

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E SUA RELAÇÃO COM A SAÚDE E
O BEM-ESTAR DE TAMANDUÁS-BANDEIRA (*Myrmecophaga
tridactyla* LINNAEUS, 1758)**

FERNANDA MARA ARAGÃO MACEDO PEREIRA

BOTUCATU – SP

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E SUA RELAÇÃO COM A SAÚDE E
O BEM-ESTAR DE TAMANDUÁS-BANDEIRA (*Myrmecophaga
tridactyla* LINNAEUS, 1758)**

FERNANDA MARA ARAGÃO MACEDO PEREIRA

Tese apresentada junto ao Programa de Pós-
Graduação em Animais Selvagens para a
obtenção do título de Doutor.

Orientadora: Prof^a. Alessandra Melchert

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Pereira, Fernanda Mara Aragão Macedo.

Avaliação nutricional e sua relação com a saúde e o bem-estar de tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758) / Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira. - Botucatu, 2024

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu

Orientador: Alessandra Melchert

Capes: 50501062

1. Tamanduá-bandeira. 2. Xenarthra. 3. Fisiologia veterinária. 4. Ecologia microbiana. 5. Nutrição - Avaliação.

Palavras-chave: Conservação; Fisiologia; Microbioma; Nutrição; Xenarthra.

Impacto Científico

O tamanduá-bandeira (*M. tridactyla*) é uma espécie de grande importância para a conservação da fauna na América Latina. São mamíferos que apresentam diversas peculiaridades anatômicas, fisiológicas e ecológicas, cujo conhecimento ainda é bastante disperso e escasso. Essa espécie está presente em todo território brasileiro e sofre constantemente com pressões ambientais e antropogênicas, o que historicamente vem provocando o seu desaparecimento em diversas regiões do País, reforçando seu estado vulnerável de conservação.

A manutenção em cativeiro torna-se então uma importante aliada das estratégias de conservação dessa espécie. Entretanto, devido às características fisiológicas dos tamanduás e o escasso conhecimento sobre a espécie, o sucesso na criação e reprodução desses animais sob cuidados humanos sofreu importantes entraves ao longo dos anos.

O principal fator de insucesso na manutenção de tamanduás em cativeiro é relacionado ao seu manejo nutricional. Uma variedade de alterações físicas e clínicas foram identificadas na espécie devido ao manejo nutricional ou dietético incorreto, provocando debilidade, doenças e mesmo a morte de animais.

Este trabalho busca o aprofundamento do conhecimento biológico básico de tamanduás-bandeira, com foco em fornecer referências para parâmetros clínicos, laboratoriais e físicos ainda pouco explorados, também buscando compreender as necessidades nutricionais dos animais em vida livre com intuito de transpor esse conhecimento para a criação em cativeiro. Dessa forma, fornecendo referências nutricionais e clínicas para a adequação do manejo alimentar da espécie sob cuidados humanos.

Nome do autor: **Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira**

TÍTULO: AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E SUA RELAÇÃO COM A SAÚDE E O BEM-ESTAR DE TAMANDUÁS-BANDEIRA (*Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758)

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Alessandra Melchert

Presidente e Orientadora

Departamento de Clínica Veterinária

FMVZ – UNESP – BOTUCATU

Prof^a. Dr^a. Tatiana Morosini de Andrade Cruvinel

Atendimento Clínico-Cirúrgico de Animais Selvagens

FMV – UNIRP – SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

Prof^a. Dr^a. Ayisa Rodrigues de Oliveira

Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinárias

EV – UFMG – BELO HORIZONTE

Prof. Dr. Victor Yunes Guimarães

Departamento de Patologia Clínica Veterinária

FAEF – GARÇA

Dr^a. Carlyne Assis Engenheer Pinke Testa

Setor de Nutrição

Parque Zoológico Municipal de Bauru

BAURU – SÃO PAULO

Data da Defesa: 26/08/2024

Mini Biografia

Graduada em Medicina Veterinária pela Universidade de Brasília em 2012. Residente em Clínica e Cirurgia de Animais Silvestres pela Universidade de Brasília de 2012 a 2014. Mestre em Animais Selvagens pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” em 2019. Médica Veterinária atuante na clínica médica no Zoológico Municipal de Bauru desde 2019.

Atuou com pesquisas comportamentais com a espécie *Sapajus libidinosus* em cativeiro no Zoológico de Brasília e no Centro de Primatologia da Universidade de Brasília. Atualmente trabalha com pesquisa em patologia animal de animais silvestres em conjunto com a Universidade Federal de Minas Gerais, e com pesquisa em patologia e clínica de Xenartras, com foco em tamanduás-bandeira e tamanduás-mirins, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” em conjunto com o Instituto de Conservação de Animais Silvestres (ICAS).

Agradecimentos

Agradeço, especialmente, à minha orientadora Dra. Alessandra Melchert pela oportunidade de trabalhar com um assunto tão grato e numa instituição tão cheia de oportunidades para a área de animais silvestres, além de sua disposição e por ter oferecido o seu tempo e conhecimento para a realização desse projeto da melhor forma.

Agradeço imensamente também esse trabalho a todos os colegas de profissão que me acompanharam nessa nova etapa e, de uma forma ou de outra, me ajudaram a trilhar esse caminho da pesquisa, tanto como companheiros de turma quanto no auxílio à coleta de dados, especialmente aos meus amigos Danyele Manguiera e Alexandre Bicudo.

Agradeço às instituições que abriram suas portas para a realização dessa pesquisa, enriquecendo imensuravelmente todo o trabalho e contribuindo com a conservação da espécie. Ao Zoológico Municipal de Bauru, Fundação Parque Zoológico de São Paulo, Zoológico de São Carlos, Zoo Botânico de Rio Preto, Centro de Medicina e Pesquisa de Animais Selvagens, Zoológico de Sorocaba e Instituto de Conservação de Animais Silvestres (ICAS), meu muito obrigada. Também, aos laboratórios e pessoas que auxiliaram em toda parte analítica desse projeto, nos Laboratórios de Bromatologia, Patologia Clínica, Microbioma e Genômica Bacteriana, Bioanalítica e Metaloproteômica da UNESP/Botucatu e clínica Popular Pet de Bauru.

Além disso, muito do que pode ser realizado para o desenvolvimento dessa pesquisa e esse pequeno passo em prol do conhecimento sobre a espécie foi graças ao financiamento oferecido pela Mazuri Animal Nutrition, através do seu programa de financiamento de pesquisa científica na área de nutrição animal.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Obrigada a todos.

Lista de Tabelas

Trabalho Científico 1

TABELA 1. Escore de condição corporal aplicado a tamanduás-bandeira (<i>M. tridactyla</i>) de acordo com Clark et al. (2016)	39
TABELA 2. Descrição dos pontos de medição biométrica para avaliação corporal de tamanduás-bandeira (<i>M. tridactyla</i>)	40
TABELA 3. Valores de peso, medidas biométricas e índices de condição corporal (RI e ICC2) de tamanduás-bandeira (<i>M. tridactyla</i>) de vida livre (n = 20) e mantidos sob cuidados humanos (n = 22)	41
TABELA 4. Medidas ultrassonográficas de espessura da gordura subcutânea, mensurada em cinco pontos referenciais, e da musculatura epaxial, em cortes longitudinais e transversais, de tamanduás-bandeira (<i>M. tridactyla</i>) mantidos sob cuidados humanos (N=22) correlacionados ao escore de condição corporal (ECC).....	42

Trabalho Científico 2

TABELA 1. Composição química da dieta (N=5) oferecida aos tamanduás-bandeira (<i>M. tridactyla</i>) mantidos sob cuidados humanos em cinco diferentes instituições do estudo e conteúdo estomacal de tamanduás-bandeira (<i>M. tridactyla</i>) mortos recuperados em rodovias do centro-oeste paulista (N=9) e Mato Grosso do Sul (Bissel et al., 2023).	71
---	-----------

Trabalho Científico 3

TABELA 1. Média e desvio padrão dos valores hematológicos de tamanduás-bandeira (<i>M. tridactyla</i>) adultos (>25 kg) de vida livre (N=21) e mantidos em zoológicos (N=19).....	94
TABELA 2. Média e desvio padrão dos valores de bioquímica sérica de tamanduás-bandeira (<i>M. tridactyla</i>) adultos (>25 kg) de vida livre (N=21) e mantidos em zoológicos (N=19)	95
TABELA 3. Média e desvio padrão dos parâmetros hematológicos e bioquímicos de tamanduás-bandeira (<i>M. tridactyla</i>) adultos que apresentaram diferença de acordo com o tipo de dieta, natural (N = 21), papa (N = 18) ou ração (N = 4).	96
TABELA 4. Composição química e minerais das dietas (N=5) oferecidas aos tamanduás-bandeira (<i>M. tridactyla</i>) mantidos sob cuidados humanos comparadas ao conteúdo estomacal de animais de vida livre atropelados (N=9).	97

Lista de Figuras

Revisão de Literatura

FIGURA 1. Exemplo de dieta composta por ração para cães, carne bovina, cenoura, beterraba e banana moídos (A) e oferecida em consistência pastosa com a adição de água (B e C) para tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) 7

FIGURA 2. Escore de condição corporal para tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) adaptado de Clark et al. (2016)10

Trabalho Científico 1

FIGURA 1. Escore de condição corporal (ECC) de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) de cativeiro e vida livre. Não houve diferença estatística entre os grupos (U de Mann Whitney)43

FIGURA 2. Imagens ultrassonográficas da gordura subcutânea (setas) de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*), em cortes transversais no ponto pélvico caudal, de acordo com sua condição corporal e classificação como magro (A), obeso (B) e moderado de cativeiro (C) e vida livre (D)44

Trabalho Científico 2

FIGURA 1. *Box plot* representando o índice de Shannon para avaliação da diversidade alfa da microbiota intestinal de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) de cativeiro (n=15) e vida livre (n=14)72

FIGURA 2. Análise de coordenadas principais (PCO) baseada no índice de Bray-Curtis da microbiota intestinal de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) de vida livre (n=14) e mantidos em zoológicos (n=15)72

FIGURA 3. Abundância relativa das populações bacterianas presentes nas fezes de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) selvagens (n=14) e cativos (n=15) nos níveis taxonômicos de filo (A) e família (B). Grupos com abundância relativa menor que 0.1% no nível de filo e 1% em família foram agrupados como “Outros”73

FIGURA 4. Representatividade das populações bacterianas presentes nas fezes de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) selvagens (n=14) e cativos (n=15) nos níveis taxonômicos de filo (A) e família (B). Grupos com abundância relativa menor que 0.1% no nível de filo e 1% em família foram agrupados como “Outros”73

PEREIRA, F.M.A.M. Avaliação nutricional e sua relação com a saúde e o bem-estar de tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758). Botucatu, 2024. 115p. Tese (Doutorado em Animais Selvagens – Clínica-cirúrgica, Saúde e Meio Ambiente) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a relação do manejo dietético sobre parâmetros físicos, clínicos e laboratoriais de tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*). Foram utilizados 43 animais, 21 de vida livre e 22 de zoológicos, com apoio do Instituto de Conservação de Animais Silvestres e zoológicos do estado de São Paulo. Foi realizada mensuração biométrica; avaliação clínica de saúde; ultrassonografia da gordura de pontos da superfície corporal e musculatura epaxial; colheita de sangue para hemograma, bioquímica sérica, dosagem de eletrólitos e minerais; e coleta de fezes para identificação da microbiota. A dieta oferecida em cativeiro e o conteúdo estomacal de animais mortos recuperados em vida livre foram encaminhados para análise bromatológica. A dieta artificial diferiu do conteúdo estomacal em energia bruta, matéria mineral, extrato etéreo e todos os minerais dosados. Os valores de hemácias, neutrófilos e monócitos foram maiores nos tamanduás cativos, e eosinófilos e basófilos foram maiores em vida livre. As dosagens séricas de albumina, alanina aminotransferase e creatinina foram mais elevadas em cativeiro, já globulina, nitrogênio ureico, cálcio e fosfatase alcalina foram maiores em vida livre. A análise biométrica e de condição corporal indicou que o peso, medidas de antebraço, tórax, abdômen, pescoço, fêmur, tíbia, úmero, e índices de condição corporal foram maiores nos animais de cativeiro. O escore de condição corporal teve boa correlação com a espessura da gordura subcutânea e circunferências de tórax e abdômen. Os tamanduás-bandeira selvagens apresentam condição corporal moderada e os cativos variaram de moderados a obesos, com acúmulo de gordura significativo na região do flanco e quadris. A diversidade da microbiota diferiu também entre animais cativos e selvagens, existindo maior abundância relativa de Ruminococcaceae, Streptococcaceae e Lachnospiraceae em vida livre; e Lachnospiraceae, Clostridiaceae 1 e Lactobacillaceae em cativeiro.

Palavras-chave: conservação, nutrição, fisiologia, microbioma, Xenarthra

PEREIRA, F.M.A.M. Nutritional evaluation and its relationship to the health and welfare of giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758). Botucatu, 2024. 115p. Thesis (PhD in Wild Animals – Clinical-Surgical, Health and Environment) – School of Veterinary Medicine and Animal Science, Botucatu Campus, São Paulo State University.

