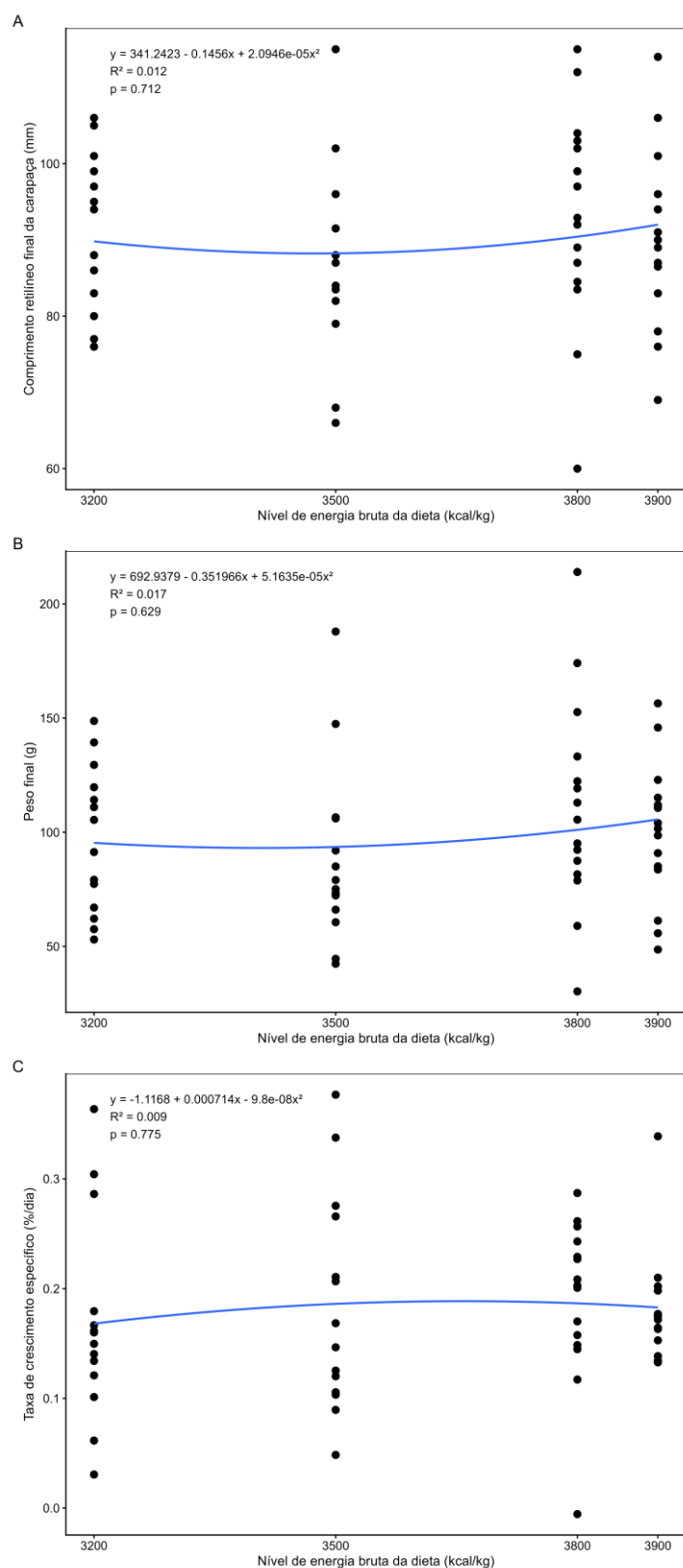


Figura 21. Modelos de regressão quadrática para o comprimento retilíneo final da carapaça (A), peso final (B) e taxa de crescimento específico (C) de juvenis de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia bruta.

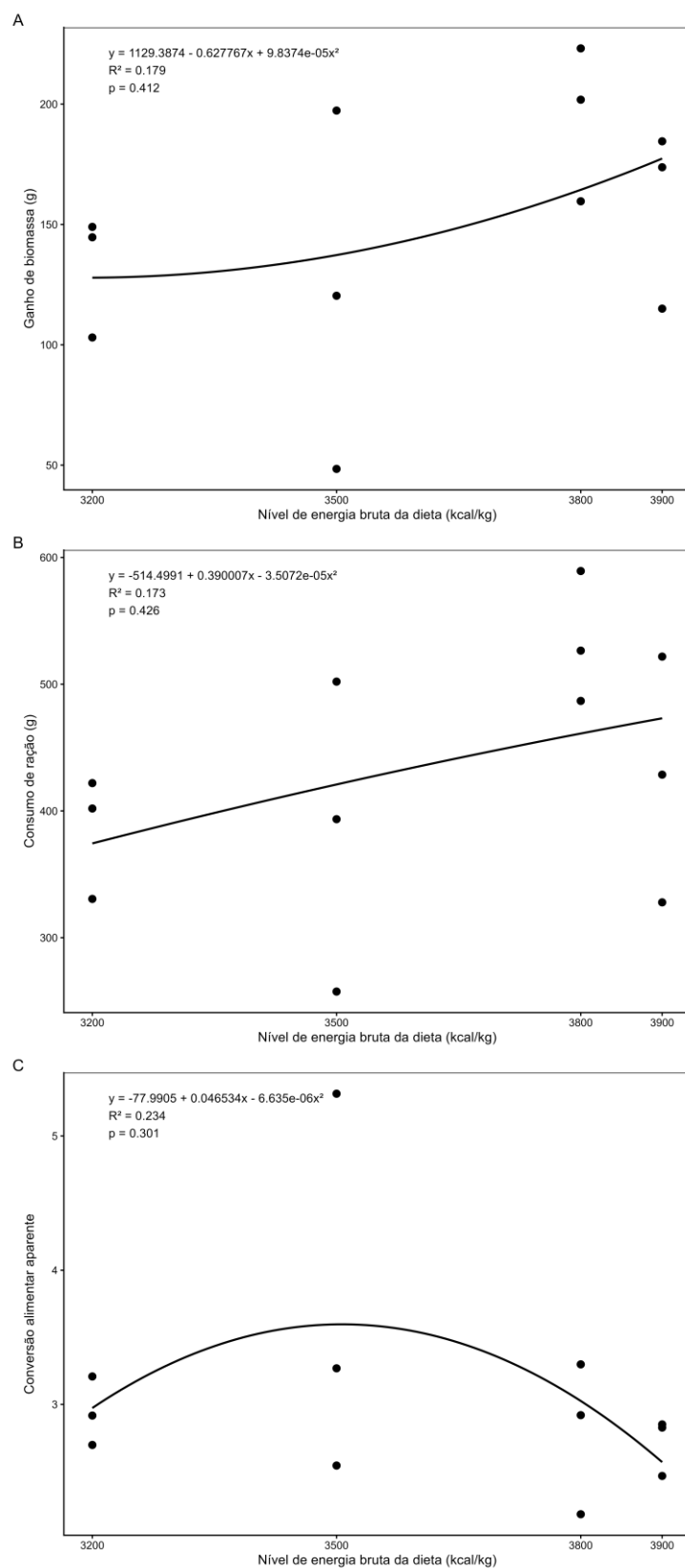


Figura 22. Modelos de regressão quadrática para ganho de biomassa (A), consumo de ração (B) e conversão alimentar aparente (C) de juvenis de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia bruta.

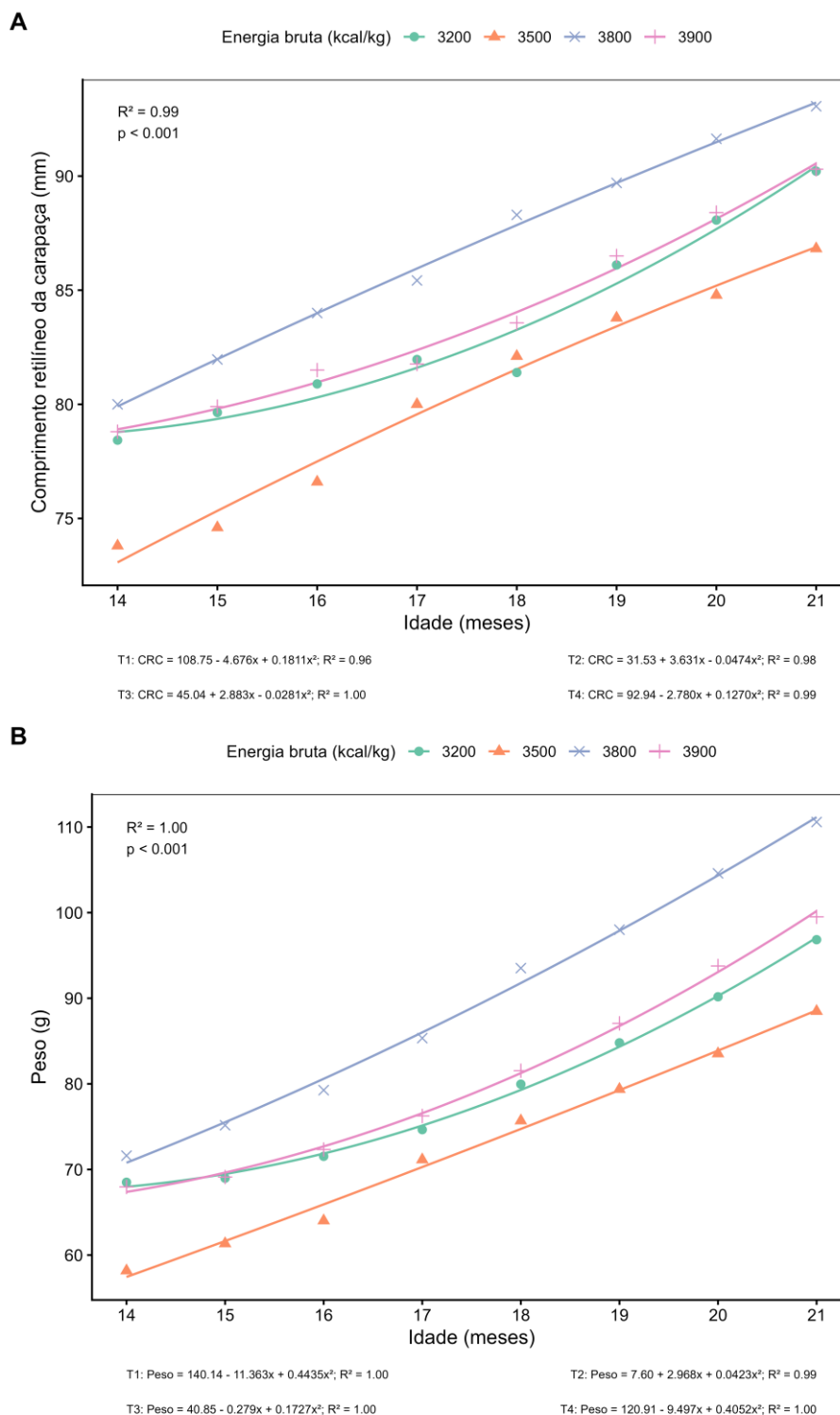


Figura 23. Modelos de regressão polinomial quadrática para o comprimento retilíneo da carapaça (A) e o peso corporal (B) de juvenis de *Podocnemis erythrocephala* alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia bruta ao longo do período experimental. Os símbolos representam os valores médios observados em cada idade, e as linhas representam os modelos de regressão quadrática ajustados para cada tratamento.

O crescimento contínuo observado para o CRC e para o peso corporal dos juvenis de *P. erythrocephala* ao longo do período experimental demonstra a boa adaptação da espécie às condições de cultivo em cativeiro e à utilização de dietas artificiais formuladas (**Figura 23**).

Os elevados coeficientes de determinação obtidos para os modelos quadráticos indicam forte associação entre idade e crescimento biométrico, evidenciando padrão de desenvolvimento progressivo semelhante ao descrito para outros quelônios amazônicos do gênero *Podocnemis*.

Os resultados observados corroboram os achados de Costa *et al.* (2008b), que verificaram crescimento contínuo e aumento linear das médias biométricas de *P. expansa* e *P. unifilis* criadas em cativeiro e alimentadas com dietas artificiais contendo diferentes níveis de proteína e energia. Segundo os autores, embora nem sempre tenham sido observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos nutricionais, verificou-se tendência de maior crescimento e ganho de peso em animais submetidos a dietas com níveis energéticos mais elevados, especialmente em condições adequadas de manejo. De forma semelhante, no presente estudo, os juvenis alimentados com a dieta T3 (3800 kcal/kg) apresentaram, de maneira geral, os maiores valores médios de CRC e peso corporal ao longo do cultivo.

A tendência de melhor desempenho observada nos tratamentos com níveis energéticos intermediários e elevados pode estar relacionada ao papel central da energia no metabolismo e na utilização eficiente dos nutrientes, conforme discutido por Costa *et al.* (2008a). Segundo esses autores, a energia dietética exerce influência direta sobre os processos de crescimento, manutenção e deposição tecidual em quelônios aquáticos amazônicos, sendo fundamental para otimizar a utilização da proteína da dieta. Quando o fornecimento energético é insuficiente, parte da proteína ingerida pode ser desviada para fins energéticos, reduzindo sua disponibilidade para o crescimento corporal.

Embora o tratamento T3 tenha apresentado tendência de maior crescimento biométrico, os resultados também sugerem que juvenis de *P. erythrocephala* possuem relativa capacidade de adaptação aos diferentes níveis energéticos testados, mantendo crescimento contínuo em todos os tratamentos avaliados. Esse comportamento pode estar associado à plasticidade alimentar característica de espécies do gênero *Podocnemis*, especialmente durante as fases juvenis, período em que os animais apresentam hábitos alimentares mais onívoros e maior demanda energética para crescimento, como descrito por Costa *et al.* (2008a).

Além do aspecto nutricional, Costa *et al.* (2008b) destacam que fatores ambientais e de manejo, como tipo de instalação, densidade de estocagem e condições térmicas, podem

influenciar significativamente o desempenho zootécnico de quelônios em cativeiro. Dessa forma, embora os níveis de energia tenham influenciado as trajetórias de crescimento observadas no presente estudo, é possível que parte da variabilidade biométrica também esteja relacionada às condições ambientais e ao próprio padrão fisiológico de crescimento da espécie.