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the relationship among dietary management and physical, physiological, clinical and laboratorial parameters of giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*). Forty-three animals were used, 21 free-range and 22 zoo-kept, with the support of Wild Animal Conservation Institute and São Paulo state institutions. Were performed biometric measurements, clinical assessment (vital parameters), ultrasound of subcutaneous fat and epaxial muscle, blood sample collection for blood count, serum chemistry, electrolytes and minerals, and feces collection for microbiota characterization. The captive diet and stomach contents of wild anteaters were referred for bromatological analysis. The artificial diet differed from the stomach contents in gross energy, mineral matter, ether extract and all the minerals. Red blood cells, neutrophils and monocytes were higher in zoo-kept animals, and eosinophils and basophils in free-range animals. Serum dosages of albumin, alanine aminotransferase and creatinine were higher in captivity, while urea nitrogen, calcium and alkaline phosphatase were higher in wild anteaters. The biometric and body condition analysis showed that weight, condition indices and forearm, thorax, abdomen, neck, femur, tibia and humerus measurements were bigger in captive animals. Body condition score presented good correlation with subcutaneous fat thickness and thorax and abdomen circumferences. Wild anteaters had moderate body condition while zoo-kept ones were moderate to obese, with significant fat deposits at hips and flank. The microbiota diversity also differed between captive and wild animals, with higher relative abundance of Ruminococcaceae, Streptococcaceae and Lachnospiraceae in free ranged; and Lachnospiraceae, Clostridiaceae 1 and Lactobacillaceae in captive animals.

Key words: conservation, nutrition, physiology, microbiome, Xenarthra.

SUMÁRIO

	Página
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
2. REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 <i>ESPÉCIE</i>	5
2.2 <i>METABOLISMO E COMPORTAMENTO ALIMENTAR</i>	6
2.3 <i>NUTRIÇÃO E DEFICIÊNCIAS NUTRICIONAIS</i>	7
2.4 <i>AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO FÍSICA DE TAMANDUÁS-BANDEIRA</i>	8
2.5 <i>ESCORES DE CONDIÇÃO CORPORAL (ECC)</i>	9
2.6 <i>ÍNDICES DE CONDIÇÃO CORPORAL</i>	11
2.7 <i>MEDIDAS ULTRASSONOGRÁFICAS DE ESPESSURA DA GORDURA SUBCUTÂNEA</i>	11
2.8 <i>MICROBIOTA INTESTINAL</i>	12
2.9 <i>EXAMES LABORATORIAIS</i>	13
3. REFERÊNCIAS.....	16
4. TRABALHO CIENTÍFICO 1	23
5. TRABALHO CIENTÍFICO 2	45
6. TRABALHO CIENTÍFICO 3	74
7. ANEXOS	98

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) são mamíferos pertencentes à ordem Pilosa, sendo a maior dentre as dez espécies de tamanduás existentes. Sua população selvagem encontra-se em declínio principalmente pela destruição do seu habitat, incêndios, inundações, atropelamentos e caça, o que levou a espécie a ser considerada vulnerável pela *International Union for Conservation of Nature* (IUCN). Entretanto, as estratégias de manutenção e reprodução de tamanduás em cativeiro ainda esbarram em entraves, visto que são animais cujas características de nicho ecológico tornam a sua mimetização ou adaptação ao cativeiro um desafio. Além disso, o conhecimento biológico sobre esses animais ainda é escasso, dificultando ainda mais o desenvolvimento de estratégias de manutenção, reprodução, reabilitação e reintrodução (Gaudin et al., 2018; Miranda, 2012).

Ajustes necessários à manutenção desses animais em cativeiro podem diferir consideravelmente do que se observa em vida livre. Dentre as adaptações mais significativas para a manutenção de tamanduás está a alimentação. Os tamanduás possuem uma dieta altamente especializada adaptada à mirmecofagia, consumindo uma variedade de formigas e cupins ao longo do dia (Camilo-Alves & Mourao, 2005; Miranda, 2012; Miranda, 2014; Stahl et al., 2012). Dessa forma, a reprodução artificial dessa dieta torna-se essencialmente impraticável, sendo necessárias formulações que tentam suprir as suas necessidades nutricionais (Miranda, 2012; Stahl et al., 2012).

Além do tipo de alimento, a sua forma de apresentação, frequência de oferecimento, dentre outros fatores, também podem desencadear problemas de adaptação e afetar a saúde dos animais (Eguizábal et al., 2013; Miranda, 2012). Tais dificuldades podem ser comumente acompanhadas por baixo sucesso de manutenção e reprodutivo (Luba et al., 2015; Roch et al., 2023). Entretanto, não se sabe ainda os efeitos do cativeiro na biologia desses animais. Da mesma forma, vários aspectos biológicos ainda não foram profundamente estudados para se obter parâmetros de comparação.

Estudos retrospectivos avaliando as principais afecções de tamanduás-bandeira sob cuidados humanos encontraram de 30% a 70% de problemas de saúde que podem ser relacionados direta ou indiretamente com a desnutrição, causando sangramentos, anemia,

constipação, diarreia, constrição lingual, úlceras estomacais, nefropatia, hepatopatia, cardiomiopatia e mineralização de tecidos moles (Arenales et al., 2020; Morford & Meyers, 2003; Steinmetz et al., 2007). Manifestações gastrointestinais, como diarreia, constipação e anorexia, são amplamente reportadas em Xenartras e ligadas diretamente ao manejo alimentar (Agnew et al., 2018).

Ressalta-se que apesar de existirem suspeitas sobre as causas dessas diversas doenças que afetam esses animais, a maioria não possui diagnóstico definido e nem relação de causalidade comprovada. Consequentemente, o entendimento aprofundado sobre a biologia desses animais, principalmente aplicados à sua manutenção e bem-estar em cativeiro é de extrema importância para os esforços de conservação *ex situ*.

A hipótese deste estudo é que a composição da dieta seja um fator altamente relevante na determinação de características físicas e fisiológicas dos tamanduás-bandeira mantidos sob cuidados humanos. Espera-se diferenças na composição corporal, parâmetros sanguíneos e fisiológicos e na composição da microbiota intestinal de tamanduás-bandeira cativos comparados aos de vida livre. A seguir será apresentada uma revisão de literatura acerca do tema de nutrição animal, formas de avaliação de saúde relacionado à nutrição e as características dos tamanduás-bandeira. Posteriormente, serão apresentados três artigos científicos cujos focos principais relacionam-se à avaliação da condição corporal de tamanduás, avaliação da microbiota intestinal relacionado à dieta e avaliação de parâmetros laboratoriais relacionados à dieta.

REVISÃO DA LITERATURA

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Espécie

O tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) é um mamífero placentado terrestre pertencente à família Myrmecophagidae, ordem Pilosa. Está presente na América Central e América do Sul, habitando todos os biomas brasileiros. A espécie possui a classificação de vulnerável de acordo com a lista vermelha das espécies ameaçadas da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), cuja população está decrescendo constantemente e sua presença é de incomum a rara em muitas regiões (Miranda, 2012; Miranda et al., 2014). Além de perturbações antropogênicas, como a perda e fragmentação de habitat, atropelamentos, caça e exposição a animais domésticos, a baixa taxa reprodutiva, de aproximadamente um filhote a cada dois anos, associada à especialização dietética, contribuem com o declínio populacional da espécie (Miranda, 2014; Gaudin et al., 2018). Alguns patógenos, como *Brucella abortus* e *Leptospira spp.*, já foram identificados em animais de vida livre, o que pode influenciar no sucesso reprodutivo e prejudicar ainda mais sua estabilidade populacional na natureza (Miranda, 2014).

Os tamanduás-bandeira são animais de hábitos solitários, não apresentando estrutura social definida (Miranda, 2014). O ritmo de atividade dos tamanduás está relacionado às alterações climáticas. Devido ao seu metabolismo relativamente baixo em relação ao seu tamanho, eles são especialmente sensíveis a variações na temperatura ambiental acima ou abaixo da sua zona de conforto, alterando seu padrão de atividade e descanso conforme necessário (Camilo-Alves et al., 2005).

A espécie não apresenta dimorfismo sexual evidente e a determinação do sexo é dificultada pela presença de testículos intrapélvicos, tornando necessária a contenção dos animais para sexagem. Sabe-se que apresentam reprodução lenta, com a maturidade sexual sendo alcançada em torno dos dois a três anos de idade. Os encontros entre fêmeas e machos ocorrem principalmente para fins reprodutivos. Além disso, grupos formados pela mãe e filhote também podem ser observados na natureza, pois ela carrega sua prole

nos primeiros seis meses de vida, podendo manter contato próximo por até um ano, quando o filhote se torna independente (Knott et al., 2013; Miranda, 2014).

As principais características físicas dos membros da família Myrmecophagidae são a ausência de dentes, a presença de um focinho longo e cônico, uma língua vermiforme, orelhas diminutas, olhos pequenos e negros e membros torácicos fortes e providos de quatro dígitos, dois deles com fortes garras curvas que funcionam como ferramenta para procura de alimentos, auxiliam na locomoção e servem como instrumento de defesa (Miranda, 2014). Os tamanduás-bandeira são animais de grande porte, pesando em média 33 kg quando adultos, faixa etária alcançada a partir dos três anos de idade. Além disso, possuem uma pelagem grossa, de coloração marrom-escura e negra, com faixas triangulares negras com bordas brancas laterodorsais bastante características (Gardner, 2007; Gaudin et al., 2018). A expectativa de vida da espécie é de 15 anos em vida livre a até 30 em cativeiro (Knott et al., 2013; Gaudin et al., 2018).

2.2 *Metabolismo e comportamento alimentar*

Os tamanduás-bandeira são animais de metabolismo lento, cuja necessidade energética diária é de 347 kJ de energia digestível/kg^{0.75} (83 kcal EB/kg^{0.75}), correspondendo a uma necessidade entre 34% e 48% menor que a de cães adultos de porte semelhante (Stahl et al., 2012; Bermingham et al., 2014). Os tamanduás são animais especializados no consumo de insetos, e considerados mirmecófagos. Sendo um mamífero de grande porte, para poder ingerir um grande volume de insetos a sua estratégia alimentar consiste em consumir insetos coloniais, como formigas e cupins, reduzindo assim o tempo de forrageamento (Griffiths, 1968; Strait, 2014). Já as preferências alimentares variam conforme a região e estação do ano, de acordo com a disponibilidade de alimento (Rodrigues et al., 2008).

Animais especializados no consumo de insetos coloniais possuem diversas convergências morfológicas como a redução da mandíbula e da dentição, focinho alongado, língua longa e pegajosa, membros torácicos fortes com garras e algum tipo de armadura ou pelos grossos que servem de defesa contra as presas (Griffiths, 1968). Tais características são observadas nos tamanduás-bandeira. Além disso, a musculatura da mandíbula e facial é reduzida nesses animais. Porém, uma divisão e disposição diferenciada das fibras musculares do músculo bucinador permite um controle mais preciso da boca, nariz e bochechas durante a alimentação (Naples, 1999). A língua é longa e fina e com uma musculatura desenvolvida, que se origina do esterno, permitindo grande

protusão. Já os lobos olfatórios dessa espécie são bastante desenvolvidos devido à importância do olfato durante o forrageamento (Gaudin et al., 2018).

2.3 Nutrição e deficiências nutricionais

Pouco se sabe sobre a composição exata da dieta dos tamanduás em ambiente natural visto que sua estratégia alimentar consiste no consumo de uma grande variedade de formigueiros e cupinzeiros por curtos períodos ao longo do dia (Camilo-Alves et al., 2005; Miranda, 2014). Dessa forma, os tamanduás precisam visitar diversos pontos de alimentação e, conseqüentemente, percorrer longas distâncias. Essa estratégia permite que não se esgotem as fontes de alimento dentro da área de vida dos animais e que se evite as táticas de defesa das colônias (Miranda, 2014; Gaudin et al., 2018).

Já em cativeiro, devido à dificuldade de se reproduzir esse comportamento e a variedade alimentar, a dieta usual é composta por itens alimentares como leite com baixa lactose, iogurte, ovos, carne moída, verduras, frutas, mel, camarões secos, rações para gatos, cães, insetívoros ou herbívoros, dentre outros, oferecida numa consistência pastosa (Figura 1) ou granulosa, na frequência de 1 a 2 vezes ao dia (Miranda, 2014). Dessa forma, estudos em animais de vida livre, como os produzidos por Oyarzun et al. (1996) e Bissell et al. (2023), que descrevem a composição nutricional do conteúdo estomacal de tamanduás-mirins e tamanduás-bandeira selvagens, respectivamente, servem como auxílio para se buscar uma formulação dietética adequada para a espécie.



FIGURA 1. Exemplo de dieta composta por ração para cães, carne bovina, cenoura, beterraba e banana moídos (A) e oferecida em consistência pastosa com a adição de água (B e C) para tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*). Arquivo Pessoal.

Manifestações gastrointestinais são amplamente relatadas em xenarthras e associadas primariamente ao manejo alimentar em cativeiro (Agnew et al., 2018). Adicionalmente, uma variedade de lesões e doenças de causas potencialmente alimentares e nutricionais em tamanduás cativos vêm sendo publicadas. A cardiomiopatia dilatada, por exemplo, já foi reportada algumas vezes na espécie, sendo associada à deficiência de taurina devido à similaridade das lesões encontradas em animais domésticos deficientes nesse aminoácido (Agnew et al., 2018; Arenales et al., 2020), porém uma possível relação com a carência de seus precursores na dieta também foi recentemente apontada (Nofs et al., 2018). Hiperostose também já foi citada em diversos tamanduás-mirins (*T. tetradactyla*) e tamanduás-do-norte (*T. mexicana*) e suas potenciais causas são excesso de vitamina A, vitamina D ou cálcio na dieta (Agnew et al., 2018; Arenales et al., 2020). A deficiência de vitamina K, ocasionando sangramentos espontâneos, também é comumente identificada e a suplementação alimentar desse nutriente é amplamente difundida (Agnew et al., 2018). Hemossiderose e hemocromatose, alterações metabólicas causadas pelo excesso de ferro no organismo, apresentam também alta prevalência em tamanduás. Entretanto, pouco se sabe sobre a causa ou consequência desse excesso de ferro na saúde dos animais, uma vez que também é encontrado em animais de vida livre, não associado a outras lesões (Arenales et al., 2020).

2.4 Avaliação da condição física de tamanduás-bandeira

Comparativamente a outros animais, a avaliação do estado físico de tamanduás-bandeira é imprescindível para o acompanhamento de saúde tanto em programas de monitoração *in situ* quanto para o manejo *ex situ*. A condição física dos animais é influenciada por uma variedade de fatores individuais e ambientais, como a disponibilidade e qualidade de alimento, sazonalidade, uso de habitat, abundância populacional, relações intra e interespecíficas, capacidade adaptativa e prevalência de doenças, influenciando sua performance (Jakob et al., 1996; Woodward et al., 2005; Pitt et al., 2006; Labocha et al., 2012). Da mesma forma, animais em pobres condições ou desnutridos são predispostos ao desenvolvimento de doenças e distúrbios fisiológicos e metabólicos, prejudicando sua saúde, reprodução, adaptabilidade e sobrevivência (Hill et al., 2008; Labocha et al., 2012).

A avaliação da condição corporal é usada para estimar o estado nutricional dos animais, como forma de estimar o seu estado físico e, conseqüentemente, seu desempenho

(Woodward et al., 2005; Labocha et al., 2012; Schiffmann et al., 2017). Os tamanduás-bandeira são animais que não apresentam dimorfismo sexual e, a partir de um certo estágio de vida, também não apresentam características fenotípicas distintas conforme a idade. Dessa forma, o peso dos animais é utilizado por ecologistas na diferenciação de faixas etárias. Contudo, animais em condições insatisfatórias podem prejudicar essa avaliação, uma vez que o peso pode ser influenciado também por essa variação, além do tamanho (Jakob et al., 1996; Bray et al., 2001; Labocha et al., 2012). A avaliação da condição corporal é utilizada como forma não invasiva de determinação do estado nutricional dos animais também em cativeiro. Em zoológicos, a obesidade nos animais representa um grave problema de manejo e de saúde (Bray et al., 2001; Clark et al., 2016; Schiffmann et al., 2017).

A alta especialização alimentar associada ao baixo metabolismo dos tamanduás-bandeira historicamente representam uma desvantagem nos esforços de desenvolvimento de uma dieta adequada para os animais sob cuidados humanos (Morford et al., 2003; Stahl et al., 2012; Clark et al., 2016). Diversas dietas foram formuladas e são utilizadas para a alimentação desses animais no mundo, com resultados tanto satisfatórios como insatisfatórios, resultando em condições como desnutrição ou obesidade (Morford et al., 2003; Stahl et al., 2012; Aguillar et al., 2015; Gull et al., 2015; Clark et al., 2016; Nofs et al., 2018; Steinecker-Quast et al., 2023).

Diferentes técnicas de avaliação da condição corporal foram desenvolvidas com o objetivo de estimar o estado nutricional e composição adiposa ou muscular dos animais. A pesagem dos animais (massa corporal) e a classificação visual, por meio de escores, são métodos indiretos mais difundidos devido à sua facilidade e repetibilidade de aplicação. O peso dos animais, entretanto, depende não somente do seu estado nutricional como de características fenotípicas (Pitt et al., 2006; Labocha et al., 2012; Schiffmann et al., 2017). Assim, métodos mais específicos podem estimar de forma direta e indireta a condição corporal, como medidas morfométricas de tamanho e circunferências, ultrassonografia e cálculos de índices de massa corporal (Burkholder, 2000; Pitt et al., 2006; Schiffmann et al., 2017).

2.5 Escores de Condição Corporal (ECC)

Os escores de condição corporal (ECC) são amplamente utilizados na avaliação nutricional de animais domésticos e silvestres (Bray et al., 2001; Schiffmann et al., 2017). Tanto a obesidade quanto a subnutrição são importantes indicadores da saúde dos

animais, referindo sua capacidade de lidar com o ambiente e suprir suas necessidades fisiológicas (Schiffmann et al., 2017).

O ECC é realizado por meio de avaliação visual e tátil de pontos de interesse, cuja deposição de gordura seja mais evidente. Existem estratégias de medidas de 5, 7 ou 9 pontos para avaliação do ECC de animais, sendo que o limite inferior representa um animal extremamente magro e o limite superior um extremamente obeso, enquanto um valor central representa uma condição moderada ou ideal (Bray et al., 2001; Labocha et al., 2012; Schiffmann et al., 2017). As regiões anatômicas mais utilizadas nas escalas de avaliação são o torso, principalmente pescoço, ombro e escápulas; costelas, flanco, abdômen e quadris (Bray et al., 2001). Geralmente as regiões do flanco e quadris possuem maior representação no ECC, com mais de um ponto de observação (Schiffmann et al., 2017).

Em estudos com tamanduás-bandeira (Figura 2), não foi possível identificar variações no ECC por avaliação visual entre animais de vida livre e mantidos em zoológicos, apesar da observação de diferenças importantes no peso destes, sendo os últimos mais pesados (Clark et al., 2016). Dessa forma, hipotetizou-se um maior crescimento dos tamanduás cativos devido à constante oferta de alimento e menor pressão ambiental em comparação aos animais selvagens, cuja qualidade e densidade alimentar depende de uma variedade de fatores externos (Stahl et al., 2012; Clark et al., 2016).


ECC	Condição	Descrição da avaliação	
1	Caquético	Sem dobras no pescoço, escápula, quadril e ossos pélvicos proeminentes	
2	Magro	Pescoço e ombros finos, quadril e ossos pélvicos achatados	
2.5	Abaixo do peso	Pescoço normal e ombros, quadris e ossos pélvicos evidentes	
3	Ideal	Pescoço moderado, ombros, quadris e ossos pélvicos achatados	
3.5	Acima do peso	Pescoço grosso, ombro, quadris e ossos pélvicos levemente arredondados	
4	Obeso moderado	Pescoço grosso com dobras visíveis, ombros e quadris arredondados	
5	Obeso grave	Pescoço grosso com dobras visíveis, ossos dos ombros não visíveis, quadris e ossos pélvicos bastante arredondados	

FIGURA 2. Escore de condição corporal para tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) adaptado de Clark et al. (2016).

É importante observar que o ECC é um método subjetivo de avaliação da condição corporal. Diferentes fatores, como o tamanho dos pelos, o estado reprodutivo das fêmeas, a hidratação ou o volume de conteúdo no trato gastrointestinal, além da variabilidade entre observadores podem prejudicar a confiança dessa análise. Ainda, a palpação é impossibilitada em animais de vida livre ou de difícil manejo, prejudicando a completa avaliação (Bray et al., 2001; Schiffmann et al., 2017).

2.6 Índices de condição corporal

Com o intuito de reajustar o efeito de fatores fenotípicos na avaliação da condição corporal dos animais com base somente na sua massa corporal, o peso é geralmente relativizado a uma medida geométrica de comprimento ou área corporal, gerando índices de condição corporal. Em animais, diferentes medidas lineares foram utilizadas para proporcionar essa razão (Pitt et al., 2006; Labocha et al., 2012; Schiffmann et al., 2017). Os índices mais comuns são o *ratio index*, uma razão entre peso e uma medida de comprimento do corpo; e o *residual index* (índice residual), onde a massa é regredida a uma medida de tamanho estrutural e a distância de seus resíduos de pontos da linha de regressão são utilizados nas análises (Jakob et al., 1996; Pitt et al., 2006; Schiffmann et al., 2017).

2.7 Medidas ultrassonográficas de espessura da gordura subcutânea

A avaliação da composição corporal de animais por meio de imagens ultrassonográficas representa um método fidedigno e não invasivo de estimativa do acúmulo de gordura e da massa muscular (Morfeld et al., 2014; Silva et al., 2016; Schiffmann et al., 2017). Este método vem sendo utilizado em animais domésticos de produção como forma de estimar a composição da carcaça durante o processo de seleção dos animais, e também de acompanhar o escore de condição corporal com o objetivo de manter os animais em um estado ideal, favorecendo sua performance e produtividade (Schröder et al., 2006; Teixeira et al., 2008).

Em bovinos, a espessura da gordura subcutânea é geralmente mensurada nas regiões lombar, do quadril e base da cauda, correlacionando-se com o escore visual de condição corporal (Schröder et al., 2006). Em cabras, o esterno também foi identificado como uma boa região para mensuração (Teixeira et al., 2008). Em equinos de esporte, a avaliação do acúmulo de gordura corporal por meio de imagens ultrassonográficas apresenta importância devido à dificuldade em se estimar o escore de condição corporal

em animais de diferentes raças ou fenótipos. A obesidade em cavalos atletas deve ser evitada devido à predisposição a alterações locomotoras, desordens metabólicas e limitação do desenvolvimento de massa muscular. A manutenção de uma composição corporal ideal é determinante para o sucesso reprodutivo, performance e estado de saúde geral desses animais (Silva et al., 2016; Cabrera et al., 2020).

Enquanto em animais domésticos a aplicação da técnica de avaliação ultrassonográfica da composição corporal está mais voltada para a avaliação da performance do animal, em animais de companhia a preocupação maior é com seu estado de saúde. Sendo a obesidade em cães e gatos uma preocupação crescente e de difícil mensuração por pessoas inexperientes ou devido às diferenças fenotípicas entre os animais. Assim, formas objetivas de avaliar a condição corporal vêm sendo desenvolvidas. Além disso, a perda de massa muscular devido a debilidade ou senilidade também pode ser acompanhada no ambiente clínico por mensuração ultrassonográfica muscular (Freeman et al., 2019).

Da mesma forma, a aplicabilidade da avaliação ultrassonográfica da gordura subcutânea e da massa muscular em animais de vida livre e mantidos em zoológicos pode tornar-se uma importante forma de auxiliar na avaliação nutricional de diversas espécies. Uma vez que as necessidades nutricionais dos animais mantidos em cativeiro podem variar bastante conforme sua espécie, estado fisiológico e ambiente em que vivem, por vezes uma avaliação não invasiva e objetiva da condição corporal se faz necessária para acompanhar o sucesso no manejo dietético (Morfeld et al., 2014; Silva et al., 2016; Schiffmann et al., 2017). Em animais silvestres mantidos sob cuidados humanos, a ultrassonografia já foi utilizada como forma de validação do sistema visual de escore corporal em elefantes africanos (*Loxodonta africana*) (Morfeld et al., 2014; Schiffmann et al., 2017) e asiáticos (*Elephas maximus*) (Schiffmann et al., 2017), e em cachorros-domato (*Cerdocyon thous*) (Ferro et al., 2024). Também já foi utilizada para avaliar guaxinins (*Procyon lotor*) de vida livre (Stringer et al., 2010).

2.8 Microbiota Intestinal

O microbioma se refere ao conjunto de microrganismos que habitam simbioticamente diversas regiões do organismo, incluindo o sistema gastrointestinal (Kho et al., 2018). A microbiota pode ser considerada uma extensão funcional do genoma do hospedeiro, codificando diversas enzimas que auxiliam o seu metabolismo e regulam sua fisiologia (Hooper et al., 2001; Kho et al., 2018). Metabólitos sintetizados pela microbiota

regulam diretamente o eixo neuro-imune-inflamatório, afetando a resposta metabólica, imunológica e neuroendócrina do hospedeiro (Kho et al., 2018). Alterações na composição da microbiota intestinal já foram amplamente relacionadas à saúde geral, capacidade imunológica e bem-estar (Kersey et al., 2014; Sherwin et al., 2016; Kho et al., 2018).

A microbiota apresenta relação direta com a especialização alimentar dos vertebrados, sendo sua evolução aparentemente influenciada pela dieta e filogenia do hospedeiro (Karasov et al., 2011; McKenzie et al., 2017). Da mesma forma, sugere-se que há uma convergência na composição da microbiota intestinal de animais que apresentam a mesma especialização alimentar, como os mamíferos mirmecófagos (Delsuc et al., 2014).