Os resultados obtidos contribuem para ampliar o conhecimento sobre a nutrição de *P. erythrocephala*, espécie ainda pouco estudada sob condições de cultivo, fornecendo informações relevantes para futuras estratégias de manejo alimentar e conservação ex situ. Além disso, os achados reforçam o potencial da espécie para sistemas de criação em cativeiro, especialmente considerando iniciativas de manejo sustentável e conservação de quelônios amazônicos.

16. CONCLUSÃO

Os diferentes níveis de energia bruta avaliados não influenciaram o desempenho zootécnico, o desenvolvimento biométrico, o consumo alimentar e a conversão alimentar aparente de juvenis de *P. erythrocephala* criados em laboratório. Os resultados indicam que a espécie apresenta capacidade de manter crescimento e eficiência produtiva estáveis dentro da faixa energética testada. Dessa forma, dietas com menores níveis de energia podem ser utilizadas sem prejuízo ao desempenho dos animais, representando alternativa potencial para redução dos custos de alimentação em sistemas de criação da espécie. Além disso, os achados contribuem para o avanço do conhecimento sobre a nutrição de *P. erythrocephala*, fornecendo subsídios para futuros estudos e estratégias de manejo em cativeiro.

17. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, P.C.M.; LIMA, A.C.; OLIVEIRA, A.B. et al. Manejo comunitário de quelônios no Médio Amazonas: Projeto Pé-de-Pincha. In: ANDRADE, P.C.M. (Org.). **Manejo comunitário de quelônios: Projeto Pé-de-Pincha**. 1. ed. Manaus: Editora e Gráfica Moderna, 2015. p. 29-148.
- ANDRADE, P.C.M.; GARCEZ, J.R.; LIMA, A.C.; DUARTE, J.A.M.; ANÍZIO, T.L.F.; RODRIGUES, W.S.; OLIVEIRA, A.B.; ALVES, H.R.B. Panorama da quelonicultura no Brasil: uma estratégia para conservação das espécies e geração de renda. **Aquaculture Brasil**, ed. 22, p. 32-40, 2021.
- ANDRADE, P.C.M.; OLIVEIRA, P.H.G.; LIMA, A.C.; DUARTE, J.A.M.; AZEVEDO, S.H.S.; OLIVEIRA, A.B.; ALMEIDA JÚNIOR, C.D.; SILVA, E.B.; GARCEZ, J.R.; PINTO, J.R.S.; SILVA, L.C.N.; MONTEIRO, M.S.; RODRIGUES, W.S.; ANÍZIO, T.L.F.; PONTES, A.L.B.; TEIXEIRA, R.L.; SILVA, J.M.; DUNCAN, W.L.P.; VOGT, R.C. Community-based conservation and management of chelonians in the Amazon. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 10, 769328, 2022. DOI: 10.3389/fevo.2022.769328.
- ARAÚJO, J.C.; PALHA, M.D.C.; ROSA, P.V. Nutrição na quelonicultura – revisão. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 10, n. 6, p. 2833-2859, nov/dez 2013.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC International**. LATIMER JR., G.W. (Ed.). 21. ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2019. 3 v.
- BECKER, H. **Controle analítico de águas**. Fortaleza, 2008. v. 4, p. 46.
- BRITO, E.S.; VALADÃO, R.M.; MALVASIO, A.; FREITAS, A.F.F.; MUNIZ, F.L.; MOLINA, F.B.; SOUZA, F.L.; MOURA, G.J.B.; COSTA, H.C.; BASSETTI, L.A.B.; FRIOL, N.R.; BRESSAN, R.F.; ROCHA, S.B.; GOMIDES, S.C.; MARQUES, T.S.; PORTELINHA, T.C.G. **Quelônios continentais e crocodilianos do Brasil**. 1. ed. Recife: Agência Estadual de Meio Ambiente do Estado de Pernambuco, 2025. 346 p. DOI: 10.5281/zenodo.16738734.
- COSTA, F.S.; DUARTE, J.A.M.; OLIVEIRA, P.H.G.; ANDRADE, P.C.M. Alimentação e nutrição de quelônios aquáticos amazônicos (*Podocnemis* spp.). In: ANDRADE, P.C.M. (Ed.). **Criação e manejo de quelônios no Amazonas**. 2. ed. Manaus: ProVárzea/IBAMA, 2008a. p. 259-286.
- COSTA, F.S.; OLIVEIRA, P.H.G.; ANDRADE, P.C.M.; COSTA, P.M.; ABE, A.S. Desenvolvimento de tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) e tracajá (*Podocnemis unifilis*) em cativeiro, alimentados com dietas artificiais em diferentes instalações. In:

- ANDRADE, P.C.M. (Ed.). **Criação e manejo de quelônios no Amazonas**. 2. ed. Manaus: ProVárzea/IBAMA, 2008b. p. 287-328.
- DANTAS FILHO, J.V.; PONTUSCHKA, R.B.; FRANCK, K.M.; GASPAROTTO, P.H.G.; CAVALI, J. Cultivo de quelônios promove conservação e o desenvolvimento social e econômico da Amazônia. **Revista Ciência e Saúde Animal**, v. 2, p. 9-31, 2020. DOI: 10.6084/m9.figshare.12058596.v1.
- FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 2, p. 101-126, 1998. DOI: 10.1590/1809-43921998282126.
- FERRARA, C.R.; FAGUNDES, C.K.; MORCATTY, T.Q.; VOGT, R.C. **Quelônios amazônicos: guia de identificação e distribuição**. Manaus: Wildlife Conservation Society Brasil, 2017.
- GARCEZ, J.R.; OLIVEIRA, A.B.; ANDRADE, P.C.M. et al. Criação comercial e comunitária de quelônios no estado do Amazonas. In: MATTOS, B.O.; PANTOJA-LIMA, J.; OLIVEIRA, A.T. et al. (Orgs.). **Aquicultura na Amazônia: estudos técnico-científicos e difusão de tecnologias**. Ponta Grossa: Atena, 2021. p. 13-30. DOI: 10.22533/at.ed.042211503256.
- IBBONS, J.W. Why do turtles live so long? **BioScience**, v. 37, n. 4, p. 262-269, 1987. DOI: 10.2307/1310589.
- HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.). **Fish nutrition**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2002. 824 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Instrução Normativa nº 7, de 30 de abril de 2015. Institui e normatiza as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro e define, no âmbito do IBAMA, os procedimentos autorizativos para as categorias estabelecidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 6 maio 2015, Seção 1, p. 55-59.
- LOVELL, R.T. **Nutrition and feeding of fish**. 2. ed. New York: Springer, 1998. 267 p. DOI: 10.1007/978-1-4615-4909-3.
- MITTERMEIER, R.A.; WILSON, R.A. Redescription of *Podocnemis erythrocephala* (Spix, 1824), an Amazonian Pelomedusid turtle. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 29, p. 147-162, 1974.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, D.C.: National Academies Press, 2011. 392 p.
- POUGH, F.H.; JANIS, C.M. **Vertebrate life**. 10. ed. New York: Oxford University Press, 2019.

- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025.
- RHODIN, A.G.J.; STANFORD, C.B.; VAN DIJK, P.P. et al. Global conservation status of turtles and tortoises (Order Testudines). **Chelonian Conservation and Biology**, v. 17, n. 2, p. 135-161, 2018. DOI: 10.2744/CCB-1348.1.
- STANFORD, C.B.; IVERSON, J.B.; RHODIN, A.G.J. et al. Turtles and tortoises are in trouble. **Current Biology**, v. 30, n. 12, p. R721-R735, 2020. DOI: 10.1016/j.cub.2020.04.088.
- TD SOFTWARE. **SuperCrac 6.1** [software de formulação de dietas]. Viçosa: TD Software, 2024.
- THOMSON, S.A. Turtles of the world: annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status. **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, v. 20, n. 2, p. 225-228, 2021. DOI: 10.11606/issn.2316-9079.v20i2p225-228.
- VOGT, R.C. **Tartarugas da Amazônia**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; Amazon Conservation Association, 2008. 104 p.

CAPÍTULO V - Tempo de trânsito gastrointestinal de dietas em *Podocnemis erythrocephala*

18. MATERIAL E MÉTODOS

18.1. Informações locais e éticas

O estudo foi conduzido no Laboratório de Animais Silvestres da Universidade Federal do Amazonas, localizado em Manaus, Amazonas, Brasil. A pesquisa recebeu autorização ética do Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Amazonas sob o número de aprovação 23105.002010/2024-92.

18.2. Animais e instalações

A pesquisa envolveu 58 juvenis ($99,72 \pm 37,76$ g) com aproximadamente 17 meses de idade, advindos da comunidade Daracué (latitude $0^{\circ}30'26,1''\text{S}$; longitude $63^{\circ}12'48,1''\text{W}$), município de Barcelos, Amazonas, Brasil. Os animais foram alojados em 12 caixas de polipropileno ($0,55 \times 0,42 \times 0,25\text{m}$) com capacidade de 57 L, contendo 20 L de água, telas plásticas com 1,0 cm entre nós e 2,5 cm de altura do fundo, e uma rampa de madeira que os animais pudessem assoalhar e/ou se abrigar (**Figura 24**). As caixas experimentais foram dispostas linearmente em bancada de madeira (**Figura 25**).

O delineamento experimental utilizado nos ensaios foi inteiramente casualizado com três tratamentos e quatro repetições, tendo cada repetição cinco animais. Com exceção de duas caixas que ficaram com 4 animais cada.

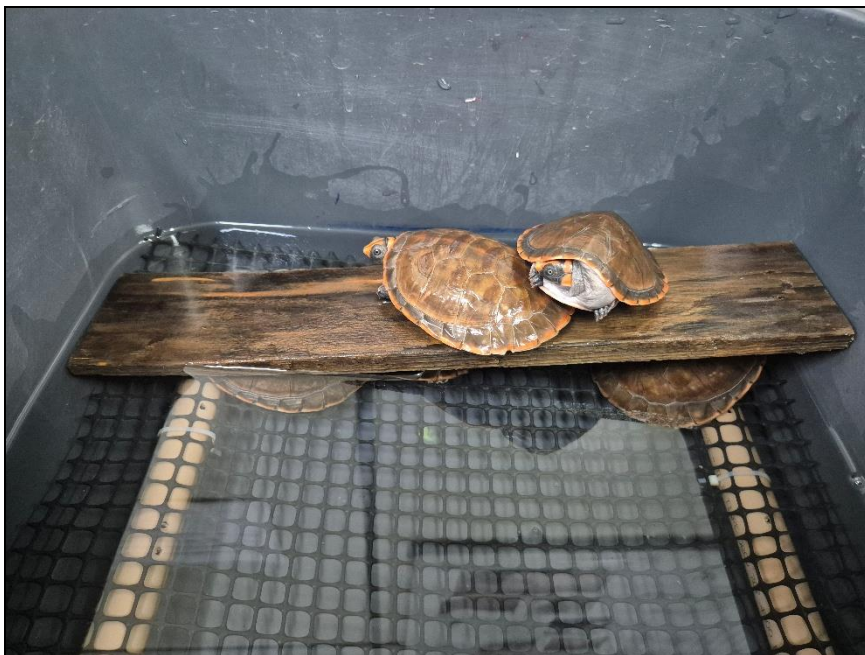


Figura 24. Caixa experimental para coleta de fezes de irapuca (*Podocnemis erythrocephala*) com rampa de madeira e tela de proteção



Figura 25. Disposição das caixas experimentais para coleta de fezes de irapuca (*Podocnemis erythrocephala*)

Para evitar possível contaminação da ração pelas fezes, foram utilizadas doze caixas de alimentação (64 x 45 x 20 cm) com capacidade de 45 L, contendo 12 L de água, suficiente para manter os animais submersos (**Figura 26**). A água de abastecimento tanto para as

unidades experimentais, como para as caixas de alimentação, foi proveniente de poço artesiano.



Figura 26. Caixas de alimentação de um experimento com irapuça (*Podocnemis erythrocephala*)

18.3. Dietas

Para elaboração das dietas foi utilizada a metodologia de substituição de 30% dos macronutrientes da dieta pelo alimento-teste numa dieta referência (DR) (Matterson, 1965). Os alimentos testes foram o milho (DM) e o farelo de soja (DS).

As dietas experimentais foram elaboradas segundo metodologia do National Research Council – NRC (2011), sendo adicionados 0,5% de óxido de cromo (III) à DR e às dietas teste (DM e DS). A DR conteve 100% da dieta purificada; a DM conteve 30% de milho e 70% da dieta purificada; a DS teve 30% de farelo de soja e 70% da dieta purificada (**Tabela 12**).

Tabela 12. Composição percentual das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Dietas experimentais		
	DR ⁴	DM ⁵	DS ⁶
Caseína	32,00	22,35	22,35
Gelatina	7,98	5,57	5,57
Dextrina	36,50	25,49	25,49
Óleo de soja	6,00	4,19	4,19
a-celulose	14,00	9,78	9,78
Carboximetilcelulose	2,00	1,40	1,40
Premix vitamínico e mineral ¹	0,50	0,35	0,35
Sal comum	0,50	0,35	0,35
BHT ²	0,02	0,02	0,02
Óxido de Cromo ³	0,50	0,50	0,50
Ingredientes a serem testados			
Milho	-	30	-
Farelo de soja	-	-	30
TOTAL	100,0	100,0	100,0

¹Premix de peixes onívoros: vitamina A (1.000.000 UI), vitamina C (40.000 UI), vitamina D3 (418.350 UI), vitamina E (10.116 UI), vitamina K3 (50 mg), vitamina B1 (1.250 mg), vitamina B2 (2.500 mg), vitamina B3 (5.000 mg), vitamina B5 (250 mg), vitamina B6 (1.900 mg), vitamina B7 (80 mg), vitamina B8 (40.000 mg), vitamina B12 (3.000 µg), cobre (1.100 mg), ferro (4.800 mg), manganês (2.100 mg), cobalto (16 mg), iodo (60 mg), zinco (14.000 mg), selênio (60 mg), inositol (2.500 mg).

²Butil-Hidroxi-Tolueno

³Cr₂O₃(marcador externo).

⁴Dieta referência; ⁵Dieta contendo milho, ⁶Dieta contendo soja

*FONTE: NRC 2011 com adaptações

..