Comparando-se espécies silvestres que vivem em vida livre e em cativeiro, foram observadas diferenças na composição da microbiota intestinal, inclusive para os xenartras (McKenzie et al., 2017; Yan et al., 2021). É possível que essas divergências na composição da microbiota sejam causadas majoritariamente pela dieta, o que pode afetar o metabolismo do indivíduo de formas ainda não esclarecidas. Como exemplo, a microbiota intestinal gera um aumento significativo no metabolismo de polissacarídeos, amino ácidos e micronutrientes do organismo, melhorando a disponibilidade de energia e eficiência metabólica (Gill et al., 2006). Essa capacidade de fermentar polissacarídeos não digeríveis e fibras pode ser essencial para disponibilidade de energia e micronutrientes, como vitaminas, em animais que se alimentam exclusivamente de insetos, ricos em quitina, como os tamanduás-bandeira.

2.9 Exames Laboratoriais

Os exames laboratoriais apresentam-se como importantes ferramentas diagnósticas para identificar distúrbios nutricionais, metabólicos e endócrinos. Alterações eritrocitárias, leucocitárias, plaquetárias e nos níveis circulantes de enzimas hepáticas, proteínas, vitaminas, minerais, dentre outros, podem ser importantes indicadores da saúde animal relacionada ao manejo nutricional e geral, podendo ser correlacionados às deficiências nutricionais (Allison, 2012; Thrall et al., 2012).

Em tamanduás-bandeira, inúmeros relatos de desnutrição e obesidade ainda são comuns (Morford and Meyers, 2003; Stahl et al., 2012; Aguillar and Superina, 2015; Gull et al., 2015; Clark et al., 2016; Nofs et al., 2018; Steinecker-Quast et al., 2023). Ainda, uma composição dietética desbalanceada sob cuidados humanos vêm desencadeando

distúrbios como diarreia, constipação, anorexia (Agnew et al., 2018), cardiomiopatia dilatada (Agnew et al., 2018; Nofs et al., 2018; Arenales et al., 2020), hiperostose (Agnew et al., 2018; Arenales et al., 2020), sangramentos espontâneos (Miranda, 2012; Agnew et al., 2018), hemossiderose e hemocromatose (Arenales et al., 2020). Satake e Fagliari (2006) encontraram diferenças no proteinograma sérico de tamanduás cativos comparados aos de vida livre, sugerindo efeito do manejo nutricional e do ambiente, porém nenhuma correlação objetiva foi realizada (Satake and Fagliari, 2006). Alterações nas concentrações de proteínas plasmáticas comumente ocorrem em resposta a uma variedade de processos patológicos, como doenças nutricionais, inflamatórias, infecciosas, neoplásicas e imunológicas (Allison, 2012). Exemplo também do efeito de micronutrientes na saúde de tamanduás é a hipovitaminose K, relatada há anos como a principal causa de sangramentos espontâneos em tamanduás de cativeiro (Miranda, 2012). Além da deficiência dessa vitamina, o prolongamento dos tempos de coagulação pode ser causado pela menor produção dos fatores, como na falência hepática, má absorção, aumento de globulinas, deficiência congênita, maior consumo ou perda de fatores de coagulação (Lubas et al., 2010). Adicionalmente, o excesso de cálcio na dieta pode interferir negativamente com o metabolismo de vitamina K, causando hemorragias e elevação dos tempos de coagulação. Ainda, a suplementação excessiva desta vitamina eleva a retenção urinária de cálcio, piorando a hipercalcemia (Bissell et al., 2023).

Contudo, deve-se ter cautela na interpretação dos resultados, pois o manejo necessário para colheita de amostras, como a contenção física e uso de fármacos podem provocar alterações nas variáveis de hemograma e bioquímica, principalmente no hematócrito, hemácias, plaquetas, neutrófilos, eosinófilos e linfócitos (Nucci et al., 2014).

REFERÊNCIAS

3. REFERÊNCIAS

- Agnew, D.; Nofs, S.; Delaney, M. A.; Rothenburger, J. L., 2018: Xenarthra, Erinacoemorpha, Some Afrotheria, and Phloiodota. In: Terio, K., D. McAloose & J. St Leger (eds.), *Pathology of Wildlife and Zoo Animals*. 1st edn. Academic Press, London, pp. 517–532.
- Aguillar, R. F.; Superina, M., 2015: Xenarthra - Edentata (Anteaters, Armadillos, Sloths). *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine.*, pp. 355–369.
- Allison, R. W., 2012: Laboratory evaluation of plasma and serum proteins. In: Thrall, M. A., G. Weiser, R. W. Allison & T. W. Campbell (eds.), *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry*. 2nd edn. John Wiley & Sons, Iowa, pp. 460–475.
- Arenales, A.; Gardiner, C. H.; Miranda, F. R.; Dutra, K. S.; Oliveira, A. R.; Mol, J. P.; Texeira da Costa, M. EL; Tinoco, H. P.; Coelho, C. M.; Silva, R. O.; Pinto, H. A.; Hoppe, E. G.; Werther, K.; Santos, R. L., 2020: Pathology of free-ranging and captive Brazilian anteaters. *Journal of Comparative Pathology.*, **180**, 55–68.
- Birmingham, E. N.; Thomas, D. G.; Cave, N. J.; Morris, P. J.; Butterwick, R. F.; German, A. J., 2014: Energy requirements of adult dogs: a meta-analysis. *PLOS One.*, **9**, e109681.
- Bissell, H.; Alves, M. H.; Yogui, D. R.; Woc Colburn, M.; Desbiez, A. L. J., 2023: Comparison of estimated wild Giant Anteater (*Myrmecopahaga tridactyla* Linnaeus, 1758) diets with commercial diets for insectivores: Implications for anteater health. *Animals.*, **13**, 3606.
- Bray, R. E.; Edwards, M. S., 2001: Application of existing domestic animal condition scoring systems for captive (zoo) animals. *Proceedings of the Fourth Conference on Zoo and Wildlife Nutrition*. AZA Nutrition Advisory Group, Lake Buena Vista - FL.
- Burkholder, W. J., 2000: Use of body condition scores in clinical assessment of the provision of optimal nutrition. *Journal of the American Veterinary Medical Association.*, **217**, 650–654.

- Cabrera, A. M. Z.; Valencia, N. M. D. P. C., 2020: Body fat evaluation in Colombian Paso horses: body condition score and morphometric and ultrasound measurements. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science.*, **57**, e171082–e171082.
- Camilo-Alves, C. de S. e P.; Mourao, G. de M., 2005: Responses of a specialized insectivorous mammal (*Myrmecophaga tridactyla*) to variation in ambient temperature. *Biotropica.*, **0**, 051128134355006.
- Clark, A.; Silva-Fletcher, A.; Fox, M.; Kreuzer, M.; Clauss, M., 2016: Survey of feeding practices, body condition and faeces consistency in captive ant-eating mammals in the UK. *Journal of Zoo and Aquarium Research.*, **4**, 183–195.
- Delsuc, F.; Metcalf, J. L.; Wegener Parfrey, L.; Song, S. J.; González, A.; Knight, R., 2014: Convergence of gut microbiomes in myrmecophagous mammals. *Molecular Ecology.*, **23**, 1301–1317.
- Eguizábal, G. V.; Palme, R.; Villarreal, D.; Dal Borgo, C.; Di Rienzo, J. A.; Busso, J. M., 2013: Assessment of adrenocortical activity and behavior of the collared anteater (*Tamandua tetradactyla*) in response to food-based environmental enrichment. *Zoo Biology.*, **32**, 632–640.
- Ferro, B. S.; da Silva, J. P.; Testa, C. A. P., Corrêa de Camargo, G.; Ichikawa, R. S.; Beltrán Urrego, A. C.; Guimarães-Okamoto, P. T. C.; Mamprim, M. J.; Melchert, A., 2024: Combined use of body condition score, radiography, ultrasonography and computed tomography in body condition evaluation of crab-eating fox (*Cerdocyon thous*). *Veterinary Research Communications*, **48**, 695-703.
- Freeman, L. M.; Michel, K. E.; Zanghi, B. M.; Vester Boler, B. M.; Fages, J., 2019: Evaluation of the use of muscle condition score and ultrasonographic measurements for assessment of muscle mass in dogs. *American Journal of Veterinary Research.*, **80**, 595–600.
- Gardner, A. L., 2007: Magnorder Xenarthra. In: L, G. A. (ed.), *Mammals of South America*. The University of Chicago Press, Chicago, pp. 127–176.
- Gaudin, T. J.; Hicks, P.; Di Blanco, Y., 2018: *Myrmecophaga tridactyla* (Pilosa: Myrmecophagidae). *Mammalian Species.*, **50**, 1–13.

- Gill, S. R.; Pop, M.; Deboy, R. T.; Eckburg, P. B.; Turnbaugh, P. J.; Samuel, B. S.; Gordon, J. I.; Relman, D. A.; Fraser-Liggett, C. M.; Nelson, K. E., 2006: Metagenomic analysis of the human distal gut microbiome. *Science.*, **312**, 1355–1359.
- Griffiths, M., 1968: *Echidnas*. Pergamon Press, Oxford.
- Gull, J. M.; Stahl, M.; Osmann, C.; Ortmann, S.; Kreuzer, M.; Hatt, J. M.; Clauss, M., 2015: Digestive physiology of captive giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*): determinants of faecal dry matter content. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.*, **99**, 565–576.
- Hill, J. W.; Elmquist, J. K.; Elias, C. F., 2008: Hypothalamic pathways linking energy balance and reproduction. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism.*, **294**, 827–832.
- Hooper, L. V.; Gordon, J. I., 2001: Commensal host-bacterial relationships in the gut. *Science.*, **292**, 1115-1118.
- Jakob, E. M.; Marshall, S. D.; Uetz, G. W., 1996: Estimating fitness: A comparison of body condition indices. *Oikos.*, **77**, 61–67.
- Karasov, W. H.; Martínez Del Rio, C.; Caviedes-Vidal, E., 2011: Ecological physiology of diet and digestive systems. *Annual Review of Physiology.*, **73**, 69–93.
- Kersey, D. C.; Dehnhard, M., 2014: The use of noninvasive and minimally invasive methods in endocrinology for threatened mammalian species conservation. *General and Comparative Endocrinology.*, **203**, 296–306.
- Kho, Z. Y.; Lal, S. K., 2018, August 14: The human gut microbiome - A potential controller of wellness and disease. *Frontiers in Microbiology*.
- Knott, K. K.; Roberts, B. M.; Maly, M. A.; Vance, C. K.; Debeauchamp, J.; Majors, J.; Riger, P.; Decaluwe, H.; Kouba, A. J., 2013: Fecal estrogen, progesterone and glucocorticoid metabolites during the estrous cycle and pregnancy in the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*): evidence for delayed implantation. *Reproductive Biology and Endocrinology.*, **11**, 83
- Labocha, M. K.; Hayes, J. P., 2012: Morphometric indices of body condition in birds: a review. *Journal of Ornithology.*, **153**, 1–22.

- Luba, C. do N.; Boakari, Y. L.; Costa Lopes, A. M.; da Silva Gomes, M.; Miranda, F. R.; Papa, F. O.; Ferreira, J. C. P., 2015: Semen characteristics and refrigeration in free-ranging giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*). *Theriogenology.*, **84**, 1572–1580.
- Lubas, G.; Caldin, M.; Winberg, B.; Kristensen, A., 2010: Laboratory Testing of Coagulation Disorders. In: Weiss, D. J. & K. J. Wardrop (eds.), *Schalm's Veterinary Hematology*. 6th edn. Wiley-Blackwell, Iowa, pp. 1082–1087.
- McKenzie, V. J.; Song, S. J.; Delsuc, F.; Prest, T. L.; Oliverio, A. M.; Korpita, T. M.; Alexiev, A.; Amato, K. R.; Metcalf, J. L.; Kowalewski, M.; Avenant, N. L.; Link, A.; Di Fiore, A.; Seguin-Orlando, A.; Feh, C.; Orlando, L.; Mendelson, J. R.; Sanders, J.; Knight, R., 2017: The effects of captivity on the mammalian gut microbiome. *Integrative and Comparative Biology.*, **57**, 690–704.
- Miranda, F., 2012: *Manutenção de Tamanduás em Cativeiro*. Cubo, São Carlos.
- Miranda, F.; Bertassoni, A.; Abba, A. M., 2014: *Myrmecophaga tridactyla* (Giant Anteater). *The IUCN Red List of Threatened Species.*, e.T14224A47441961.
- Miranda, F. R., 2014: Cingulata (Tatus) e Pilosa (Preguiças e Tamanduás). In: Cubas, Z., J. C. Silva & J. L. Catão-Dias (eds.), *Tratado de Animais Selvagens*. 2nd edn. Roca, São Paulo.
- Morfeld, K. A.; Lehnhardt, J.; Alligood, C.; Bolling, J.; Brown, J. L., 2014: Development of a body condition scoring index for female African elephants validated by ultrasound measurements of subcutaneous fat. *PloS One.*, **9**, e93802.
- Morford, S.; Meyers, M. A., 2003: Giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) health care survey. *Edentata.*, 5–20.
- Naples, V. L., 1999: Morphology, evolution and function of feeding in the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). *Journal of Zoology.*, **249**, 19–41.
- Nofs, S. A.; Dierenfeld, E. S.; Backus, R. C., 2018: Effect of increasing taurine and methionine supplementation on urinary taurine excretion in a model insectivore, the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.*, **102**, e316–e325.

- Oyarzun, S. E.; Crawshaw, G. J.; Valdes, E. V., 1996: Nutrition of the tamandua: I. Nutrient composition of termites (*Nasutitermes* spp.) and stomach contents from wild tamanduas (*Tamandua tetradactyla*). *Zoo Biology*., **15**, 509–524.
- Pitt, J.; Larivière, S.; Messier, F., 2006: Condition indices and bioelectrical impedance analysis to predict body condition of small carnivores. *Journal of Mammalogy*., **87**, 717–722.
- Roch, C.; Rivière, J.; Schappert, I.; Arné, P., 2023: Diseases of the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) in captivity: study of medical data from 99 individuals in european zoos. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, **54**, 520–528.
- Rodrigues, F. H. G.; Medri, I. M.; Miranda, G. H. B.; Camilo-Alves, C.; Mourão, G., 2008: Anteater behavior and ecology. In: Vizcaíno, S. & W. J. Loughry (eds.), *The Biology of the Xenarthra*. University Press of Florida, Gainesville, pp. 257–268.
- Satake, F.; Fagliari, J. J., 2006: Proteinogramas séricos de tamanduás-bandeiras (*Myrmecophaga tridactyla*) de vida-livre e de mantidos em cativeiro. *ARS Veterinaria*., **22**, 112–116.
- Schiffmann, C.; Clauss, M.; Hoby, S.; Hatt, J. M., 2017: Visual body condition scoring in zoo animals - composite, algorithm and overview approaches in captive Asian and African elephants. *Journal of Zoo and Aquarium Research*., **5**, 1–10.
- Schröder, U. J.; Staufenbiel, R., 2006: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *Journal of Dairy Science*., **89**, 1–14.
- Sherwin, E.; Rea, K.; Dinan, T. G.; Cryan, J. F., 2016: A gut (microbiome) feeling about the brain. *Current Opinion in Gastroenterology*., **32**, 96–102.
- Silva, S. R.; Payan-Carreira, R.; Quaresma, M.; Guedes, C. M.; Santos, A. S., 2016: Relationships between body condition score and ultrasound skin-associated subcutaneous fat depth in equids. *Acta Veterinaria Scandinavica*., **58**, 37–42.
- Stahl, M.; Osmann, C.; Ortmann, S.; Kreuzer, M.; Hatt, J. M.; Clauss, M., 2012: Energy intake for maintenance in a mammal with a low basal metabolism, the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*., **96**, 818–824.

- Steinecker-Quast, J.; Osmann, C.; Liesegang, A., 2023: Survey of the feeding management of giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) and tamanduas (*Tamandua tetradactyla*) in the EAZA *ex-situ* programme. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.*, **suppl 1**,1–9.
- Steinmetz, H. W.; Clauss, M.; Feige, K.; Thio, T.; Hatt, J. M., 2007: Recurrent tongue tip constriction in a captive Giant Anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine.*, **38**, 146-149.
- Strait, S. G., 2014: Myrmecophagous microwear: Implications for diet in the hominin fossil record. *Journal of Human Evolution.*, **71**, 87–93.
- Stringer, E. M.; Stoskopf, M. K.; Simons, T.; O’Connell, A. F.; Waldstein, A., 2010: Ultrasonic measurement of body fat as a means of assessing body condition in free-ranging raccoons (*Procyon lotor*). *International Journal of Zoology.*, **2010**, 1–6.
- Teixeira, A.; Joy, M.; Delfa, R., 2008: In vivo estimation of goat carcass composition and body fat partition by real-time ultrasonography. *Journal of Animal Science.*, **86**, 2369–2376.
- Thrall, M. A.; Weiser, G.; Allison, R. W.; Campbell, T. W., 2012: *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry*. 2nd edn. John Wiley & Sons, Iowa.
- Woodward, G.; Ebenman, B.; Emmerson, M.; Montoya, J. M.; Olesen, J. M.; Valido, A.; Warren, P. H., 2005: Body size in ecological networks. *Trends in Ecology & Evolution.*, **20**, 402–409.
- Yan, D.; Hu, D.; Li, K.; Li, B.; Zeng, X.; Chen, J.; Li, Y.; Wronski, T., 2021: Effects of chronic stress on the fecal microbiome of malayan pangolins (*Manis javanica*) rescued from the illegal wildlife trade. *Current Microbiology.*, **78**, 1017–1025.

TRABALHOS CIENTÍFICOS

Artigos a serem enviados para a revista *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. Normas disponíveis em <https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/14390396/homepage/forauthors.html#preparing>

4. TRABALHO CIENTÍFICO 1

AVALIAÇÃO DO ESCORE DE CONDIÇÃO CORPORAL DE TAMANDUÁS-BANDEIRA (*Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758) E VALIDAÇÃO POR MEDIDAS BIOMÉTRICAS E ULTRASSONOGRÁFICAS

ESCORE CORPORAL DE TAMANDUÁS-BANDEIRA

Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira¹, Alexandre Luiz da Costa Bicudo², Danyele Karoline Avante Manguera¹, Débora Yogui³, Miriã Ribeiro Costa³, Arnaud Desbiez³, Priscylla Tatiana Chalfun Guimarães-Okamoto¹, Alessandra Melchert¹

¹Departamento de Clínica Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.

²Alexandre Bicudo Diagnósticos Veterinários, Bauru, São Paulo, Brasil.

³Instituto de Conservação de Animais Silvestres – ICAS, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

Reconhecimentos – Às equipes do ICAS, Zoológico de Bauru, Fundação Zoológico de São Paulo, Parque Ecológico de São Carlos, Zoológico de Sorocaba e Zoobotânico de São José do Rio Preto. À MAZURI Exotic Animal Nutrition pelo financiamento de pesquisa.

Resumo

O tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) é uma espécie que necessita de atenção quanto à sua conservação, fazendo parte de listas nacionais e internacionais de risco de extinção e sofrendo constantes pressões ambientais e antropogênicas. A avaliação da condição corporal dos animais é uma importante ferramenta para a estimativa da sua performance no ambiente natural, bem como o sucesso do manejo *ex situ*. Dessa forma, este trabalho objetivou avaliar a aplicabilidade e a confiabilidade do escore de condição corporal (ECC) e morfometria como métodos de estimar a condição corporal de tamanduás-bandeira, associando-os à mensuração ultrassonográfica da gordura subcutânea. Vinte animais de vida livre e vinte e dois animais em zoológicos foram avaliados, pesados e classificados quanto ao seu ECC. Medidas biométricas foram realizadas com fita métrica, sendo calculados 2 índices de condição corporal – o *ratio index* (RI) e o índice de condição corporal 2 (ICC2). Medidas da espessura da gordura subcutânea foram realizadas na região do flanco e quadril por ultrassom nos animais cativos. O peso, ECC e medidas de antebraço, tórax, abdômen, pescoço, fêmur, tíbia, úmero, RI e ICC2 foram maiores nos animais de cativeiro. O peso correlacionou-se com todas as análises, exceto com a espessura da gordura subcutânea. Já o ECC teve correlação moderada a forte com o peso, RI, ICC2 e as circunferências do tórax e abdômen. A espessura da gordura subcutânea correlacionou-se com o ECC. Os tamanduás-bandeira selvagens apresentaram condição corporal moderada e os cativos variaram de magros a obesos, com acúmulo de gordura significativo na região do flanco e quadris. O ECC sugerido para a espécie pode ser considerado um método adequado de avaliação da sua condição nutricional.

Palavras-chave: nutrição, obesidade, Pilosa, zoológico

Introdução

Os tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) são mamíferos pertencentes à ordem Pilosa, composta por diferentes espécies de tamanduás e preguiças. A classificação de risco da espécie é “vulnerável” de acordo com a *International Union for Conservation of Nature* (IUCN). O seu declínio populacional ocorre devido principalmente a pressões antropogênicas, pela destruição do seu habitat, incêndios, inundações, atropelamentos e caça (Miranda et al., 2014; Barragán-Ruiz et al., 2021). Dessa forma, estratégias multidisciplinares, tanto no ambiente natural como para a manutenção de uma população cativa sustentável, são necessárias para a conservação da espécie (Miranda, 2012; Knott et al., 2013; Arenales et al., 2020). Entretanto, apesar da importância da manutenção de tamanduás-bandeira em cativeiro formando uma população viável *ex situ*, o manejo e reprodução desses animais ainda enfrentam inúmeros desafios (Knott et al., 2013; Miranda et al., 2014).

A alta especialização alimentar associada ao baixo metabolismo dos tamanduás-bandeira historicamente representam desvantagens nos esforços de desenvolvimento de uma dieta adequada para os animais sob cuidados humanos (Morford et al., 2003; Stahl et al., 2012; Clark et al., 2016). Na natureza, se alimentam de insetos como cupins e formigas, o que dificulta a replicação nas dietas em cativeiro. Assim, diversas formulações são utilizadas para a alimentação desses animais no mundo, com resultados tanto satisfatórios, como insatisfatórios, culminando em desnutrição ou obesidade (Morford et al., 2003; Stahl et al., 2012; Aguillar et al., 2015; Gull et al., 2015; Clark et al., 2016; Nofs et al., 2018; Steinecker-Quast et al., 2023). Em zoológicos, a obesidade representa um grave problema de manejo e de saúde para a espécie (Bray et al., 2001; Clark et al., 2016; Schiffmann et al., 2017) .

A condição física dos animais é influenciada por uma variedade de fatores individuais e ambientais, como a disponibilidade e qualidade de alimento, sazonalidade, uso de habitat, abundância populacional, relações intra e interespecíficas, capacidade adaptativa e prevalência de doenças, influenciando sua performance e sobrevivência (Jakob et al., 1996; Woodward et al., 2005; Pitt et al., 2006; Labocha et al., 2012). A avaliação da condição corporal é usada para estimar o estado nutricional dos animais e, conseqüentemente, seu sucesso no meio, de forma não invasiva (Woodward et al., 2005; Labocha et al., 2012; Schiffmann et al., 2017). Diferentes técnicas de avaliação para estimar o estado nutricional e composição adiposa ou muscular dos animais foram desenvolvidas. A pesagem dos animais (massa corporal) e a classificação visual, por meio de escores de condição corporal (ECC), são os métodos indiretos mais difundidos devido à facilidade e repetibilidade de aplicação (Burkholder, 2000; Pitt et al., 2006). Além deles, métodos mais específicos podem estimar de forma direta ou indireta a condição corporal, como biometria, ultrassonografia e cálculos de índices de massa corporal (Burkholder, 2000; Pitt et al., 2006; Ferro et al., 2024).

Para tamanduás-bandeira, foi desenvolvida uma escala de condição corporal com o intuito de identificar variações na condição física desses animais, principalmente em cativeiro. Identificou-se uma variação importante do peso desses animais em comparação com seus pares em vida livre. Entretanto, essa diferença não se refletiu na comparação do ECC (Clark et al., 2016). Dessa forma, levantou-se a hipótese de um maior crescimento dos tamanduás cativos devido à constante oferta de alimento e menor pressão ambiental a que esses animais são submetidos em comparação aos animais selvagens, cuja qualidade e densidade alimentar dependem de uma variedade de fatores externos e individuais (Stahl et al., 2012; Clark et al., 2016). Contudo, relata-se frequentemente a ocorrência de obesidade e doenças potencialmente relacionadas à nutrição nos animais de zoológicos

(Miranda, 2014; Aguillar et al., 2015; Clark et al., 2016; Agnew et al., 2018; Arenales et al., 2020).

Considerando a importância da avaliação da condição corporal de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) para adequado manejo nutricional e conservação da espécie, objetivou-se no estudo avaliar a aplicabilidade e a confiabilidade do escore de condição corporal obtido por visualização e palpação de pontos referenciais, além de medidas morfométricas, em estimar o nível de acúmulo de gordura corporal nesses animais, associando-os à espessura da gordura subcutânea, mensurada de forma não invasiva por ultrassom. Paralelamente, buscou-se comparar o ECC e biometria entre os animais de vida livre e mantidos sob cuidados humanos. As hipóteses foram as seguintes: o ECC usado na atualidade para tamanduás é fidedigno e se correlaciona à gordura subcutânea e biometria; existem diferenças biométricas e de escore corporal entre animais de vida livre e cativos.

Material e métodos

Autorizações e grupos de estudo

Este estudo foi realizado de acordo com protocolos éticos de uso de animais em pesquisa (Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA – Botucatu), autorização 0228/2021) e em conformidade com a legislação ambiental brasileira (Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO), autorização número 78586-2).