As dietas foram processadas no Laboratório de Aquicultura do Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia (INPA). Os ingredientes foram pesados, homogeneizados, hidratados, peletizados em equipamento elétrico com matriz de 5,0 mm (**Figura 27**). Posteriormente,

foram fracionadas para obtenção de grânulos de 5 a 7 mm, armazenadas em recipientes plásticos e colocadas na geladeira (3-4 °C) até o momento do arraçoamento.



Figura 27. Elaboração de ração para experimento com irapuca (*Podocnemis erythrocephala*). A) pesagem; B) homogeneização, C) hidratação e D) peletização

18.4. Procedimentos experimentais

Os juvenis de *P. erythrocephala* foram acompanhados durante um período experimental de 22 dias. As dietas experimentais foram marcadas com 0,5% de óxido de cromo (III) (Cr_2O_3), permitindo o monitoramento da passagem do alimento pelo trato digestório por meio da alteração da coloração das fezes. A avaliação do tempo de trânsito gastrointestinal (TTG) foi realizada com base na metodologia descrita por Storebakken *et al.* (1985), adaptada às condições experimentais do presente estudo.

No método original, os autores utilizaram dióxido de titânio (TiO_2) e óxido de cromo (Cr_2O_3) como marcadores inertes, acompanhando a mudança da coloração das fezes de branca para verde após a substituição das dietas marcadas. No presente estudo, utilizou-se apenas o óxido de cromo (III), sendo o TTG avaliado por meio da observação visual da intensidade da coloração das fezes, associada à presença do marcador no trato digestório dos animais.

Diariamente, às 07h00, as unidades experimentais eram higienizadas e as fezes eliminadas durante a madrugada removidas e descartadas. Em seguida, os animais eram transferidos para caixas específicas de alimentação, conforme os respectivos tratamentos experimentais, onde permaneciam por um período de uma hora para consumo das dietas. Após esse período, as irapucas retornavam às unidades experimentais. Foram fornecidos 2 g de ração por caixa experimental, uma vez ao dia, às 08h00, durante sete dias por semana.

A coleta das fezes foi realizada diariamente no período diurno, em intervalos de duas horas, das 08h00 às 18h00. As amostras fecais eram coletadas com auxílio de tubos de vidro com aproximadamente 35 cm de comprimento e 6 mm de diâmetro, sendo posteriormente transferidas para placas de Petri para melhor visualização da coloração.

O monitoramento da passagem do alimento pelo trato gastrointestinal foi realizado por meio da observação da mudança progressiva da coloração das fezes, inicialmente pretas e posteriormente verdes, em decorrência da presença do marcador. As amostras fecais receberam notas de 0,00; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00, conforme a intensidade da coloração observada. O tempo de trânsito gastrointestinal foi considerado completo quando todas as unidades experimentais atingiram nota 1,00, indicando a completa substituição das fezes não marcadas pelas fezes contendo o indicador.

18.5. Análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, composto por três tratamentos e quatro repetições. Os dados referentes ao primeiro dia de saída das fezes e ao dia em que as fezes obtiveram nota 1,00 foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5%. A evolução das notas fecais ao longo do período experimental foi avaliada por modelos de regressão linear e quadrática, utilizando o dia experimental como variável independente e a nota fecal como variável dependente. A seleção do modelo mais adequado foi realizada com base no coeficiente de determinação (R^2). Todas as análises estatísticas e os gráficos foram realizados no software R versão 4.5.2. (R Core Team, 2025).

19. RESULTADOS

19.1. Temperatura e umidade relativa ambiente

A temperatura e a umidade relativa do ambiente apresentaram variações entre os meses e horários de observação durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de *P. erythrocephala* (**Figura 28; Tabela 13**). Observou-se que as maiores temperaturas médias ocorreram às 12h e 18h, enquanto os menores valores foram registrados às 07h. Em setembro, as temperaturas médias foram de $28,04 \pm 0,58$ °C às 07h, $29,90 \pm 1,19$ °C às 12h e $29,80 \pm 0,86$ °C às 18h. Já em outubro, verificou-se redução discreta nesses valores, com médias de $27,11 \pm 0,92$ °C, $29,16 \pm 1,27$ °C e $28,87 \pm 1,23$ °C, respectivamente (**Figura 28A**).

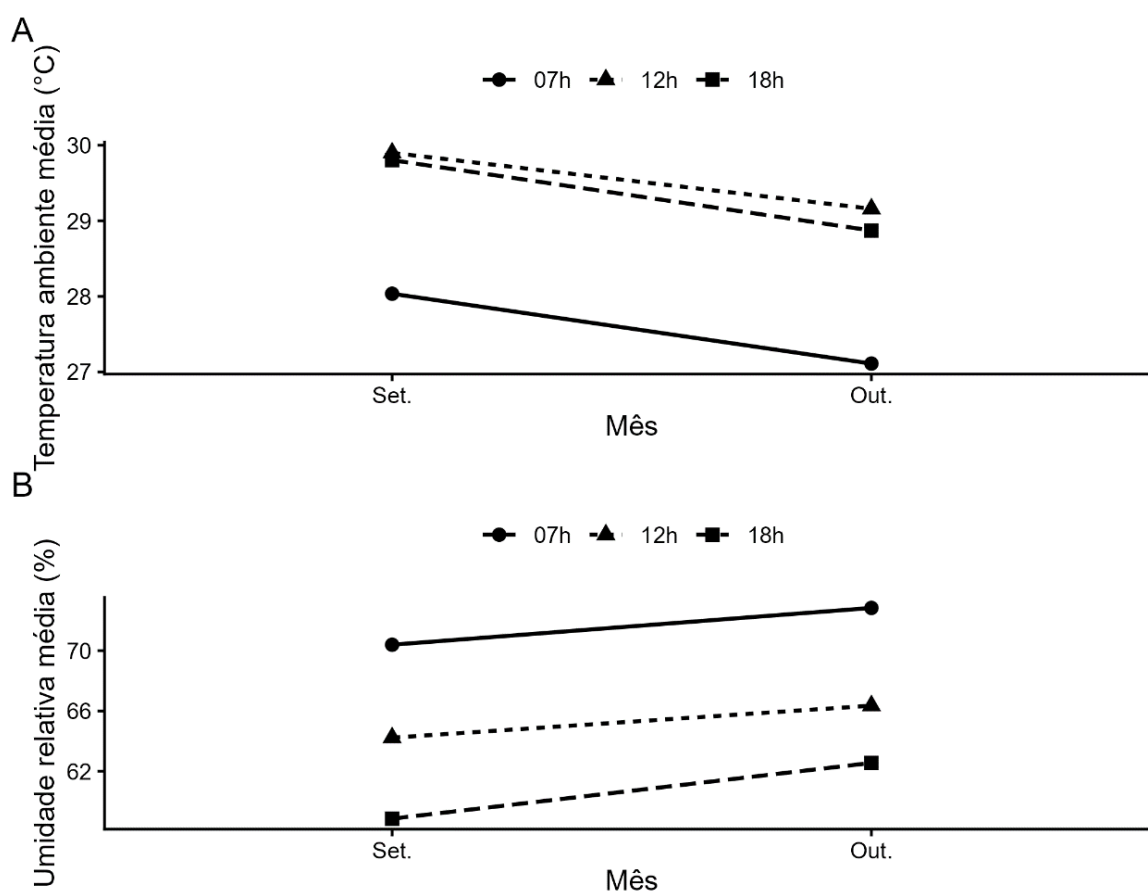


Figura 28. Variação mensal da temperatura ambiente média (A) e da umidade relativa média do ar (B), registradas às 07h, 12h e 18h durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de *Podocnemis erythrocephala*.

Tabela 13. Temperatura e umidade relativa do ambiente durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de *Podocnemis erythrocephala* (média $\pm$ desvio padrão).

Horário	Mês	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade relativa ambiente (%)	Umidade relativa máxima (%)	Umidade relativa mínima (%)
07h	Set.	28,04 $\pm$ 0,58	30,05 $\pm$ 0,90	27,97 $\pm$ 0,76	70,39 $\pm$ 2,90	70,71 $\pm$ 2,62	57,79 $\pm$ 7,65
07h	Out.	27,11 $\pm$ 0,92	28,91 $\pm$ 1,18	26,94 $\pm$ 0,89	72,83 $\pm$ 2,43	73,00 $\pm$ 2,40	62,33 $\pm$ 4,96
12h	Set.	29,90 $\pm$ 1,19	30,03 $\pm$ 1,06	28,02 $\pm$ 0,78	64,23 $\pm$ 4,55	71,35 $\pm$ 3,71	63,58 $\pm$ 4,30
12h	Out.	29,16 $\pm$ 1,27	29,27 $\pm$ 1,36	27,23 $\pm$ 1,08	66,35 $\pm$ 5,21	72,90 $\pm$ 2,71	65,85 $\pm$ 5,27
18h	Set.	29,80 $\pm$ 0,86	30,81 $\pm$ 1,19	29,21 $\pm$ 1,07	58,86 $\pm$ 5,88	65,68 $\pm$ 5,50	56,86 $\pm$ 6,34
18h	Out.	28,87 $\pm$ 1,23	29,67 $\pm$ 1,44	28,37 $\pm$ 1,53	62,56 $\pm$ 5,00	68,33 $\pm$ 5,38	60,56 $\pm$ 5,11
	Média geral	28,90 $\pm$ 1,39	29,89 $\pm$ 1,31	28,04 $\pm$ 1,25	65,60 $\pm$ 6,51	70,12 $\pm$ 4,71	60,81 $\pm$ 6,60

As temperaturas máximas apresentaram comportamento semelhante ao observado para a temperatura ambiente, com maiores valores registrados às 12h e menores às 07h. As médias gerais de temperatura máxima variaram de $28,91 \pm 1,18$ °C às 07h a $30,81 \pm 1,19$ °C às 18h. Por outro lado, as temperaturas mínimas oscilaram entre $26,94 \pm 0,89$ °C e $29,21 \pm 1,07$ °C ao longo dos horários avaliados.

Em relação à umidade relativa do ar, os maiores valores médios foram observados às 07h, enquanto os menores ocorreram às 18h. Em setembro, a umidade relativa ambiente média variou de $58,86 \pm 5,88\%$ às 18h a $70,39 \pm 2,90\%$ às 07h. Em outubro, houve aumento discreto da umidade relativa em todos os horários, atingindo $72,83 \pm 2,43\%$ às 07h, $66,35 \pm 5,21\%$ às 12h e $62,56 \pm 5,00\%$ às 18h (**Figura 28B**).

De modo geral, verificou-se tendência de redução da temperatura ambiente média entre setembro e outubro, especialmente no horário das 07h, acompanhada por aumento gradual da umidade relativa do ar no mesmo período. As oscilações observadas refletem o padrão diário esperado para condições ambientais amazônicas, caracterizado por temperaturas mais elevadas e menores valores de umidade relativa nos horários de maior incidência solar.

19.2. Temperatura da água

A temperatura da água apresentou baixa variação entre os tratamentos experimentais (DR, DM e DS) durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de *P. erythrocephala*. No horário das 07h, as temperaturas médias registradas foram de $27,12 \pm 0,72$ °C para o tratamento DR, $27,11 \pm 0,71$ °C para DM e $27,12 \pm 0,71$ °C para DS. Às 12h, observou-se elevação da temperatura da água, com médias de $28,25 \pm 0,54$ °C (DR e DM) e $28,27 \pm 0,54$ °C (DS). No período das 18h, houve discreta redução térmica, sendo registradas médias de $27,87 \pm 0,77$ °C para DR, $27,87 \pm 0,76$ °C para DM e $27,88 \pm 0,76$ °C para DS (**Tabela 14**).

Os valores mínimos da temperatura da água variaram de 25,2 a 27,0 °C no período da manhã e de 25,7 a 25,8 °C às 18h, enquanto os valores máximos oscilaram entre 28,3 e 29,3 °C durante todo o período experimental. A média geral da temperatura da água ao longo do ensaio foi de $27,74 \pm 0,83$ °C, demonstrando relativa estabilidade térmica entre os horários e tratamentos avaliados (**Tabela 14**).

O comportamento temporal da temperatura da água demonstrou padrão semelhante entre os tratamentos, com incremento térmico no período de maior incidência de calor (12h) e leve redução ao final do dia (18h), conforme ilustrado na **Figura 29**.

Tabela 14. Temperatura da água durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de *Podocnemis erythrocephala* (média $\pm$ desvio padrão).