Foram avaliados 42 tamanduás-bandeira, sendo 20 animais de vida livre e 22 mantidos em zoológicos, acima de 25 kg, sem distinção de sexo, durante as capturas realizadas no monitoramento populacional do Projeto Bandeiras e Rodovias (ICAS, Campo Grande/MS) e avaliação clínica preventiva em zoológicos do estado de São Paulo, respectivamente.

Os dados biométricos, avaliação de saúde e medidas ultrassonográficas dos animais foram colhidos sob anestesia. Para o procedimento, todos os animais receberam butorfanol (0,1 mg/kg IM), detomidina (0,1 mg/kg IM) e midazolam (0,2 mg/kg IM) via seringa ou dardo anestésico. Ao final das coletas e avaliação clínica, foram aplicados naloxona (0,02 mg/kg IM), ioimbina (0,125 mg/kg IM) e flumazenil (0,1 mg/kg IM) a fim de reverter os sedativos.

Pesagem e mensuração biométrica

Determinou-se o ECC dos animais de acordo com o sugerido por (Clark et al., 2016) por meio de avaliação visual e palpação de pontos de referência no pescoço, ombro e quadris (Tabela 1). Posteriormente, os tamanduás foram pesados em balança digital, coletando-se as medidas biométricas com uma fita de medição (cm). As mensurações realizadas estão descritas na Tabela 2. Foram calculados dois índices de condição corporal: o *ratio index* (RI), calculado pela razão do peso (kg) e o comprimento do corpo (cm); e o índice de condição corporal 2 (ICC2) calculado pela razão da circunferência do abdômen (cm) e o comprimento do corpo (cm)).

Mensuração ultrassonográfica da gordura subcutânea

Os 22 animais mantidos em instituições zoológicas foram utilizados para a mensuração da espessura da gordura subcutânea e musculatura epaxial por ultrassom com um aparelho portátil (My Lab Delta, Esaote) e transdutor linear (3-13MHz), configurado no modo B (bidimensional).

A gordura subcutânea foi mensurada do subcutâneo ao perimísio em cinco regiões: flanco – entre a última costela flutuante e a crista ilíaca; lombar – na coluna lombar dorsal à altura da crista ilíaca; pelve cranial – laterocaudalmente à crista ilíaca; pelve média – na

região periacetabular; pelve caudal – cranialmente à crista do ísquio. A mensuração do músculo epaxial foi realizada cranialmente ao flanco. Para a realização do exame, foi aplicado álcool em gel nas regiões selecionadas e três mensurações foram obtidas de cada uma, em cortes transversais e longitudinais, utilizando as médias das medições para as análises. Foi realizada também uma média das medidas dos cortes longitudinais e dos transversais de todos os pontos para cada animal.

Análise estatística

A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk ($P < 0,05$). Os testes T de Student e U de Mann-Whitney foram utilizados para identificar diferenças nos resultados biométricos entre animais selvagens e cativos, e entre sexos, para os valores normais e não normais, respectivamente. Utilizou-se os testes de Pearson e de Spearman para correlacionar as medidas biométricas, medidas ultrassonográficas, peso, ECC, RI e ICC2 dos tamanduás cativos para os dados paramétricos e não paramétricos, respectivamente. As correlações foram classificadas como fracas ($r < 0,5$), moderadas ($r = 0,5 - 0,7$), fortes ($r = 0,7 - 0,9$) e muito fortes ($r > 0,9$).

Resultados

Comparação biométrica entre tamanduás selvagens e cativos

A maioria dos parâmetros avaliados apresentaram diferença entre animais de vida livre e cativeiro ($p < 0,05$), sendo os maiores valores de peso, antebraço, tórax, abdômen, pescoço, fêmur, tibia, úmero, RI e ICC2 identificados nos animais cativos. As medidas de cabeça, corpo, rádio e cernelha não foram diferentes entre os grupos. O ECC não foi diferente entre os grupos (Figura 1). Em vida livre, 100% dos animais apresentaram escore ideal (ECC 3). Sob cuidados humanos, 27.3% ($n = 6$) dos animais estavam abaixo da condição

ideal (ECC 1 a 2.5), 27.3 % (n= 6) em condição ideal (ECC 3) e 45.4 % (n = 10) acima do peso (ECC 3.5 a 5). Houve diferença entre machos e fêmeas somente para o comprimento da cabeça, sendo maior nas fêmeas (39.3 ± 1.4 cm) que nos machos (37.8 ± 2.3 cm). Os resultados de peso, medições biométricas e índices corporais dos animais de vida livre e zoológicos encontram-se descritos na Tabela 3.

Relação entre avaliação da condição corporal e medidas biométricas

Globalmente, o peso dos animais apresentou uma correlação positiva com todos os parâmetros analisados. O peso correlacionou-se positivamente muito fortemente com o RI ($\rho=0.974$; $p<0,001$); fortemente com o antebraço ($r=0.832$; $p<0.001$), úmero ($\rho=0.717$; $p<0,001$), tórax ($r=0.887$; $p<0.001$), abdômen ($r=0.822$; $p<0.001$) e fêmur ($r=0.751$; $p<0,001$); moderadamente com o ICC2 ($\rho =0.583$; $p<0.001$), corpo ($r=0.558$; $p<0.001$), pescoço ($\rho =0.581$; $p<0.001$) e tibia ($r=0.608$; $p<0.001$); e fracamente com a cabeça ($r=0.315$; $p=0.048$), rádio ($\rho=0.469$; $p=0.002$), cernelha ($\rho =0.346$; $p=0.029$) e ECC ($\rho=0.491$; $p<0.001$).

Houve uma correlação positiva moderada entre o ECC e tórax ($\rho=0.555$; $p<0.001$), abdômen ($\rho=0.561$; $p<0.001$), RI ($\rho=0.572$; $p<0,001$) e ICC2 ($\rho=0.633$; $p<0.001$). A correlação foi fraca entre o ECC e o antebraço ($\rho=0.421$; $p=0.007$) e o peso ($\rho=0.491$; $p<0.001$). Considerando separadamente os animais de cativeiro, cujo ECC apresentou variação entre os animais, o que não ocorreu com os animais de vida livre, esse parâmetro teve correlação positiva forte com o RI ($\rho=0.880$; $p<0,001$), abdômen ($\rho=0.856$; $p<0.001$), tórax ($\rho=0.791$; $p<0.001$) e peso ($\rho=0.710$; $p<0.001$); moderada com o e ICC2 ($\rho=0.677$; $p=0.001$); e fraca com o antebraço ($\rho=0.496$; $p=0.026$).

Ocorreu correlação positiva muito forte do RI com o peso ($r=0.974$; $p<0.001$) e tórax ($r=0.911$; $p<0.001$); forte com o antebraço ($r=0.844$; $p<0.001$), abdômen ($r=0.864$;

$p < 0.001$), fêmur ($r = 0.761$; $p < 0.001$) e úmero ($\rho = 0.749$; $p < 0.001$); moderada com o ICC2 ($\rho = 0.670$; $p < 0.001$), ECC ($\rho = 0.633$; $p < 0.001$), tibia ($r = 0.585$; $p < 0.001$) e pescoço ($\rho = 0.595$; $p < 0.001$); e fraca com o rádio ($\rho = 0.401$; $p = 0.012$)

O ICC2 correlacionou-se positivamente e muito fortemente com o abdômen ($\rho = 0.906$; $p < 0.001$); e moderadamente com o tórax ($\rho = 0.609$; $p < 0.001$), fêmur ($\rho = 0.630$; $p < 0.001$), úmero ($\rho = 0.598$; $p < 0.001$), peso ($\rho = 0.583$; $p < 0.001$), ECC ($\rho = 0.633$; $p < 0.001$), RI ($\rho = 0.670$; $p < 0.001$), antebraço ($\rho = 0.650$; $p < 0.001$); e fracamente com o pescoço ($\rho = 0.403$; $p = 0.015$).

Relação da gordura subcutânea e condição corporal

As medidas ultrassonográficas da espessura da gordura subcutânea e da musculatura epaxial dos tamanduás cativos estão descritas na Tabela 4, assim como as correlações dessas medidas com o ECC. Não foi observada correlação do ECC com a gordura subcutânea na região lombar e com a musculatura epaxial. Entretanto, ocorreu correlação positiva moderada do ECC com a gordura nas regiões de pelve cranial, média e caudal, flanco e média da gordura. Imagens ultrassonográficas da espessura da gordura subcutânea de animais magro, moderado e obeso encontram-se na Figura 2.

O RI correlacionou-se fracamente com ponto pélvico cranial longitudinal ($r = 0.462$; $p = 0.046$). O ICC2 apresentou correlação fraca com o ponto lombar transversal ($\rho = 0.496$; $p = 0.031$). O peso apresentou correlação fraca com a pelve média longitudinal ($r = 0.460$; $p = 0.041$).

A circunferência do tórax teve correlação positiva moderada com o flanco longitudinal ($r = 0.675$; $p = 0.003$) e transversal ($r = 0.609$; $p = 0.012$), pelve média longitudinal ($r = 0.593$; $p = 0.012$) e transversal ($r = 0.585$; $p = 0.017$); e fraca com a pelve cranial longitudinal ($r = 0.457$; $p = 0.049$) e pelve caudal longitudinal ($r = 0.490$; $p = 0.039$).

A circunferência do abdômen teve correlação positiva moderada com a lombar longitudinal ($r=0.515$; $p=0.024$) e transversal ($r=0.581$; $p=0.009$), pelve cranial longitudinal ($r=0.645$; $p=0.003$), pelve caudal longitudinal ($r=0.591$; $p=0.010$) e transversal ($r=0.562$; $p=0.019$), e flanco longitudinal ($r=0.631$; $p=0.007$) e transversal ($r=0.732$; $p=0.001$).

Discussão

Nesta pesquisa, buscou-se avaliar a correspondência de métodos visuais e biométricos na classificação da condição corporal de tamanduás-bandeira com o objetivo de avaliar seu estado nutricional em condições de vida livre e cativeiro. Foram comparados métodos por pesagem, classificação por ECC (Clark et al., 2016), medição biométrica, cálculo de índices corporais, e mensuração ultrassonográfica da gordura subcutânea, a fim de validar sua aplicação na rotina para a espécie.

Uma diferença significativa na média de massa corporal entre espécimes selvagens e criados sob cuidados humanos já foi relatada por diversos autores, sendo os tamanduás cativos mais pesados, podendo atingir até 70 kg (Morford et al., 2003; Stahl et al., 2012; Clark et al., 2016). Tal fato é corroborado por esta pesquisa, onde os tamanduás cativos foram em média 31% mais pesados que os animais capturados em vida livre, chegando a 62.8 kg. Clark et al. (2016) buscaram identificar se a diferença de peso observada em animais de vida livre e mantidos em zoológicos podia ser atribuída a um maior escore corporal (ECC) destes. Contudo, não identificaram ECC distintos nos dois grupos (Clark et al., 2016). Dessa forma, foi levantada a hipótese de um maior crescimento dos animais mantidos *ex situ*, por aceleração da taxa de crescimento ou maior expectativa de vida (Stahl et al., 2012; Clark et al., 2016). Em consonância ao identificado por Clark et al. (2016), este estudo não identificou diferenças estatísticas no ECC entre tamanduás cativos

e de vida livre, mas sim no RI, ICC2 e nas circunferências mensuradas, além de outros parâmetros. Contudo, o ECC dos animais cativos variou consideravelmente mais do que o observado nos selvagens (Figura 1), e apresentou correlação positiva com a espessura da gordura subcutânea avaliada por ultrassom (Tabela 4), índices de condição corporal (RI e ICC2) e circunferências de tórax e abdômen. Já o peso apresentou fraca correlação com o ECC. Tais fatores, associados à ausência de diferenças em medidas indicativas de tamanho corporal, como cabeça, corpo e cernelha; sugerem que os animais cativos são, de fato, mais pesados por acúmulo maior de gordura corporal. Dessa forma, critérios mensuráveis de avaliação, como medição biométrica e da espessura da gordura subcutânea são de grande valia na validação desses resultados.

Considerando os parâmetros avaliados, observou-se que os tamanduás-bandeira cativos apresentaram maior tendência à obesidade do que seus pares selvagens, o que já havia sido sugerido por outros autores (Morford et al., 2003; Stahl et al., 2012; Miranda, 2014; Gull et al., 2015). A obesidade observada em indivíduos da espécie criados sob cuidados humanos pode ser atribuída à fatores espécie-específicos e ambientais. A associação de uma baixa taxa metabólica basal, de 83 kcal ED/kg^{0.75}/dia (Stahl et al., 2012), impossibilidade de mimetização da alimentação natural, manejo nutricional inadequado e redução do exercício físico contribuem para o acúmulo de gordura indesejado nos animais cativos. O aprofundamento do conhecimento sobre as necessidades nutricionais dos tamanduás-bandeiras e o estímulo a comportamentos naturais, aplicados aos animais mantidos sob cuidados humanos, são imperativos para um melhor manejo da espécie.