Horário	Tratamento	Temperatura média (°C)	Mínimo	Máximo
07h	DR	27,12 $\pm$ 0,72	25,2	28,3
07h	DM	27,11 $\pm$ 0,71	25,2	28,3
07h	DS	27,12 $\pm$ 0,71	25,2	28,3
12h	DR	28,25 $\pm$ 0,54	27,0	29,2
12h	DM	28,25 $\pm$ 0,54	27,0	29,2
12h	DS	28,27 $\pm$ 0,54	26,9	29,2
18h	DR	27,87 $\pm$ 0,77	25,7	29,3
18h	DM	27,87 $\pm$ 0,76	25,8	29,3
18h	DS	27,88 $\pm$ 0,76	25,8	29,3
	Média geral	27,74 $\pm$ 0,83	25,2	29,3

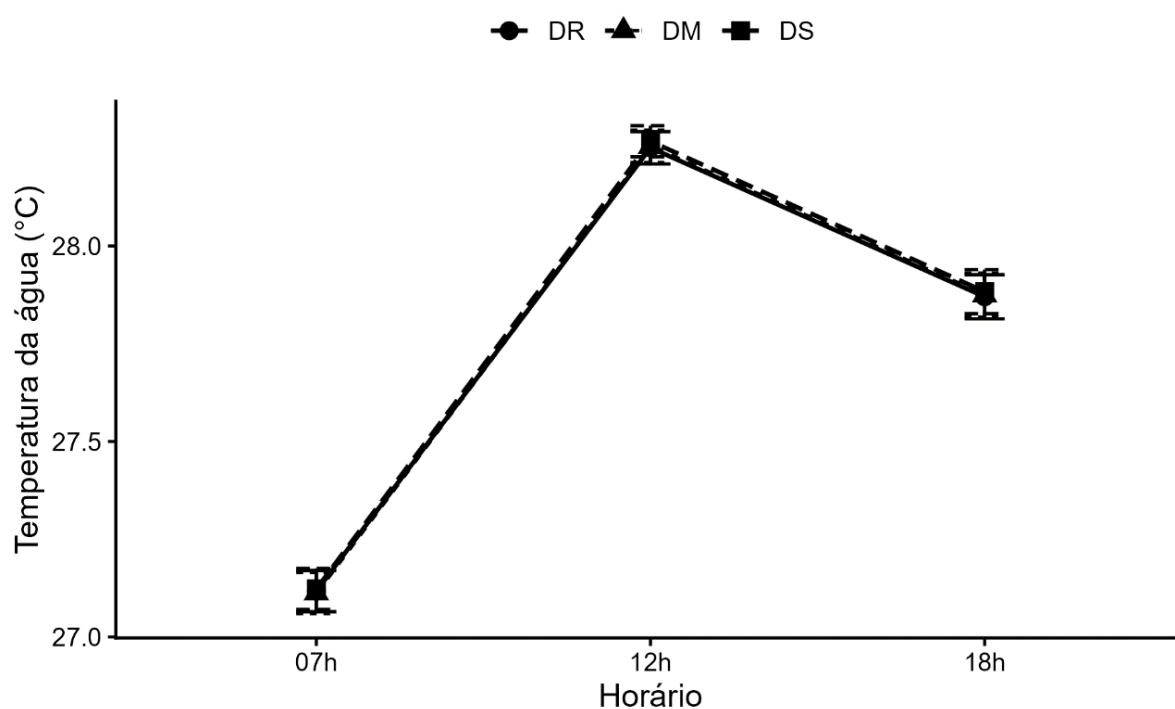


Figura 29. Temperatura média da água (°C) nos diferentes horários de avaliação durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de *Podocnemis erythrocephala* alimentadas com dieta referência (DR), dieta com milho (DM) e dieta com farelo de soja (DS).

19.3. Tempo de trânsito gastrointestinal

Os valores das notas fecais apresentaram aumento progressivo ao longo do período experimental em todos os tratamentos, evidenciando a evolução do marcador fecal ao longo do trato gastrointestinal de *P. erythrocephala* (**Figura 30**). O ajuste do modelo quadrático apresentou coeficiente de determinação elevado ($R^2 = 0,766$; $p < 0,001$), indicando melhor capacidade de explicação da variação observada em comparação ao modelo linear. As curvas ajustadas demonstraram comportamento semelhante entre os tratamentos DR, DM e DS, com incremento gradual das notas fecais até a estabilização próxima à nota máxima ao final do período experimental.

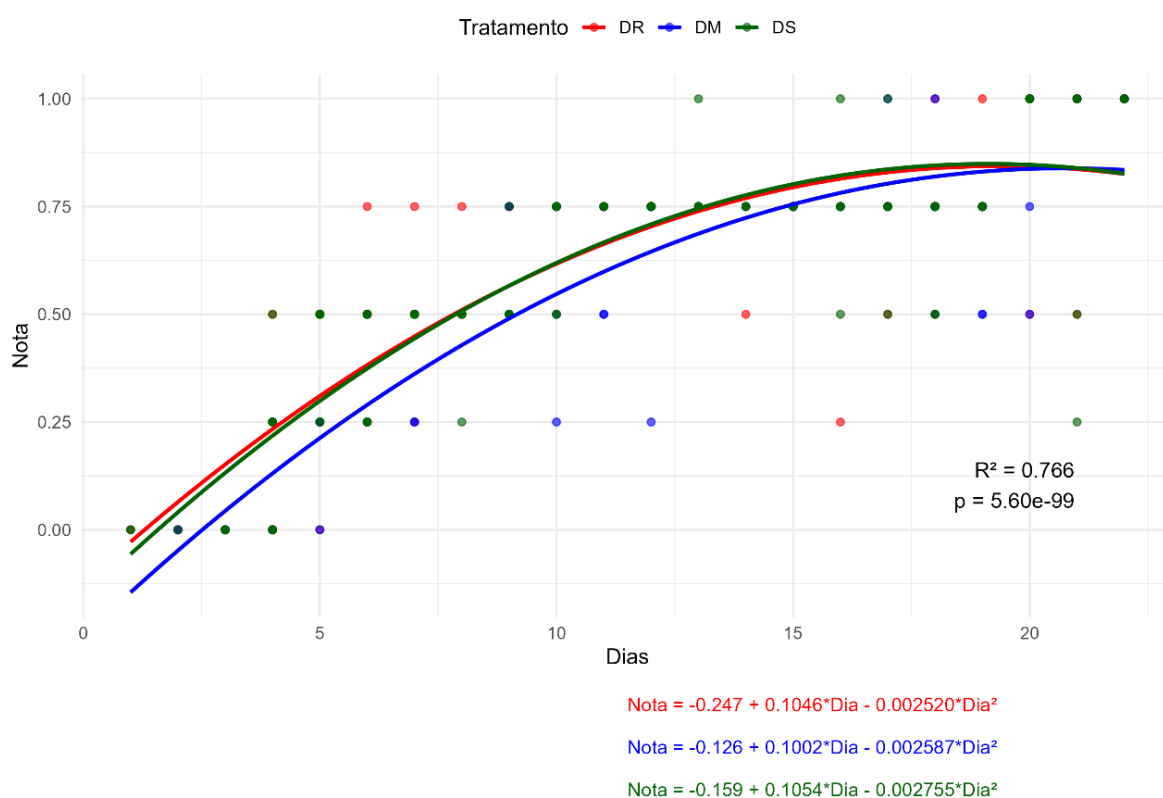


Figura 30. Curvas de regressão quadrática das notas de coloração fecal em função dos dias de observação durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de juvenis de *Podocnemis erythrocephala* submetidos aos tratamentos: Dieta referência (DR), dieta com milho (DM) e dieta com farelo de soja (DS).

As equações ajustadas para os tratamentos foram:

DR: Nota = $-0,247 + 0,1046(\text{Dia}) - 0,002520(\text{Dia}^2)$;

DM: Nota = $-0,126 + 0,1002(\text{Dia}) - 0,002587(\text{Dia}^2)$;

$$\text{DS: Nota} = -0,159 + 0,1054(\text{Dia}) - 0,002755(\text{Dia}^2).$$

Observou-se que os primeiros registros de eliminação das fezes ocorreram entre o 4º e o 8º dia experimental, sem diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$). Da mesma forma, o dia em que as fezes atingiram nota 1 não diferiu estatisticamente entre os tratamentos, variando entre 18,25 e 19,75 dias (**Tabela 15**). Apesar disso, verificou-se que todas as unidades experimentais apresentaram fezes com nota 1 até o 22º dia experimental, sendo este considerado o tempo máximo de trânsito gastrointestinal observado no ensaio.

Tabela 15. Dia inicial de saída das fezes e dia em que as fezes obtiveram nota 1 durante o ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal de *Podocnemis erythrocephala*.

Tratamento	Dia inicial de saída das fezes	Dia em que as fezes obtiveram nota 1
DR	6,00 ± 2,45	19,75 ± 1,71
DM	7,50 ± 3,51	19,25 ± 2,06
DS	4,50 ± 1,00	18,25 ± 2,06

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A ausência de diferenças estatísticas entre os tratamentos sugere que as diferentes dietas testadas não influenciaram o tempo de trânsito gastrointestinal dos animais durante o período experimental. Entretanto, o comportamento quadrático das curvas evidencia que a progressão das notas fecais não ocorreu de maneira linear, apresentando aceleração inicial seguida de estabilização nas maiores notas ao final do ensaio.

20. DISCUSSÃO

20.1. Temperatura e umidade relativa ambiente

As condições de temperatura e umidade relativa do ar registradas ao longo do período experimental refletem o padrão climático típico da região amazônica, caracterizado por temperaturas elevadas e elevada umidade relativa durante a maior parte do ano (Nobre, *et al.* 2009). Os dados apresentados na **tabela 13** e ilustrados na **Figura 28** demonstram que, independentemente do horário de avaliação (07:00h, 12:00h e 18:00h), as variáveis ambientais mantiveram-se dentro de uma faixa relativamente estreita, indicando estabilidade das condições ambientais durante o experimento.

A temperatura do ar apresentou variação diária previsível, com valores mais baixos no período da manhã, elevação ao meio-dia e manutenção de valores intermediários no período vespertino. Esse comportamento reflete o balanço diário de energia controlado pela incidência de radiação solar, característico de ambientes tropicais úmidos, nos quais o aquecimento atmosférico é acompanhado por redução da umidade relativa ao longo do dia (Fisch, Marengo e Nobre, *et al.*, 1998). Apesar das variações observadas entre os horários, as temperaturas médias mensais mantiveram-se próximas ao longo de todo o período experimental, com oscilações suaves entre os meses, evidenciando ausência de eventos extremos de aquecimento ou resfriamento.

A umidade relativa do ar apresentou comportamento inversamente relacionado à temperatura ao longo do dia, com valores mais elevados no período da manhã e no final da tarde e menores valores ao meio-dia, padrão esperado em função do aquecimento do ar e da maior capacidade de retenção de vapor d'água em temperaturas mais altas.

A diferença consistente entre os valores mínimos, médios e máximos de umidade relativa ao longo do período experimental indica que, embora a umidade tenha variado diariamente e sazonalmente, os níveis permaneceram elevados e compatíveis com ambientes naturais ocupados por *P. erythrocephala*. A manutenção de valores elevados de umidade relativa é particularmente relevante para quelônios amazônicos, uma vez que contribui para a redução do estresse hídrico e térmico, especialmente em sistemas experimentais expostos às condições climáticas externas.

Do ponto de vista experimental, a estabilidade relativa das condições ambientais, aliada à previsibilidade das variações diárias e mensais, indica que temperatura e umidade relativa do ar não constituíram fatores limitantes durante o ensaio. Eventuais diferenças observadas no tempo de trânsito gastrointestinal podem ser atribuídas com maior segurança aos tratamentos experimentais

Em conjunto, os resultados demonstram que o experimento foi conduzido sob condições ambientais adequadas e representativas do ambiente natural da espécie, garantindo a confiabilidade dos dados obtidos e a validade das inferências sobre o desempenho e a resposta fisiológica de *P. erythrocephala* ao longo do período experimental.

20.2. Temperatura da água

As temperaturas médias da água observadas ao longo do experimento permaneceram entre 27,1 e 28,3 °C, valores compatíveis com aqueles considerados adequados para o metabolismo, alimentação e crescimento de quelônios de água doce (Avery *et al.*, 1993; Cuba *et al.*, 2007).

Esse padrão indica que as condições térmicas do sistema experimental foram apropriadas para a manutenção fisiológica e o desempenho dos juvenis de *P. erythrocephala* ao longo de todo o período experimental.

A ausência de diferenças entre os tratamentos em todos os horários avaliados sugere que as dietas experimentais (DR, DM e DS) não influenciaram a temperatura da água, o que era esperado, uma vez que o sistema experimental foi submetido às mesmas condições ambientais e manejo hídrico. Dessa forma, eventuais diferenças observadas em parâmetros zootécnicos ou fisiológicos podem ser atribuídas com maior segurança aos efeitos nutricionais das dietas, e não a variações térmicas do ambiente aquático.

O padrão de elevação da temperatura da água às 12:00h, seguido de leve redução às 18:00h, reflete diretamente a influência da temperatura ambiente e da radiação solar ao longo do dia. Esse comportamento é típico de sistemas experimentais rasos e com renovação periódica de água, nos quais a baixa profundidade favorece rápidas trocas térmicas com a atmosfera, fazendo com que a temperatura da água responda rapidamente às variações climáticas externas (Wetzel, 2001).

Além disso, a baixa amplitude térmica diária registrada no experimento indica estabilidade do sistema. A manutenção de temperaturas relativamente estáveis é importante para quelônios, pois variações térmicas podem alterar a taxa metabólica, o consumo alimentar, o trânsito gastrointestinal e a eficiência de digestão e absorção dos nutrientes (Halver e Hardy, 2002; Pough *et al.*, 2019). Assim, os valores registrados reforçam que o ensaio foi conduzido sob condições térmicas controladas e adequadas, minimizando possíveis fatores de estresse térmico sobre os animais.

20.3. Tempo de trânsito gastrointestinal

A progressão gradual das notas fecais observada no presente estudo demonstra que o marcador alimentar percorreu o trato gastrointestinal de *P. erythrocephala* de maneira contínua ao longo dos dias experimentais, apresentando comportamento semelhante entre os tratamentos DR, DM e DS. O ajuste quadrático das curvas evidenciou aumento progressivo das notas até a estabilização próxima aos maiores valores ao final do ensaio, indicando que o processo de passagem do conteúdo digestório não ocorreu de forma linear. Esse comportamento pode estar relacionado à dinâmica fisiológica da digestão em répteis aquáticos, nos quais a taxa de passagem tende a desacelerar nas porções finais do trato gastrointestinal devido à maior absorção de água e compactação do conteúdo fecal (Pereira *et al.*, 2014).

O tempo máximo observado para que todas as unidades experimentais apresentassem fezes com nota 1 foi de 22 dias, valor próximo ao relatado para outros quelônios amazônicos. Em *P. unifilis*, o tempo médio total de eliminação do contraste variou entre 12 e 22 dias, com média de $17,6 \pm 2,4$ dias em temperatura aproximada de 27 °C (Santos *et al.*, 2010). Já para *P. expansa*, estudos relataram tempo médio de trânsito gastrointestinal em torno de 25,5 dias (Santos, *et al.* 2011). Essas diferenças provavelmente refletem particularidades interespecíficas relacionadas ao hábito alimentar, metabolismo, tamanho corporal e capacidade digestiva.

Os resultados observados para *P. erythrocephala* foram semelhantes aos relatados por Santos (2012) para *P. unifilis*, utilizando metodologia baseada na observação visual da passagem de marcador inerte incorporado às dietas. No estudo com tracajás, o tempo total de trânsito gastrointestinal ocorreu no 19º dia, sem diferenças significativas entre as dietas avaliadas, embora as dietas contendo farelo de soja e farinha de carne e osso tenham apresentado tendência de passagem mais rápida em comparação à dieta controle. A proximidade entre os valores observados nas duas espécies sugere que quelônios amazônicos do gênero *Podocnemis* apresentam padrão relativamente semelhante de trânsito gastrointestinal, caracterizado por lenta passagem do alimento pelo trato digestório, possivelmente relacionada à fisiologia digestiva desses répteis e à necessidade de maximizar a digestão e absorção dos nutrientes.

Os resultados encontrados para *P. erythrocephala* sugerem um padrão intermediário entre espécies amazônicas do gênero *Podocnemis*. Tal característica pode estar associada ao hábito alimentar onívoro da espécie, que consome frutos, sementes, invertebrados e matéria vegetal, apresentando estratégia digestiva compatível com maior retenção do alimento no

trato gastrointestinal. Além disso, a permanência prolongada do conteúdo alimentar no intestino pode favorecer maior aproveitamento dos nutrientes, uma vez que tempos mais longos de retenção aumentam a exposição do alimento aos processos digestivos e absorptivos, característica frequentemente observada em répteis ectotérmicos (Stevens e Hume, 1995; Pough *et al.*, 2019).

A ausência de diferenças estatísticas entre os tratamentos tanto para o primeiro dia de eliminação fecal quanto para o dia em que as fezes atingiram nota 1 indica que as dietas testadas não influenciaram significativamente a velocidade de trânsito gastrointestinal dos animais. Resultados semelhantes foram observados por Santos (2012) em *P. unifilis*, nos quais diferentes dietas contendo ingredientes de origem vegetal e animal não alteraram significativamente o tempo total de trânsito gastrointestinal, apesar de pequenas variações na velocidade de passagem entre os tratamentos. Esses resultados sugerem que o trânsito gastrointestinal em espécies do gênero *Podocnemis* apresenta relativa estabilidade fisiológica frente às variações na composição da dieta, sendo possivelmente determinado principalmente por características anatômicas e fisiológicas da espécie. Resultados semelhantes também foram descritos para *Caiman crocodilus crocodilus*, em que não foram observadas diferenças significativas entre indivíduos quanto à velocidade de passagem do contraste radiográfico, indicando um padrão fisiológico relativamente conservado para a espécie (Pereira *et al.*, 2014).

Outro fator importante relacionado ao trânsito gastrointestinal em répteis é a temperatura ambiental, uma vez que esses animais apresentam metabolismo dependente da temperatura corporal. Estudos demonstram que temperaturas mais elevadas aceleram o metabolismo digestivo e reduzem o tempo de trânsito gastrointestinal. Meyer (1998), avaliando *Testudo hermanni*, verificou redução expressiva no tempo de trânsito com o aumento da temperatura ambiente, enquanto Vianna (1995) observou maior velocidade de trânsito em jacarés submetidos a temperaturas mais elevadas. No presente estudo, as temperaturas ambientais e da água permaneceram relativamente estáveis ao longo do ensaio, provavelmente contribuindo para a homogeneidade dos resultados observados entre os tratamentos.

O elevado coeficiente de determinação obtido pelo modelo quadrático ($R^2 = 0,766$) demonstra boa capacidade preditiva das curvas ajustadas, reforçando que o comportamento do marcador fecal ao longo do tempo segue tendência curvilínea. Esse padrão já era esperado para estudos envolvendo digestão em répteis, uma vez que a dinâmica digestiva desses animais geralmente apresenta fase inicial de rápida progressão seguida por estabilização

gradual do conteúdo gastrointestinal, decorrente dos longos períodos de retenção alimentar e da lenta taxa metabólica típica dos ectotérmicos (Stevens e Hume, 1995).

21. CONCLUSÃO

O tempo de trânsito gastrointestinal de juvenis de *P. erythrocephala* não foi influenciado pelas dietas avaliadas, uma vez que não foram observadas diferenças significativas entre a dieta referência e as dietas contendo milho ou farelo de soja quanto ao início da eliminação fecal e ao tempo necessário para que as fezes atingissem a coloração máxima associada ao marcador.

A progressão das notas fecais apresentou comportamento quadrático ao longo do período experimental, caracterizado pelo aumento gradual da presença do marcador nas fezes até sua estabilização. O tempo médio para obtenção da nota fecal máxima variou de 18,25 a 19,75 dias entre os tratamentos, enquanto 22 dias foram necessários para que todas as unidades experimentais atingissem nota 1, estabelecendo esse período como o tempo máximo de trânsito gastrointestinal observado nas condições deste estudo.

Os resultados demonstram a lenta passagem do conteúdo alimentar pelo trato gastrointestinal de *P. erythrocephala* e fornecem informações inéditas para a compreensão de sua fisiologia digestiva, podendo subsidiar o planejamento de protocolos experimentais relacionados à alimentação e à digestibilidade da espécie.

22. REFERÊNCIAS

- AVERY, H.W.; SPOTILA, J.R.; CONGDON, J.D.; FISHER JR., R.U.; STANDORA, E.A.; AVERY, S.B. Roles of diet protein and temperature in the growth and nutritional energetics of the slider turtle, *Trachemys scripta*. **Physiological Zoology**, v. 66, n. 6, p. 902-925, 1993. DOI: 10.1086/physzool.66.6.30163746.
- CUBAS, Z.S.; SILVA, J.C.R.; CATÃO-DIAS, J.L. (Orgs.). **Tratado de animais selvagens: medicina veterinária**. São Paulo: Roca, 2007.
- FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 2, p. 101-126, 1998. DOI: 10.1590/1809-43921998282126.
- HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.). **Fish nutrition**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2002. 824 p.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W.; SINGSEN, E.P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11 p. (Research Report, n. 7).
- MEYER, J. Gastrografin as a gastrointestinal contrast agent in the Greek tortoise (*Testudo hermanni*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 29, n. 2, p. 183-189, 1998.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: The National Academies Press, 2011. 392 p. DOI: 10.17226/13039.
- NOBRE, C.A.; OBREGÓN, G.O.; MARENGO, J.A.; FU, R.; POVEDA, G. Characteristics of Amazonian climate: main features. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; DIAS, P.S. (Eds.). **Amazonia and Global Change**. Washington, DC: American Geophysical Union, 2009. p. 149-162. (Geophysical Monograph Series, v. 186).
- PEREIRA, H.C.; SILVA, J.M.M.; HIRANO, L.Q.L.; SILVA JÚNIOR, L.M.D.; SANTOS, A.L.Q. Aspectos anátomo-radiográficos e tempo de trânsito gastrintestinal em jacaré-tinga *Caiman crocodilus crocodilus* (Linnaeus, 1758) (Crocodylia, Alligatoridae). **Biotemas**, v. 27, n. 3, p. 149-156, 2014. DOI: 10.5007/2175-7925.2014v27n3p149.
- POUGH, F.H.; JANIS, C.M.; HEISER, J.B.; FARRELL, T.M. **Herpetology**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates/Oxford University Press, 2019. 591 p.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025.
- SANTOS, A.L.Q.; LOPES, L.A.R.; FERREIRA, C.G.; VIEIRA, L.G.; KAMINISHI, A.P.S.; MENEZES, L.T.; LEONARDO, T.G. Determinação do tempo de trânsito gastrointestinal de *Podocnemis expansa* Schweigger, 1812 (tartaruga-da-amazônia) (Testudines: Podocnemididae). **PUBVET**, v. 5, n. 12, 2011.

- SANTOS, J.R.F. **Tempo de trânsito gastrintestinal em filhotes de tracajá (*Podocnemis unifilis*)**. 2012. 56 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Pesca) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012.
- STEVENS, C.E.; HUME, I.D. **Comparative physiology of the vertebrate digestive system**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 400 p.
- STOREBAKKEN, T. Binders in fish feed I. Effect of alginate and guar on growth, digestibility, feed intake and passage through the gastrointestinal tract of rainbow trout. **Aquaculture**, v. 47, n. 1, p. 11-26, 1985. DOI: 10.1016/0044-8486(85)90004-3.
- VIANNA, V.O.; LAVORENTI, A.; SARKIS, F.; GONÇALVES, A. Efeito da temperatura no tempo de trânsito gastrointestinal em filhotes de jacaré-de-papo-amarelo, *Caiman latirostris* (Daudin, 1802), em cativeiro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais [...]**. Brasília, 1995. p. 394-395.
- WETZEL, R.G. **Limnology: lake and river ecosystems**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.

CAPÍTULO VI – Digestibilidade do milho e do farelo de soja em dietas para *Podocnemis erythrocephala*

23. MATERIAL E MÉTODOS

23.1. Informações locais e éticas

O estudo foi conduzido no Laboratório de Animais Silvestres (LAS) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizado em Manaus, Amazonas, Brasil. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Amazonas (CEUA/UFAM), sob o protocolo nº 23105.002010/2024-92.

23.2. Animais experimentais e instalações

Foram utilizados 58 filhotes de irapuca, *Podocnemis erythrocephala*, com peso médio inicial de $99,72 \pm 37,76$ g e aproximadamente 17 meses de idade, provenientes da comunidade Daracué ($0^{\circ}30'26,1''\text{S}$; $63^{\circ}12'48,1''\text{W}$), município de Barcelos, Amazonas, Brasil, área de atuação do Programa Pé-de-Pincha.

Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, composto por três tratamentos e quatro repetições. Cada unidade experimental continha cinco animais, com exceção de duas unidades que permaneceram com quatro indivíduos.

As unidades experimentais foram constituídas por 12 caixas de polipropileno com capacidade para 57 L ($0,55 \times 0,42 \times 0,25$ m), contendo 20 L de água proveniente de poço artesiano. No fundo de cada caixa foram instaladas telas plásticas com malha de 1,0 cm e altura de 2,5 cm em relação ao fundo, visando evitar a ingestão de fezes pelos animais. Também foi instalada uma rampa de madeira para permitir o assoalhamento e abrigo dos indivíduos. As unidades experimentais foram dispostas linearmente sobre bancadas de madeira.

Para evitar contaminação da ração pelas fezes durante o manejo alimentar, foram utilizadas caixas de alimentação independentes ($0,40 \times 0,59 \times 0,19$ m), com capacidade para 45 L e contendo 12 L de água, volume suficiente para manter os animais completamente submersos durante a alimentação.

23.3. Elaboração das dietas experimentais

As dietas experimentais foram formuladas segundo recomendações do National Research Council (NRC, 2011), utilizando-se a metodologia de substituição proposta por Matterson *et al.* (1965), na qual 30% da dieta referência foi substituída pelo ingrediente-teste.

Foram avaliados dois ingredientes: milho e farelo de soja. Assim, foram elaboradas três dietas experimentais: dieta referência (DR), contendo 100% da dieta purificada; dieta teste contendo milho (DM), composta por 30% de milho e 70% da dieta purificada; e dieta teste contendo farelo de soja (DS), composta por 30% de farelo de soja e 70% da dieta purificada. Em todas as dietas foi adicionado 0,5% de óxido de cromo (Cr_2O_3) como marcador externo (**Tabela 16, 17 e 18**).

As dietas foram processadas no Laboratório de Aquicultura do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Os ingredientes foram pesados, homogeneizados, hidratados e peletizados em equipamento elétrico com matriz de 5,0 mm. Posteriormente, os péletes foram fracionados manualmente para obtenção de grânulos de aproximadamente 5 mm de diâmetro, acondicionados em recipientes plásticos e armazenados sob refrigeração (3–4 °C) até o momento do fornecimento.

Tabela 16. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais durante o ensaio de digestibilidade aparente de *Podocnemis erythrocephala*

Composição	Ingredientes	
	Milho	Farelo de soja
Matéria seca (%)	89	91,1
Proteína bruta (%)	8,5	49,3
Extrato etéreo (%)	3	1
Fibra em detergente neutro (%)	43,4	25,3
Fibra em detergente ácido (%)	2,9	9,2
Material mineral (%)	1,2	7,1

Tabela 17. Composição percentual das dietas experimentais utilizadas durante o ensaio de digestibilidade aparente de *Podocnemis erythrocephala*

Ingredientes (%)	Dietas experimentais		
	DR ⁴	DM ⁵	DS ⁶
Caseína	32,00	22,35	22,35
Gelatina	7,98	5,57	5,57
Dextrina	36,50	25,49	25,49
Óleo de soja	6,00	4,19	4,19
a-celulose	14,00	9,78	9,78
Carboximetilcelulose	2,00	1,40	1,40
Premix vitamínico e mineral ¹	0,50	0,35	0,35
Sal comum	0,50	0,35	0,35
BHT ²	0,02	0,02	0,02
Óxido de Cromo ³	0,50	0,50	0,50
Ingredientes a serem testados			
Milho	-	30	-
Farelo de soja	-	-	30
TOTAL	100,0	100,0	100,0

¹Premix de peixes onívoros: vitamina A (1.000.000 UI), vitamina C (40.000 UI), vitamina D3 (418.350 UI), vitamina E (10.116 UI), vitamina K3 (50 mg), vitamina B1 (1.250 mg), vitamina B2 (2.500 mg), vitamina B3 (5.000 mg), vitamina B5 (250 mg), vitamina B6 (1.900 mg), vitamina B7 (80 mg), vitamina B8 (40.000 mg), vitamina B12 (3.000 µg), cobre (1.100 mg), ferro (4.800 mg), manganês (2.100 mg), cobalto (16 mg), iodo (60 mg), zinco (14.000 mg), selênio (60 mg), inositol (2.500 mg).

²Butil-Hidroxi-Tolueno

³Cr₂O₃(marcador externo).

⁴Dieta referência; ⁵Dieta contendo milho, ⁶Dieta contendo soja

*FONTE: NRC 2011 com adaptações

..

Tabela 18. Composição bromatológica das dietas experimentais (% matéria seca) utilizadas durante o ensaio de digestibilidade aparente de *Podocnemis erythrocephala*

Composição	Tratamentos				
	Dieta referência	Dieta milho	com soja	Dieta soja	com
Matéria seca (%)	91,6	91,8		91,1	
Proteína bruta (%)	31,9	26,2		38,2	
Extrato etéreo (%)	4,0	4,3		4,1	
Fibra em detergente neutro (%)	25,6	18,5		15,8	
Fibra em detergente ácido (%)	1,0	1,8		2,3	
Material mineral (%)	2,2	2,2		3,8	

23.4. Período pré-experimental e manejo alimentar

Antes do início do ensaio de digestibilidade, os animais passaram por um período de 46 dias de condicionamento às instalações experimentais e treinamento alimentar. Durante esse período, as irapucas foram alimentadas uma vez ao dia com suas respectivas dietas experimentais.