O peso dos animais avaliados foi correlacionado tanto com medidas de comprimento quanto de circunferência, reforçando não apenas a influência da condição corporal, mas também do tamanho nesse parâmetro. Assim, parâmetros mais específicos para avaliar a gordura corporal são importantes na avaliação nutricional dos animais. Índices

morfométricos são recursos utilizados nessa avaliação, pois corrigem a massa corporal baseado no tamanho do animal (Jakob et al., 1996; Burkholder, 2000; Pitt et al., 2006). O RI apresentou forte correlação com as circunferências de antebraço, tórax e abdômen e moderada com o ICC2, ECC e circunferência do pescoço. Contudo, não se correlacionou significativamente com a espessura da gordura subcutânea mensurada por ultrassom. Já o ICC2 teve correlação muito forte com o abdômen e moderada com as circunferências de antebraço, tórax e ECC, porém também não se correlacionou com a gordura avaliada por ultrassom. A aplicabilidade e confiabilidade dos índices de condição corporal na avaliação da condição nutricional dos animais é bastante variável tanto entre espécies, quanto entre as medidas utilizadas nos cálculos (Jakob et al., 1996; Pitt et al., 2006; Labocha et al., 2012). Dessa forma, sugere-se novos estudos para avaliar a aplicação desses índices na avaliação da condição corporal de tamanduás-bandeira, incluindo a avaliação de diferentes índices ou pontos de medição da gordura subcutânea como forma de validação.

A mensuração nos pontos pélvicos e flanco dos animais apresentou boa correlação com o ECC, especialmente no ponto pélvico médio e flanco. Essa correlação entre flanco e pelve também foi satisfatória com as medidas de circunferência torácica e abdominal. Dessa forma, verifica-se que a região do flanco e pelve são devidamente representativas para avaliação da condição corporal de tamanduás-bandeira. Ainda, as circunferências de tórax e, principalmente, abdômen apresentam também boa correlação com outros parâmetros de avaliação de gordura e podem ser incluídos na avaliação da condição corporal de tamanduás-bandeira.

Conclusão

Os animais de cativeiro são mais pesados, com maior acúmulo de gordura principalmente em flanco e quadris, e maiores circunferências, entretanto sem diferença nas principais medidas lineares de avaliação do tamanho corporal, sugerindo que são animais que tendem ao sobrepeso e obesidade. Os tamanduás-bandeira selvagens aparentam menor variabilidade de características fenotípicas e de condição física do que os animais de zoológico, estando mais próximos da condição moderada ou ideal. O escore de condição corporal sugerido para a espécie e avaliado neste estudo apresenta boa correlação com medidas objetivas de condição física de tamanduás-bandeira, podendo ser considerado um método adequado de avaliação da condição nutricional desses animais.

Referências

- Agnew, D.; Nofs, S.; Delaney, M. A.; Rothenburger, J. L., 2018: Xenarthra, Erinacoemorpha, Some Afrotheria, and Phloiodota. In: Terio, K., D., McAloose & J. St Leger (eds.), *Pathology of Wildlife and Zoo Animals*. 1st edn. Academic Press, London, pp. 517–532.
- Aguillar, R. F.; Superina, M., 2015: Xenarthra - Edentata (Anteaters, Armadillos, Sloths). In: Miller, R. E. & Fowler, M. E (eds.), *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine*. 1st edn. Elsevier, St. Louis, pp. 355–369.
- Arenales, A.; Gardiner, C. H.; Miranda, F. R.; Dutra, K. S.; Oliveira, A. R.; Mol, J. P.; Texeira da Costa, M. EL; Tinoco, H. P.; Coelho, C. M.; Silva, R. O.; Pinto, H. A.; Hoppe, E. G.; Werther, K.; Santos, R. L., 2020: Pathology of free-ranging and captive Brazilian anteaters. *Journal of Comparative Pathology*, **180**, 55–68.

- Barragán-Ruiz, C. E.; Silva-Santos, R.; Saranholi, B. H.; Desbiez, A. L. J.; Galetti Jr, P. M., 2021: Moderate genetic diversity and demographic reduction in the threatened Giant Anteater, *Myrmecophaga tridactyla*. *Frontiers in Genetics*, **12**, 669350.
- Bray, R. E.; Edwards, M. S., 2001: Application of existing domestic animal condition scoring systems for captive (zoo) animals. *Proceedings of the Fourth Conference on Zoo and Wildlife Nutrition*. AZA Nutrition Advisory Group, Lake Buena Vista - FL.
- Burkholder, W. J., 2000: Use of body condition scores in clinical assessment of the provision of optimal nutrition. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, **217**, 650–654.
- Clark, A.; Silva-Fletcher, A.; Fox, M.; Kreuzer, M.; Clauss, M., 2016: Survey of feeding practices, body condition and faeces consistency in captive ant-eating mammals in the UK. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, **4**, 183–195.
- Ferro, B. S.; da Silva, J. P.; Testa, C. A. P., Corrêa de Camargo, G.; Ichikawa, R. S.; Beltrán Urrego, A. C.; Guimarães-Okamoto, P. T. C.; Mamprim, M. J.; Melchert, A., 2024. Combined use of body condition score, radiography, ultrasonography and computed tomography in body condition evaluation of crab-eating fox (*Cerdocyon thous*). *Veterinary Research Communications*, **48**, 695-703.
- Gull, J. M.; Stahl, M.; Osmann, C.; Ortmann, S.; Kreuzer, M.; Hatt, J. M.; Clauss, M., 2015: Digestive physiology of captive giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*): determinants of faecal dry matter content. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **99**, 565–576.
- Jakob, E. M.; Marshall, S. D.; Uetz, G. W., 1996: Estimating fitness: A comparison of body condition indices. *Oikos*, **77**, 61–67.
- Knott, K. K.; Roberts, B. M.; Maly, M. A.; Vance, C. K.; Debechaump, J.; Majors, J.; Riger, P.; Decaluwe, H.; Kouba, A. J., 2013: Fecal estrogen, progestagen and

-
- glucocorticoid metabolites during the estrous cycle and pregnancy in the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*): evidence for delayed implantation. *Reproductive Biology and Endocrinology*, **11**, 83.
- Labocha, M. K.; Hayes, J. P., 2012: Morphometric indices of body condition in birds: a review. *Journal of Ornithology*, **153**, 1–22.
- Miranda, F., 2012: *Manutenção de Tamanduás em Cativeiro*. Cubo, São Carlos.
- Miranda, F.; Bertassoni, A.; Abba, A. M., 2014: *Myrmecophaga tridactyla* (Giant Anteater). *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T14224A47441961.
- Miranda, F. R., 2014: Cingulata (Tatus) e Pilosa (Preguiças e Tamanduás). In: Cubas, Z., J. C. Silva & J. L. Catão-Dias (eds.), *Tratado de Animais Selvagens*. 2nd edn. Roca, São Paulo.
- Morford, S.; Meyers, M. A., 2003: Giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) health care survey. *Edentata*, 5–20.
- Nofs, S. A.; Dierenfeld, E. S.; Backus, R. C., 2018: Effect of increasing taurine and methionine supplementation on urinary taurine excretion in a model insectivore, the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **102**, e316–e325.
- Pitt, J.; Larivière, S.; Messier, F., 2006: Condition indices and bioelectrical impedance analysis to predict body condition of small carnivores. *Journal of Mammalogy*, **87**, 717–722.
- Schiffmann, C.; Clauss, M.; Hoby, S.; Hatt, J. M., 2017: Visual body condition scoring in zoo animals - composite, algorithm and overview approaches in captive Asian and African elephants. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, **5**, 1–10.
- Stahl, M.; Osmann, C.; Ortmann, S.; Kreuzer, M.; Hatt, J. M.; Clauss, M., 2012: Energy intake for maintenance in a mammal with a low basal metabolism, the giant anteater

(*Myrmecophaga tridactyla*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **96**, 818–824.

Steinecker-Quast, J.; Osmann, C.; Liesegang, A., 2023: Survey of the feeding management of giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) and tamanduas (*Tamandua tetradactyla*) in the EAZA *ex-situ* programme. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **108**, 1–9.

Woodward, G.; Ebenman, B.; Emmerson, M.; Montoya, J. M.; Olesen, J. M.; Valido, A.; Warren, P. H., 2005: Body size in ecological networks. *Trends in Ecology & Evolution*, **20**, 402–409.

TABELAS

TABELA 1. Escore de condição corporal aplicado a tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) de acordo com Clark et al. (2016).

ECC	Definição	Descrição
1	Caquético	Sem dobras no pescoço, escápula, quadril e ossos pélvicos proeminentes
2	Magro	Pescoço e ombros finos, quadril e ossos pélvicos achatados
2.5	Abaixo do peso	Pescoço normal e ombros, quadris e ossos pélvicos evidentes
3	Ideal	Pescoço moderado, ombros, quadris e ossos pélvicos achatados
3.5	Acima do peso	Pescoço grosso, ombro, quadris e ossos pélvicos levemente arredondados
4	Obeso moderado	Pescoço grosso com dobras visíveis, ombros e quadris arredondados
5	Obeso grave	Pescoço grosso com dobras visíveis, ossos dos ombros não visíveis, quadris e ossos pélvicos bastante arredondados

TABELA 2. Descrição dos pontos de medição biométrica para avaliação corporal de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*).

Medida	Descrição
Cabeça	Comprimento dorsal da ponta do nariz à articulação atlanto-occipital
Corpo	Comprimento dorsal da ponta do nariz à inserção da cauda
Antebraço	Circunferência do antebraço direito no maior diâmetro
Tórax	Circunferência do tórax abaixo das axilas
Pescoço	Circunferência do pescoço no maior diâmetro
Abdômen	Circunferência do abdômen na altura do umbigo
Fêmur	Comprimento lateral do trocanter maior à articulação femorotibial
Tíbia	Comprimento lateral da articulação femorotibial à articulação tibiotársica
Úmero	Comprimento lateral da articulação glenoumeral ao olecrano
Rádio	Comprimento lateral do olecrano ao carpo
Cernelha	Altura entre a escápula e o limite da mão com o membro estendido

TABELA 3. Média, desvio padrão e valores mínimos e máximos de peso, medidas biométricas e índices de condição corporal (RI e ICC2) de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) de vida livre (n = 20) e mantidos sob cuidados humanos (n = 22).

Parâmetro	Vida livre		Zoológicos	
	Média ± DP	Mín - Máx	Média ± DP	Mín - Máx
Peso	33.3 ± 4.6 ^b	25.0 – 45.3	42.7 ± 7.3 ^a	32.7 – 62.8
Cabeça	38.8 ± 2.4	31.5 – 42.0	38.7 ± 1.2	36.0 – 41.0
Corpo	125.0 ± 7.4	109 - 136	126 ± 5.5	115.0 – 133.0
Antebraço	32.6 ± 2.2 ^b	29.0 – 32.0	38.6 ± 3.3 ^a	32.0 – 48.0
Tórax	64.4 ± 3.8 ^b	58.0 – 75.5	73.6 ± 5.3 ^a	62.0 – 86.5
Pescoço	39.5 ± 3.1 ^b	34.0 – 45.0	45.4 ± 3.7 ^a	34.0 – 49.5
Abdômen	69.3 ± 6.1 ^b	59.0 – 82.0	84.3 ± 9.6 ^a	69.0 – 107.0
Fêmur	21.7 ± 1.6 ^b	19.0 – 25.0	27.3 ± 2.3 ^a	24.2 – 32.0
Tíbia	22.9 ± 1.6 ^b	20.5 – 27.0	24.7 ± 1.5 ^a	22.0 – 28.0
Úmero	18.9 ± 1.6 ^b	16.0 – 22.0	24.8 ± 3.5 ^a	20.0 – 36.0
Rádio	22.9 ± 1.8	20.0 – 27.0	24.0 ± 2.7	21.0 – 31.0
Cernelha	64.2 ± 3.8	57.0 – 71.0	64.6 ± 3.3	60.5 – 75.0
RI	0.27 ± 0.02 ^b	0.23 – 0.33	0.34 ± 0.05 ^a	0.28 – 0.48
ICC2	0.56 ± 0.04 ^b	0.46 – 0.64	0.67 ± 0.08 ^a	0.55 – 0.86

^{a,b} Letras sobrescritas indicam diferença estatística entre grupos (P<0.05).

TABELA 4. Média e desvio padrão das medidas ultrassonográficas de espessura da gordura subcutânea, mensurada em cinco pontos referenciais, e da musculatura epaxial, em cortes longitudinais e transversais, de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) mantidos sob cuidados humanos (N=22) correlacionados ao escore de condição corporal (ECC).

	Longitudinal (mm)		Transversal (mm)	
	Média ± DP	ρ (p)	Média ± DP	ρ (p)
G Lombar	10.2 ± 2.6	0.32 (0.146)	9.7 ± 2.3	0.34 (0.116)
G Pelve cranial	8.6 ± 3.2	0.54 (0.010)*	7.8 ± 2.9	0.45 (0.042)*
G Pelve média	5.6 ± 1.2	0.64 (0.002)*	5.4 ± 1.2	0.52 (0.022)*
G Pelve caudal	6.7 ± 1.7	0.53 (0.013)*	6.7 ± 1.9	0.56 (0.010)*
G Flanco	12.1 ± 4.8	0.56 (0.010)*	11.8 ± 5.1	0.61 (0.005)*
Média G	8.6 ± 2.1	0.52 (0.013)*	8.3 ± 2.1	0.51 (0.014)*
M Epaxial	19.1 ± 2.1	-0.18 (0.582)	20.2 ± 4.1	-0.12 (0.721)

*p < 0.05 indica correlação significativa (ρ de Spearman); G = gordura; M =

musculatura; Média G = média dos pontos de gordura.