O início efetivo do período experimental foi determinado após a observação da mudança progressiva da coloração das fezes de preta para verde, indicando a completa impregnação do trato gastrointestinal com o óxido de cromo (III).

Durante todo o período experimental, os animais eram transferidos diariamente para caixas de alimentação específicas de acordo com o tratamento experimental. Após uma hora de alimentação, os indivíduos retornavam às respectivas unidades experimentais.

23.5. Coleta de fezes

Após a confirmação da impregnação do trato gastrointestinal com o óxido de cromo (III), iniciou-se o período de coleta de fezes, que teve duração de 180 dias, entre outubro de 2025 e abril de 2026.

Durante os primeiros 90 dias de coleta, as unidades experimentais eram higienizadas diariamente às 07h00, sendo descartadas as fezes produzidas durante a madrugada. As coletas eram então realizadas das 08h00 às 18h00, em intervalos de duas horas.

Nos 90 dias subsequentes, a metodologia foi modificada com o objetivo de aumentar a recuperação de fezes. Nesse período, as fezes produzidas durante a madrugada passaram a ser

incluídas nas amostras coletadas. As coletas foram realizadas duas vezes ao dia, às 07h00 e às 18h00, abrangendo todo o material fecal produzido entre os intervalos de coleta.

As fezes acumuladas no fundo das unidades experimentais foram sifonadas com auxílio de tubo de vidro de 35 cm de comprimento e 6 mm de diâmetro. Em seguida, o material coletado foi centrifugado por 8 minutos a 2.500 rpm para decantação. Posteriormente, as amostras foram transferidas para placas de Petri identificadas e armazenadas em freezer a -20 °C até a realização das análises laboratoriais.

Durante todo o período experimental, a temperatura da água foi monitorada diariamente às 07h00, 12h00 e 18h00.

23.6. Análises bromatológicas e determinação do óxido de cromo

As análises bromatológicas das dietas e das fezes foram realizadas no Laboratório de Forragicultura e Pastagem da UFAM, seguindo metodologias da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2019).

Foram determinados os teores de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. A matéria seca foi obtida por pré-secagem a 65 °C seguida de secagem definitiva a 105 °C. A proteína bruta foi determinada pelo método de Kjeldahl. O extrato etéreo foi determinado em extrator Soxhlet e a matéria mineral obtida por calcinação a 600 °C. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados segundo a metodologia de Goering e Van Soest (1970).

Devido à reduzida produção de fezes pelos animais durante o período experimental, foi necessária a formação de amostras compostas (pool) para obtenção de quantidade suficiente de material para as análises laboratoriais. Para cada tratamento experimental, as fezes provenientes de duas unidades experimentais foram agrupadas, formando uma única amostra composta. Dessa forma, as quatro repetições inicialmente estabelecidas para cada tratamento resultaram em duas amostras compostas por tratamento.

Mesmo após a formação das amostras compostas, a quantidade de material fecal obtida foi insuficiente para a realização de todas as análises bromatológicas previstas. Assim, as análises das fezes foram limitadas à determinação dos teores de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo. A matéria seca foi determinada por secagem em estufa, a proteína bruta pelo método de Kjeldahl e o extrato etéreo por extração em aparelho Soxhlet, conforme metodologias descritas pela AOAC (2019).

Para determinação do teor de óxido de cromo (III), amostras de dietas (0,1 g), fezes (0,1 g) e de óxido de cromo (0,02 g) foram submetidas à digestão ácida utilizando 5 mL de ácido nítrico e 3 mL de ácido perclórico em tubos de Kjeldahl, a 400 °C por 40 minutos, até obtenção de coloração alaranjada. Após diluição em 100 mL de água destilada, as leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro a 350 nm, sendo a concentração de Cr_2O_3 determinada por comparação com curva padrão, conforme Furukawa e Tsukahara (1966).

23.7. Determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo nas dietas foram determinados com base nos teores de óxido de cromo (III) e nutrientes presentes nas dietas e fezes, utilizando a equação descrita por Nose (1960):

$$\text{CDA}_r (\%) = 100 - \left[100 \left(\frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_{3d}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_{3f}} \right) \times \left(\frac{\% \text{N}_f}{\% \text{N}_d} \right) \right]$$

Em que:

CDA (%) = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente na ração;

$\% \text{Cr}_2\text{O}_{3d}$ = porcentagem de óxido de cromo na dieta;

$\% \text{Cr}_2\text{O}_{3f}$ = porcentagem de óxido de cromo nas fezes;

$\% \text{N}_f$ = porcentagem do nutriente nas fezes;

$\% \text{N}_d$ = porcentagem do nutriente na dieta.

Os coeficientes de digestibilidade aparente a matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo nos ingredientes foram calculados segundo a equação proposta por Bureau, Harris e Cho (1999):

$$\text{CDA}_{(\text{ingrediente})} (\%) = \text{CDA}_{\text{Ref}} + \left[\frac{\text{CDA}_{\text{dt}} - \text{CDA}_{\text{Ref}}}{\text{N}_{\text{ingrediente}}} \times \text{N}_{\text{dieta}} \times (1 - S) \right]$$

Em que:

CDA_{Ref} = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta referência;

CDA_{dt} = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta teste;

N_{dieta} = concentração do nutriente na dieta referência

$\text{N}_{\text{ingrediente}}$ = Concentração do nutriente no ingrediente puro

S = Proporção de substituição do ingrediente na dieta teste

23.8. Análises estatísticas

Inicialmente, os dados foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias de Levene. Entretanto, devido à formação de amostras compostas (pool) e ao reduzido número de repetições analíticas por tratamento ($n = 2$), os resultados desses testes foram interpretados com cautela.

Posteriormente, os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em delineamento inteiramente casualizado. Quando observadas diferenças significativas ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R versão 4.5.2 (R Core Team, 2025).

24. RESULTADOS

24.1. Temperatura ambiente e umidade relativa do ar

As condições ambientais observadas durante o ensaio de digestibilidade aparente de *P erythrocephala* apresentaram variações ao longo do período experimental, tanto entre os meses quanto entre os horários avaliados (**Figura 31; Tabela 19**).

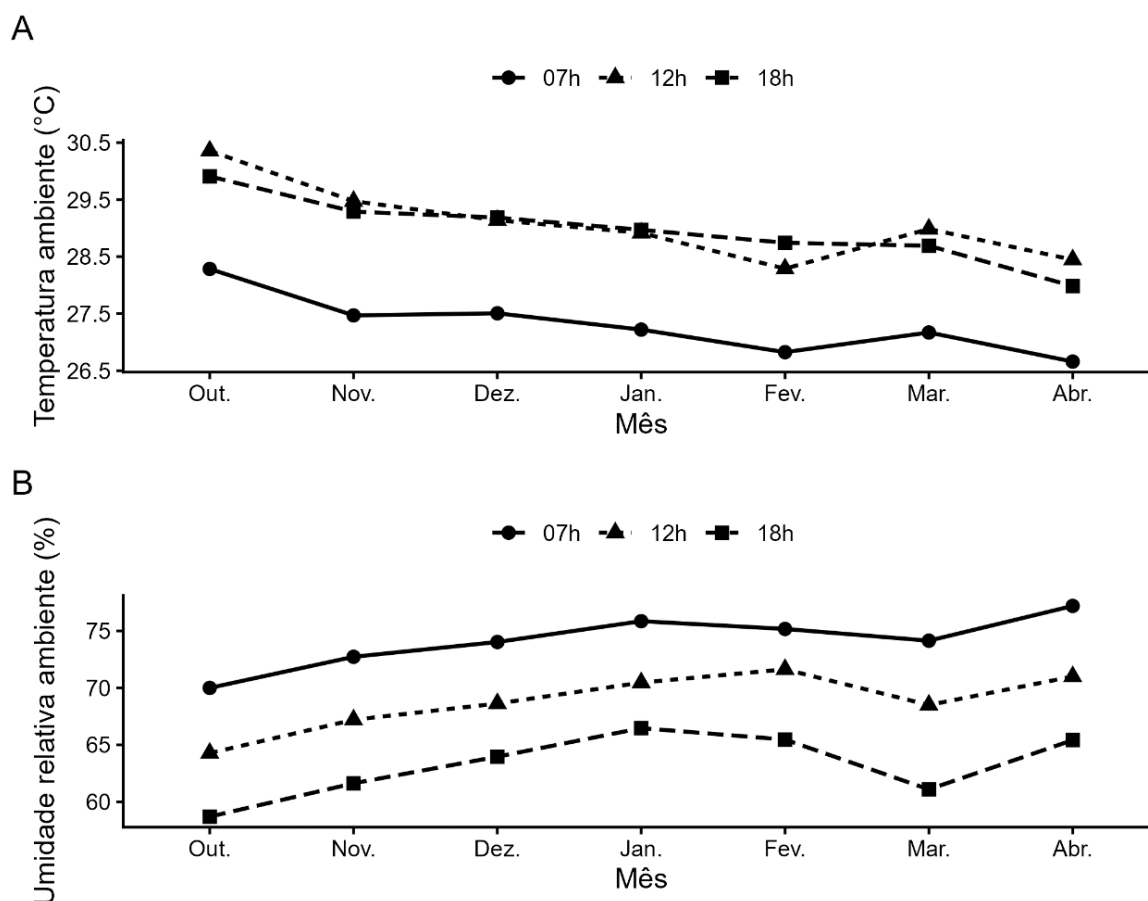


Figura 31. Temperatura ambiente média (A) e umidade relativa média do ar (B) registradas às 07h00, 12h00 e 18h00 durante ensaio de digestibilidade aparente de *Podocnemis erythrocephala*.

A temperatura ambiente média apresentou tendência de redução ao longo dos meses experimentais nos três horários avaliados. Às 07h00, os menores valores médios foram registrados em abril ($26,66 \pm 0,56$ °C), enquanto os maiores ocorreram em outubro ($28,28 \pm 0,75$ °C). Às 12h00, observou-se a maior temperatura média do estudo em outubro ($30,35 \pm 1,07$ °C), seguida de redução gradual até fevereiro ($28,29 \pm 0,96$ °C). No horário das 18h00, a temperatura média variou de $29,91 \pm 1,33$ °C, em outubro, a $27,98 \pm 0,61$ °C, em abril.

A umidade relativa do ar apresentou comportamento inverso ao observado para temperatura, com tendência geral de aumento ao longo do período experimental. Às 07h00, os valores médios variaram de $70,00 \pm 2,52\%$, em outubro, a $77,20 \pm 3,29\%$, em abril. No horário das 12h00, a umidade relativa variou entre $64,2 \pm 4,82\%$ e $71,63 \pm 3,31\%$, enquanto às 18h00 os valores oscilaram entre $58,69 \pm 4,80\%$ e $66,47 \pm 5,18\%$.

Considerando todos os horários e meses avaliados, a temperatura ambiente média geral foi de $28,38 \pm 1,41$ °C, enquanto a umidade relativa média geral foi de $69,18 \pm 6,44\%$.

Tabela 19. Temperatura e umidade relativa do ambiente durante ensaio de digestibilidade aparente de irapuca (*Podocnemis erythrocephala*) (média $\pm$ desvio padrão).

Horário	Mês	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade relativa ambiente (%)	Umidade relativa máxima (%)	Umidade relativa mínima (%)
07h	Out.	28,28 $\pm$ 0,75	30,28 $\pm$ 1,35	28,13 $\pm$ 0,89	70,00 $\pm$ 2,52	70,23 $\pm$ 2,71	57,54 $\pm$ 4,16
07h	Nov.	27,47 $\pm$ 0,97	29,32 $\pm$ 1,19	27,41 $\pm$ 0,97	72,73 $\pm$ 3,06	72,97 $\pm$ 2,76	61,10 $\pm$ 5,26
07h	Dez.	27,51 $\pm$ 0,91	29,38 $\pm$ 1,34	27,32 $\pm$ 1,01	74,03 $\pm$ 3,95	74,67 $\pm$ 4,02	65,00 $\pm$ 7,23
07h	Jan.	27,22 $\pm$ 0,92	29,34 $\pm$ 1,03	27,18 $\pm$ 0,75	75,86 $\pm$ 2,36	76,00 $\pm$ 2,46	65,48 $\pm$ 5,15
07h	Fev.	26,82 $\pm$ 0,62	28,93 $\pm$ 1,08	26,68 $\pm$ 0,62	75,18 $\pm$ 2,21	75,46 $\pm$ 2,01	64,36 $\pm$ 3,92
07h	Mar.	27,17 $\pm$ 0,77	29,29 $\pm$ 1,37	26,83 $\pm$ 0,76	74,15 $\pm$ 3,03	74,33 $\pm$ 3,32	61,15 $\pm$ 7,99
07h	Abr.	26,66 $\pm$ 0,56	28,52 $\pm$ 0,94	26,27 $\pm$ 0,49	77,20 $\pm$ 3,29	77,40 $\pm$ 3,12	68,40 $\pm$ 6,07
12h	Out.	30,35 $\pm$ 1,07	30,53 $\pm$ 0,86	28,28 $\pm$ 0,88	64,27 $\pm$ 4,82	70,00 $\pm$ 1,84	63,27 $\pm$ 4,29
12h	Nov.	29,47 $\pm$ 1,35	29,62 $\pm$ 1,28	27,44 $\pm$ 0,94	67,20 $\pm$ 4,60	73,57 $\pm$ 3,06	66,23 $\pm$ 4,84
12h	Dez.	29,14 $\pm$ 1,31	29,44 $\pm$ 1,14	27,47 $\pm$ 0,89	68,63 $\pm$ 4,82	74,26 $\pm$ 3,83	67,78 $\pm$ 4,84
12h	Jan.	28,92 $\pm$ 0,90	29,00 $\pm$ 1,09	27,23 $\pm$ 0,76	70,47 $\pm$ 4,45	76,37 $\pm$ 2,87	69,67 $\pm$ 3,89
12h	Fev.	28,29 $\pm$ 0,96	28,45 $\pm$ 0,80	26,66 $\pm$ 0,63	71,63 $\pm$ 3,31	76,00 $\pm$ 2,60	71,30 $\pm$ 2,93
12h	Mar.	28,98 $\pm$ 1,38	29,16 $\pm$ 1,22	27,09 $\pm$ 0,87	68,50 $\pm$ 4,86	73,75 $\pm$ 3,52	67,15 $\pm$ 4,84
12h	Abr.	28,45 $\pm$ 1,03	28,70 $\pm$ 0,87	26,42 $\pm$ 0,64	71,00 $\pm$ 3,61	76,92 $\pm$ 2,40	68,85 $\pm$ 4,76
18h	Out.	29,91 $\pm$ 1,33	30,80 $\pm$ 1,58	29,57 $\pm$ 1,43	58,69 $\pm$ 4,80	64,92 $\pm$ 5,51	57,00 $\pm$ 3,54
18h	Nov.	29,29 $\pm$ 1,25	30,28 $\pm$ 1,23	28,99 $\pm$ 1,33	61,62 $\pm$ 5,58	67,14 $\pm$ 4,50	60,55 $\pm$ 5,65
18h	Dez.	29,18 $\pm$ 1,36	30,05 $\pm$ 1,33	28,85 $\pm$ 1,30	63,96 $\pm$ 6,43	69,04 $\pm$ 4,83	62,58 $\pm$ 6,22

Horário	Mês	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade relativa ambiente (%)	Umidade relativa máxima (%)	Umidade relativa mínima (%)
18h	Jan.	28,97 ± 0,94	29,82 ± 1,11	28,28 ± 0,99	66,47 ± 5,18	72,33 ± 4,45	64,63 ± 6,04
18h	Fev.	28,74 ± 1,15	29,31 ± 1,49	27,75 ± 1,02	65,46 ± 3,58	71,82 ± 3,07	64,46 ± 4,07
18h	Mar.	28,69 ± 1,26	29,93 ± 1,33	28,00 ± 1,38	61,09 ± 5,23	69,61 ± 5,98	59,91 ± 5,59
18h	Abr.	27,98 ± 0,61	29,05 ± 0,83	27,10 ± 0,89	65,42 ± 3,23	71,67 ± 4,60	63,58 ± 2,19
	Média geral	28,38 ± 1,41	29,44 ± 1,30	27,54 ± 1,23	69,18 ± 6,44	73,07 ± 4,69	64,57 ± 6,26

24.2. Temperatura da água

A temperatura da água apresentou baixa variação entre os tratamentos experimentais ao longo do ensaio de digestibilidade aparente de *P. erythrocephala*, mantendo-se relativamente estável nos diferentes horários de monitoramento (Figura 32; Tabela 20).

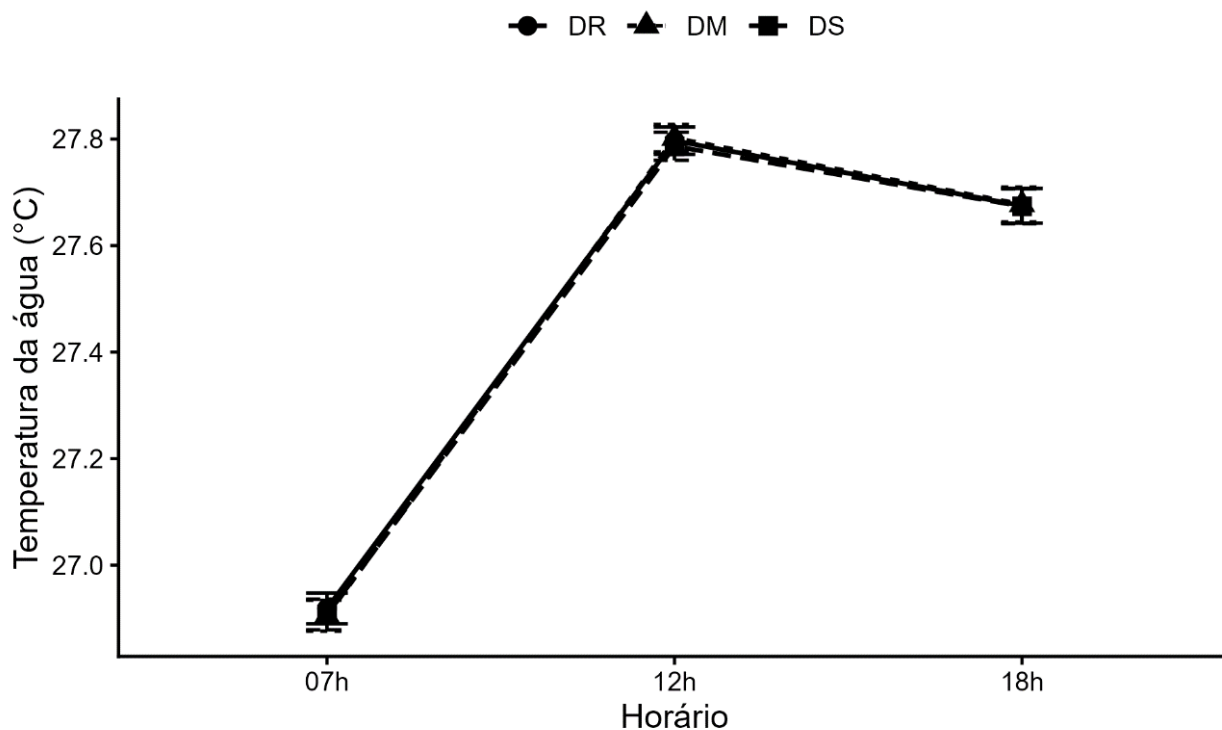


Figura 32. Temperatura média da água ($\pm$ erro padrão) nos diferentes horários de monitoramento (07h00, 12h00 e 18h00) durante o ensaio de digestibilidade aparente de *Podocnemis erythrocephala* alimentadas com dieta referência (DR), dieta com milho (DM) e dieta com farelo de soja (DS).

No período das 07h00, as médias de temperatura da água foram semelhantes entre os tratamentos, variando de $26,91 \pm 0,77$ °C a $26,92 \pm 0,77$ °C. Às 12h00, foram registrados os maiores valores médios de temperatura, com médias entre $27,79 \pm 0,67$ °C e $27,80 \pm 0,65$ °C. No horário das 18h00, observou-se discreta redução da temperatura da água, com médias entre $27,67 \pm 0,83$ °C e $27,68 \pm 0,83$ °C.

Considerando todos os tratamentos e horários avaliados, a temperatura média geral da água durante o período experimental foi de $27,44 \pm 0,85$ °C, com valores mínimos e máximos de 24,8 °C e 30,1 °C, respectivamente.

Tabela 20. Temperatura da água durante o ensaio de digestibilidade aparente de irapuca (*Podocnemis erythrocephala*) (média $\pm$ desvio padrão).

Horário	Tratamento	Temperatura da água (°C)	Mínimo	Máximo
07h	DR	26,92 $\pm$ 0,77	24,8	29,2
07h	DM	26,91 $\pm$ 0,77	24,8	29,2
07h	DS	26,91 $\pm$ 0,77	24,8	29,2
12h	DR	27,80 $\pm$ 0,65	25,8	29,3
12h	DM	27,80 $\pm$ 0,65	25,8	29,2
12h	DS	27,79 $\pm$ 0,67	25,8	29,2
18h	DR	27,67 $\pm$ 0,83	25,6	30,0
18h	DM	27,68 $\pm$ 0,83	25,0	30,0
18h	DS	27,67 $\pm$ 0,83	25,8	30,1
	Média geral	27,44 $\pm$ 0,85	24,8	30,1

24.3. Coeficiente de digestibilidade aparente das dietas

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo das dietas experimentais de *P. erythrocephala* encontram-se apresentados na **Tabela 21**.

Tabela 21. Coeficientes de digestibilidade aparente (média $\pm$ desvio padrão) da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo das dietas experimentais de irapuca (*Podocnemis erythrocephala*).

Nutrientes	Dieta referência	Dieta milho	Dieta soja
Matéria seca	96,91 $\pm$ 0,98	97,85 $\pm$ 0,31	97,72 $\pm$ 0,28
Proteína bruta	96,33 $\pm$ 0,46	94,75 $\pm$ 0,82	96,10 $\pm$ 0,45
Extrato etéreo	88,64 $\pm$ 6,86	93,16 $\pm$ 0,38	89,74 $\pm$ 0,02

Médias, na linha, seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Os valores de CDA da matéria seca foram elevados em todos os tratamentos avaliados, variando de $96,91 \pm 0,98\%$ na DR a $97,85 \pm 0,31\%$ na DM. A DS já apresentou coeficiente intermediário ($97,72 \pm 0,28\%$). Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para esta variável ($P>0,05$).

Para o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta, os valores oscilaram entre $94,75 \pm 0,82\%$ e $96,33 \pm 0,46\%$. O menor valor foi observado na dieta DM, enquanto os maiores coeficientes ocorreram nas dietas DR e DS. Entretanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P>0,05$).

Os coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo apresentaram valores entre $88,64 \pm 6,86\%$ e $93,16 \pm 0,38\%$, sendo o maior valor registrado para a dieta DM. Apesar da variação observada entre as médias, também não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos experimentais ($P>0,05$).

De maneira geral, os elevados coeficientes de digestibilidade observados para matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo indicam boa capacidade de aproveitamento dos nutrientes das dietas experimentais pela espécie nas condições avaliadas.

24.4. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos ingredientes

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo dos ingredientes avaliados para *P. erythrocephala* encontram-se apresentados na **Tabela 22**.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca apresentaram valores elevados para todos os ingredientes avaliados, variando entre $96,71 \pm 0,42\%$ e $97,48 \pm 0,19\%$. O maior valor foi observado para o ingrediente farelo de soja, seguido do ingrediente milho, enquanto a DR apresentou o menor coeficiente. Entretanto, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos ($P>0,05$).

Para a proteína bruta, os coeficientes de digestibilidade aparente permaneceram acima de 96% em todos os tratamentos experimentais, variando de $96,34 \pm 0,32\%$ a $96,79 \pm 0,15\%$. A dieta DR apresentou o maior CDA da proteína bruta, enquanto o menor valor foi observado para o ingrediente farelo de soja. Apesar dessas variações, não houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados ($P>0,05$).

Os coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo diferiram significativamente entre os ingredientes avaliados ($P<0,05$). Os maiores valores foram observados para a dieta

controle/referência ($96,67 \pm 0,24\%$) e para o ingrediente milho ($96,82 \pm 0,06\%$), que não diferiram entre si. Por outro lado, o ingrediente farelo de soja apresentou menor coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo ($91,89 \pm 0,01\%$), diferindo significativamente dos demais tratamentos.

De maneira geral, os ingredientes avaliados apresentaram elevados coeficientes de digestibilidade aparente para matéria seca e proteína bruta, indicando bom aproveitamento nutricional pela espécie nas condições experimentais avaliadas.

Tabela 22. Coeficientes de digestibilidade aparente (média $\pm$ desvio padrão) da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo dos ingredientes das dietas experimentais de irapuça (*Podocnemis erythrocephala*).

Nutrientes	Dieta referência	Milho	oja
Matéria seca	$96,71 \pm 0,42$	$97,36 \pm 0,54$	$97,48 \pm 0,19$
Proteína bruta	$96,79 \pm 0,15$	$96,67 \pm 0,11$	$96,34 \pm 0,32$
Extrato etéreo	$96,67 \pm 0,24a$	$96,82 \pm 0,06a$	$91,89 \pm 0,01b$

Médias, na linha, seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

25. DISCUSSÃO

As condições ambientais observadas durante o ensaio mantiveram-se dentro de faixas adequadas para espécies amazônicas do gênero *Podocnemis* (Costa *et al.*, 2008; Páez e Bock, 2004), especialmente no que se refere à temperatura da água, que apresentou média geral de $27,44 \pm 0,85$ °C. A temperatura exerce influência direta sobre o metabolismo, atividade enzimática digestiva, consumo alimentar e aproveitamento dos nutrientes em répteis ectotérmicos (Bjorndal, 1985; Karasov e Martínez del Rio, 2007), podendo influenciar significativamente os coeficientes de digestibilidade aparente.

Os elevados coeficientes de digestibilidade aparente observados para matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo indicam elevada capacidade de aproveitamento nutricional dos ingredientes avaliados por *P. erythrocephala*. De maneira geral, valores de digestibilidade acima de 70% são considerados bons, enquanto coeficientes superiores a 80% indicam excelente digestibilidade dos nutrientes (NRC, 2011). No presente estudo, os coeficientes observados permaneceram acima de 88% para todos os nutrientes avaliados, evidenciando elevada eficiência digestiva da espécie.

Os resultados obtidos corroboram estudos anteriores realizados com quelônios amazônicos do gênero *Podocnemis*. Altino (2013), avaliando ingredientes energéticos e proteicos para *P. unifilis*, observou elevados coeficientes de digestibilidade aparente, especialmente para proteína bruta, com valores superiores a 90% para ingredientes como farelo de soja. Da mesma forma, Almeida (2011), estudando dietas com diferentes teores de fibra para *P. expansa*, verificou elevado potencial digestivo da espécie, inclusive para frações fibrosas da dieta, sugerindo capacidade digestiva comparável à de répteis herbívoros especializados. Esses estudos reforçam o elevado potencial fisiológico do gênero *Podocnemis* para aproveitamento de ingredientes vegetais.

Os elevados coeficientes observados no presente estudo podem estar relacionados ao hábito alimentar onívoro de *P. erythrocephala* e à elevada plasticidade alimentar característica do gênero *Podocnemis*. Em ambiente natural, espécies desse gênero consomem ampla variedade de recursos alimentares, incluindo frutos, sementes, folhas, caules, macrófitas aquáticas, gastrópodes, bivalves e outros invertebrados, variando conforme a disponibilidade sazonal dos recursos nos ambientes alagáveis amazônicos (Fachín-Terán *et al.*, 1995; Vogt, 2008; Eisemberg *et al.*, 2017). Estudos realizados no rio Juruá demonstraram que *P. unifilis* e *P. expansa*

apresentam estratégia alimentar generalista, com predominância de itens vegetais, especialmente frutos, folhas e sementes durante os períodos de cheia e seca (Garcez, Andrade e Soares 2020).

Além disso, trabalhos desenvolvidos com filhotes e juvenis de quelônios amazônicos demonstram que essas espécies possuem elevada capacidade de adaptação alimentar tanto em ambiente natural quanto em sistemas de criação. Oliveira *et al.* (2020) verificaram que filhotes de tracajás e tartarugas consumiam frutos, folhas, sementes e invertebrados, além de apresentarem bom desempenho zootécnico quando alimentados com dietas contendo ingredientes alternativos de origem vegetal. Da mesma forma, estudos conduzidos por Acosta-Díaz e Fachín-Terán (1998) demonstraram que filhotes de *P. unifilis* apresentam crescimento satisfatório sob dietas onívoras em cativeiro, evidenciando flexibilidade alimentar e capacidade de utilização de diferentes fontes nutricionais.

Segundo Eisemberg *et al.* (2017), quelônios da família Podocnemididae apresentam dieta predominantemente herbívora, porém oportunista, podendo consumir entre 46% e 99% de matéria vegetal dependendo da espécie, idade, estação hidrológica e habitat ocupado. Essa diversidade alimentar provavelmente favorece adaptações fisiológicas relacionadas à digestão e assimilação de nutrientes, contribuindo para o eficiente aproveitamento dos ingredientes vegetais observados no presente estudo.

Outro aspecto importante refere-se ao longo período experimental empregado neste estudo. Os animais permaneceram aproximadamente sete meses consumindo as mesmas dietas experimentais, condição que pode ter favorecido adaptações fisiológicas relacionadas à digestão e absorção dos nutrientes. Segundo Starck (1999) e Karasov e Martínez del Río (2007) diversos vertebrados apresentam plasticidade digestiva, caracterizada pela capacidade de modular a eficiência digestiva em função da dieta consumida e do tempo de exposição ao alimento. Dessa forma, a exposição prolongada às dietas experimentais pode ter contribuído para os elevados coeficientes de digestibilidade observados.

Durante o período experimental também foi observada reduzida produção fecal pelos animais, dificultando inclusive a obtenção de quantidade suficiente de fezes para algumas análises bromatológicas. Essa característica pode ser interpretada como indicativo de elevada eficiência de digestão e absorção dos nutrientes ingeridos, uma vez que maior aproveitamento nutricional geralmente resulta em menor excreção fecal (Cho e Kaushik, 1990).

Embora os coeficientes de digestibilidade tenham sido elevados para a maioria das variáveis analisadas, observou-se menor digestibilidade do extrato etéreo do farelo de soja em comparação aos demais ingredientes. Esse resultado pode estar associado à composição lipídica do ingrediente ou à interação entre componentes fibrosos e lipídios presentes na matriz alimentar, fatores que podem influenciar os processos de emulsificação e absorção lipídica no trato digestório (NRC, 2011). Entretanto, estudos específicos avaliando a digestão lipídica de ingredientes vegetais por *P. erythrocephala* são inexistentes, o que limita interpretações mais conclusivas

De maneira geral, os resultados obtidos demonstram que *P. erythrocephala* apresenta elevada capacidade de aproveitamento de ingredientes vegetais tradicionalmente utilizados em dietas aquícolas, fornecendo informações relevantes para formulação de dietas destinadas à manutenção e criação experimental da espécie.

26. CONCLUSÃO

P. erythrocephala apresentou elevados coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo nas condições experimentais avaliadas. O milho e o farelo de soja apresentaram alta digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta, com coeficientes superiores a 96%, demonstrando elevado aproveitamento desses nutrientes pela espécie.

A digestibilidade aparente do extrato etéreo diferiu entre os ingredientes, sendo maior no milho (96,82%) do que no farelo de soja (91,89%). Apesar dessa diferença, ambos os ingredientes apresentaram elevados coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes avaliados.

Os resultados demonstram o potencial do milho e do farelo de soja como ingredientes para utilização em dietas destinadas a juvenis de *P. erythrocephala* e fornecem informações sobre o aproveitamento nutricional desses ingredientes pela espécie, contribuindo para o desenvolvimento de dietas nutricionalmente adequadas para sua manutenção e criação.

27. REFERÊNCIAS

- ACOSTA-DÍAZ, A.; FACHÍN-TERÁN, A. Dietas y crecimiento de crías de taricaya *Podocnemis unifilis* (Chelonia: Pelomedusidae) en cautiverio, Iquitos-Perú. **Folia Amazónica**, v. 9, n. 1-2, p. 237-248, 1998. DOI: 10.24841/fa.v9i1-2.190.
- ALMEIDA, C.G. **Crescimento e digestibilidade de dietas com diferentes teores de fibra para a tartaruga-da-Amazônia – *Podocnemis expansa***. 2011. 111 f. Tese (Doutorado) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.
- ALTINO, V.S. **Digestibilidade de ingredientes energéticos e proteicos em dietas para tracajá (*Podocnemis unifilis*, Troschel 1848)**. 2013. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC International**. LATIMER JR., G.W. (Ed.). 21. ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2019. 3 v.
- BJORNDAL, K.A. Nutritional ecology of sea turtles. **Copeia**, v. 1985, n. 3, p. 736-751, 1985. DOI: 10.2307/1444767.
- BUREAU, D.P.; HARRIS, A.M.; CHO, C.Y. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 180, n. 3-4, p. 345-358, 1999. DOI: 10.1016/S0044-8486(99)00210-0.
- CHO, C.Y.; KAUSHIK, S.J. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **World Review of Nutrition and Dietetics**, v. 61, p. 132-172, 1990. DOI: 10.1159/000417529.
- CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow trout. In: HALVER, J.E.; TIEWS, K. (Eds.). **Finfish nutrition and fishfeed technology**. Berlin: Heenemann, 1979. p. 239-247.
- COSTA, F.S.; OLIVEIRA, P.H.G.; ANDRADE, P.C.M.; COSTA, P.M.; ABE, A.S. Desenvolvimento de tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) e tracajá (*Podocnemis unifilis*) em cativeiro, alimentados com dietas artificiais em diferentes instalações. In: ANDRADE, P.C.M. (Ed.). **Criação e manejo de quelônios no Amazonas**. 2. ed. Manaus: ProVárzea/IBAMA, 2008. p. 287-328.

- EISEMBERG, C.C.; REYNOLDS, S.J.; CHRISTIAN, K.A.; VOGT, R.C. Diet of Amazon river turtles (*Podocnemididae*): a review of the effects of body size, phylogeny, season and habitat. **Zoology**, v. 120, p. 92-100, 2017. DOI: 10.1016/j.zool.2016.07.003.
- FACHÍN-TERÁN, A.; VOGT, R.C.; GOMEZ, M.F. Food habits of an assemblage of five species of turtles in the Rio Guaporé, Rondônia, Brazil. **Journal of Herpetology**, v. 29, n. 4, p. 536-547, 1995. DOI: 10.2307/1564736.
- FURUKAWA, A.A.; TSUKAHARA, H. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 32, n. 6, p. 502-506, 1966. DOI: 10.2331/suisan.32.502.
- GARCEZ, J.R.; ANDRADE, P.C.M.; SOARES, M.G.M. Composição da dieta de três espécies de quelônios (*Podocnemis* spp.) no rio Juruá, Amazonas. **Revista Igapó – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM**, v. 14, n. 1, p. 60-72, 2020.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analyses: apparatus, reagents, procedures, and some applications**. Washington, DC: U.S. Agricultural Research Service, 1970. 20 p. (Agriculture Handbook, n. 379).
- KARASOV, W.H.; MARTÍNEZ DEL RIO, C. **Physiological ecology: how animals process energy, nutrients, and toxins**. Princeton: Princeton University Press, 2007. 744 p.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W.; SINGSEN, E.P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11 p. (Research Report, n. 7).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: The National Academies Press, 2011. 392 p. DOI: 10.17226/13039.
- NOSE, T. On the digestion of food protein by goldfish (*Carassius auratus*) and rainbow trout (*Salmo irideus* G.). **Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory**, v. 10, p. 11-22, 1960.
- PÁEZ, V.P.; BOCK, B.C. Pre- and post-hatching factors affecting juvenile growth rates in the yellow-spotted river turtle (*Podocnemis unifilis*). **Actualidades Biológicas**, v. 26, n. 81, p. 137-151, 2004. DOI: 10.17533/udea.acbi.329443.
- OLIVEIRA, P.H.G.; CASTRO, I.C.; ANDRADE, P.C.M.; MONTEIRO, M.S.; GAMA NETO, C.V. Alimentação de filhotes e juvenis de tracajás (*Podocnemis unifilis*) e tartarugas

(*Podocnemis expansa*) na natureza e em sistemas de criação comunitária no Amazonas. **Revista Agroecossistemas**, v. 12, n. 1, p. 83-98, 2020. DOI: 10.18542/ragros.v12i1.8956.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025.

STARCK, J.M. Structural flexibility of the gastro-intestinal tract of vertebrates: implications for evolutionary morphology. **Zoologischer Anzeiger**, v. 238, p. 87-101, 1999.

VOGT, R.C. **Tartarugas da Amazônia**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia; Amazon Conservation Association, 2008. 104 p.

28. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese ampliou o conhecimento sobre a alimentação e a fisiologia digestiva de *P. erythrocephala*, integrando informações sobre a produção científica disponível para a espécie, níveis de proteína e energia na dieta, tempo de trânsito gastrointestinal e digestibilidade de ingredientes. A análise bibliométrica evidenciou que, apesar da relevância ecológica e conservacionista da irapuca, a produção científica ainda se mostrou restrita e concentrada em poucos grupos de pesquisa, instituições e regiões geográficas, com predominância histórica de estudos relacionados à ecologia e à reprodução. Nesse contexto, os estudos experimentais desenvolvidos nesta tese contribuíram para preencher parte das lacunas identificadas, produzindo informações específicas sobre aspectos nutricionais e digestivos ainda pouco conhecidos para a espécie.

A avaliação conjunta dos níveis de proteína e energia demonstrou respostas distintas aos componentes nutricionais das dietas. A proteína exerceu influência evidente sobre o crescimento dos filhotes, sendo estimados níveis ótimos próximos de 37 a 39% de proteína bruta para variáveis relacionadas ao crescimento, enquanto o menor nível avaliado comprometeu o desempenho. Em contrapartida, os juvenis mantiveram crescimento e desempenho semelhantes entre os níveis de energia bruta avaliados, indicando que, dentro da faixa estudada, as variações na densidade energética não promoveram alterações significativas nas respostas zootécnicas. Esses resultados evidenciaram a importância do adequado aporte proteico para o crescimento da espécie e forneceram parâmetros para o desenvolvimento de dietas mais ajustadas às suas necessidades nutricionais.

A caracterização do tempo de trânsito gastrointestinal e da digestibilidade complementou a avaliação nutricional ao fornecer informações sobre o processamento e o aproveitamento dos alimentos pela irapuca. Verificou-se passagem lenta do conteúdo alimentar pelo trato gastrointestinal, sem influência das dietas avaliadas sobre o tempo de trânsito, sendo necessários até 22 dias para que todas as unidades experimentais atingissem a máxima presença do marcador nas fezes. Esse resultado estabeleceu uma referência metodológica importante para o planejamento de ensaios nutricionais com a espécie. Paralelamente, os elevados coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo demonstraram a capacidade de *P. erythrocephala* de aproveitar os nutrientes presentes nas dietas e evidenciaram o potencial do milho e do farelo de soja como ingredientes para sua alimentação.

Considerados de forma integrada, os resultados demonstraram que a formulação de dietas para *P. erythrocephala* deve considerar não apenas a concentração de nutrientes, mas a relação entre composição da dieta, resposta de crescimento, utilização dos nutrientes e características da fisiologia digestiva da espécie. A tese forneceu, assim, parâmetros específicos para a irapuça, reduzindo a dependência da extrapolação de informações provenientes de outros quelônios e estabelecendo uma base experimental para o aprimoramento de protocolos de alimentação, manutenção e criação em cativeiro. Além da contribuição científica para o conhecimento da biologia da espécie, os resultados apresentam aplicação potencial no desenvolvimento de estratégias de manejo alimentar mais adequadas e eficientes.

Os resultados devem, entretanto, ser interpretados considerando as condições experimentais em que foram obtidos. Os ensaios foram conduzidos em ambiente controlado, com animais em fases específicas de desenvolvimento, e as respostas observadas podem variar em outras idades, condições ambientais e sistemas de criação. A variabilidade individual observada em algumas variáveis, especialmente no estudo dos níveis energéticos, também deve ser considerada. Além disso, a avaliação da digestibilidade concentrou-se no milho e no farelo de soja e nos coeficientes da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo, permanecendo necessária a investigação de outros ingredientes e componentes nutricionais.

Diante dessas limitações e das lacunas identificadas ao longo da tese, recomenda-se ampliar os estudos nutricionais de *P. erythrocephala* para diferentes fases de desenvolvimento, bem como investigar de forma integrada as relações entre proteína e energia. A avaliação de outros ingredientes, especialmente matérias-primas e subprodutos disponíveis na região amazônica, poderá contribuir para diversificar as possibilidades de formulação de dietas. Estudos futuros também deverão ampliar a determinação da digestibilidade de nutrientes, avaliar respostas fisiológicas e metabólicas e investigar os efeitos de diferentes estratégias alimentares sobre crescimento, saúde, composição corporal, qualidade da água e eficiência de utilização dos alimentos.

Dessa forma, a presente tese estabeleceu uma base experimental para a nutrição e a fisiologia digestiva de *P. erythrocephala*, articulando lacunas existentes na literatura com resultados obtidos experimentalmente para a espécie. A definição de uma faixa proteica associada ao melhor crescimento, a caracterização da resposta aos níveis energéticos avaliados, o estabelecimento de um parâmetro para o tempo de trânsito gastrointestinal e a determinação da

digestibilidade do milho e do farelo de soja constituem contribuições complementares que ampliam o conhecimento necessário ao manejo alimentar da irapuca. Esses achados fornecem subsídios para o aprimoramento da manutenção e criação da espécie em cativeiro e estabelecem novos pontos de partida para o avanço das pesquisas sobre nutrição de quelônios amazônicos.