FIGURAS

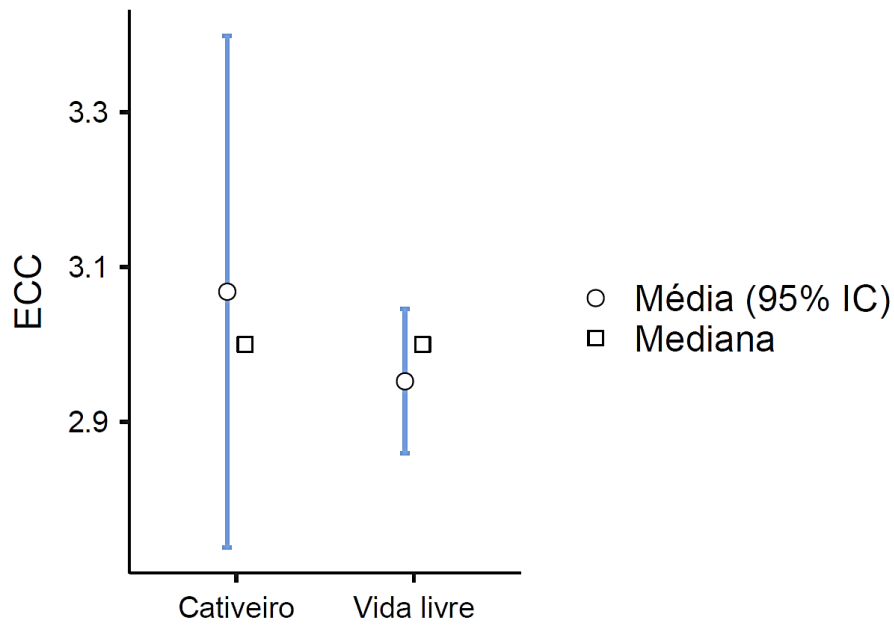


FIGURA 1. Gráfico descritivo do escore de condição corporal (ECC) de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) de cativo e vida livre. Não houve diferença estatística entre os grupos (U de Mann Whitney).

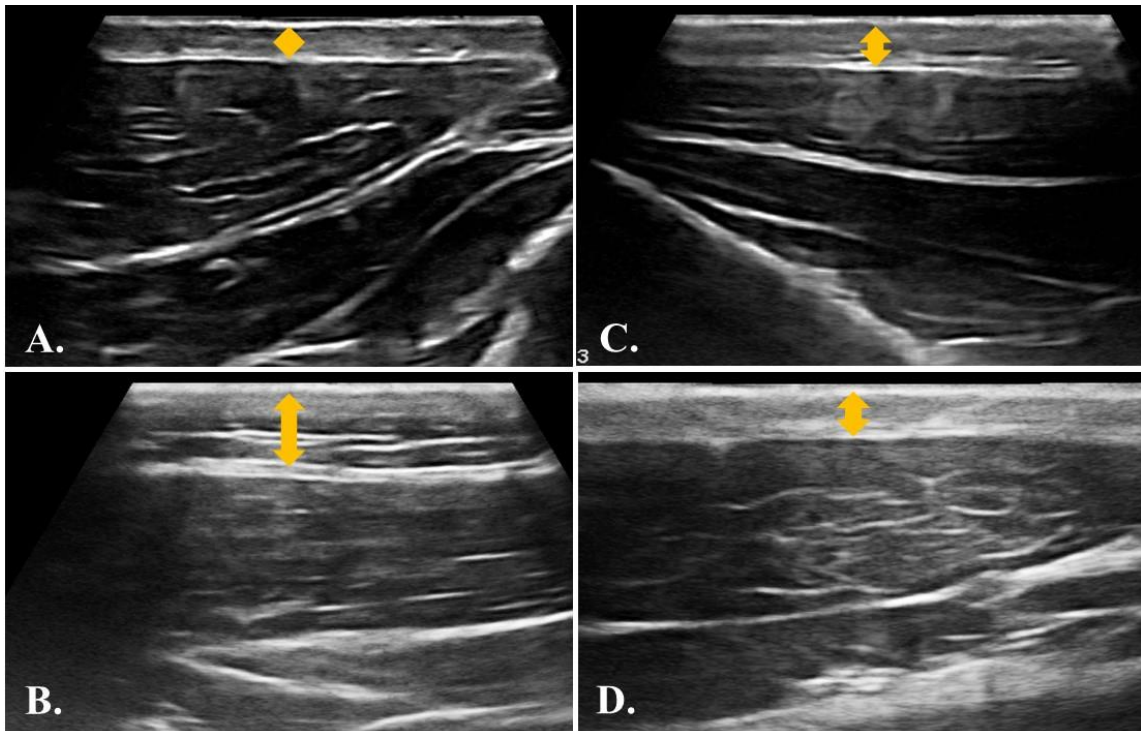


FIGURA 2. Imagens ultrassonográficas da gordura subcutânea (setas) de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*), em cortes transversais no ponto pélvico caudal, de acordo com sua condição corporal e classificação como magro (A), obeso (B) e moderado de cativo (C) e vida livre (D).

5. TRABALHO CIENTÍFICO 2

RELAÇÃO DA DIETA COM A MICROBIOTA INTESTINAL DE TAMANDUÁS-BANDEIRA (*Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758)

DIETA E MICROBIOTA INTESTINAL DE TAMANDUÁS-BANDEIRA

Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira¹, Danyele Karoline Avante Mangueira¹, Alexandre Luiz da Costa Bicudo², Débora Yogui³, Miriã Ribeiro Costa³, Arnaud Desbiez³, Carlyne Assis Engenheer Pinke Testa¹, Priscylla Tatiana Chalfun Guimarães-Okamoto¹, Ellen Sue Dierenfeld⁴, Alessandra Melchert¹

¹Departamento de Clínica Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.

²Alexandre Bicudo Diagnósticos Veterinários, Bauru, São Paulo, Brasil.

³Instituto de Conservação de Animais Silvestres – ICAS, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

⁴Zootrition – Animal Nutrition Consulting, Saint Louis, Missouri, Estados Unidos.

Reconhecimentos – Às equipes do ICAS, Zoológico de Bauru, Fundação Zoológico de São Paulo, Parque Ecológico de São Carlos e Zoobotânico de São José do Rio Preto. À MAZURI Exotic Animal Nutrition pelo financiamento de pesquisa.

Resumo

O tamanduá-bandeira (*M. tridactyla*) é uma espécie em risco de extinção cuja manutenção sob cuidados humanos enfrenta importantes desafios relacionados à formulação dietética, principalmente devido à sua alta especialização alimentar, adaptada à mirmecofagia. Apesar do crescente avanço em relação às necessidades nutricionais da espécie, problemas de saúde relacionados direta ou indiretamente à alimentação são frequentemente reportados. A estreita relação entre os microrganismos simbióticos colonizadores do trato gastrointestinal e a dieta ofertada aos animais relaciona-se também com o melhor aproveitamento de nutrientes e saúde geral do hospedeiro. Este trabalho visa descrever e comparar a composição química da ingesta de tamanduás-bandeira selvagens e as dietas oferecidas em zoológicos. Ainda, busca caracterizar e comparar a composição da microbiota intestinal entre estes grupos. A microbiota intestinal foi avaliada quanto à sua diversidade alfa e beta a partir de fezes coletadas durante contenção química dos animais. A composição química da ingesta de animais atropelados em rodovias e a dieta oferecida em instituições mantenedoras da espécie foi avaliada e comparada. Os níveis de energia bruta e extrato etéreo foram maiores em cativeiro do que em vida livre, enquanto matéria mineral, fibras em detergente neutro e ácido foram mais elevados em vida livre. Em relação à microbiota intestinal, a diversidade alfa não diferiu entre animais selvagens e cativos. Já a diversidade beta apresentou diferenças significativas. As famílias predominantes nos animais selvagens foram Ruminococcaceae, Streptococcaceae, Lachnospiraceae e Planococcaceae. Nos animais de cativeiro, foram Lachnospiraceae, Clostridiaceae 1, Lactobacillaceae e Streptococcaceae. Sugere-se que ocorra uma associação entre a oferta excessiva de gordura e deficiente em fibras aos animais alimentados artificialmente e as diferenças observadas na composição da microbiota comparada aos animais de vida livre.

Palavras-chave: nutrição, microbioma, xenarthra, zoológico

Introdução

O tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) é o maior representante da ordem Pilosa, cuja distribuição estende-se da América Central à América do Sul. A espécie sofre um importante declínio populacional atribuído majoritariamente a pressões antropogênicas, como a fragmentação de habitat, expansão urbana, construção de rodovias, atropelamentos, incêndios intencionais e caça predatória. Dessa forma, a espécie encontra-se extinta em algumas regiões de sua área de distribuição e seu risco internacional de extinção é de “vulnerável” de acordo com a *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) (Miranda et al., 2014; Barragán-Ruiz et al., 2021).

A manutenção de uma população cativa sustentável faz parte de estratégias internacionais adotadas para a conservação de espécies (Miranda, 2012; Knott et al., 2013; Arenales et al., 2020). Um importante desafio ao manejo *ex situ* de tamanduás é a sua alta especialização alimentar, sendo a dieta em vida livre composta quase exclusivamente por colônias de formigas e cupins (Morford et al., 2003; Stahl et al., 2012; Clark et al., 2016), porém o conhecimento sobre a composição exata dos nutrientes ingeridos em ambiente natural ainda é escasso (Camilo-Alves et al., 2005; Miranda, 2014). Adicionalmente, a recomendação nutricional atual de animais insetívoros de forma geral é bastante genérica (Modica et al., 2024). Dessa forma, a descrição da composição nutricional do conteúdo estomacal de tamanduás selvagens serve como auxílio para se buscar uma formulação dietética adequada para a espécie em cativeiro (Oyarzun et al., 1996; Bissell et al., 2023). A microbiota intestinal exerce um importante papel funcional para o hospedeiro, sintetizando metabólitos que regulam diretamente o eixo neuro-imune-inflamatório, e afetam sua resposta metabólica, imunológica e neuroendócrina (Hooper et al., 2001; Kho

et al., 2018; Vacca et al., 2020). Esses microrganismos simbióticos evoluíram de acordo com a dieta e filogenia do seu hospedeiro, relacionando-se, pois, com a sua especialização alimentar (Karasov et al., 2011; McKenzie et al., 2017). Mudanças nas proporções dos macronutrientes ingeridos afetam diretamente a composição da microbiota intestinal do hospedeiro, alterando os mecanismos de degradação de moléculas e de síntese de metabólitos (David et al., 2014).

Alterações na composição da microbiota intestinal já foram amplamente relacionadas à saúde geral, capacidade imunológica e bem-estar (Kersey et al., 2014; Sherwin et al., 2016; Kho et al., 2018). Os animais selvagens e cativos comumente apresentam diferenças na composição da sua microbiota intestinal, causadas potencialmente pela dieta, o que pode afetar o metabolismo do indivíduo cativo de formas ainda não completamente esclarecidas (McKenzie et al., 2017; Yan et al., 2021). A análise do microbioma intestinal apresenta importância crescente para a conservação, uma vez que respostas dessa população de microrganismos simbióticos podem definir a adaptabilidade do animal ao ambiente de cativeiro (Hauffe et al., 2019). Considerando que a diversidade microbiana intra e interespecífica pode ser influenciada também por fatores ambientais, como a localização geográfica, amostragens amplas e de diversas regiões são importantes para o entendimento real da diversidade microbiana de uma espécie (Delsuc et al., 2014). O objetivo deste trabalho é descrever a composição química da ingesta de tamanduás-bandeira selvagens e compará-la às dietas oferecidas em zoológicos, assim como de caracterizar e comparar a microbiota intestinal entre estes grupos, relacionando-os à dieta dos animais. A hipótese é a de que a composição da dieta afete a diversidade da microbiota intestinal em tamanduás-bandeira.

Material e métodos

Autorizações e grupos de estudo

Este estudo foi realizado de acordo com protocolos éticos de uso de animais em pesquisa (Comissão de Ética no Uso de Animais/ CEUA – Botucatu, autorização 0228/2021) e em conformidade com a legislação ambiental brasileira (Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade/ SISBIO, autorização número 78586-2).

Os tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) foram avaliados durante capturas realizadas pelo programa de monitoramento populacional do Projeto Bandeiras e Rodovias (ICAS, Campo Grande/MS) e avaliação clínica preventiva em instituições do estado de São Paulo (Zoológico de Bauru, Fundação Zoológico de São Paulo, Parque Ecológico de São Carlos, Zoobotânico de São José do Rio Preto e Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens/ Unesp Botucatu).

Realizou-se a pesagem, avaliação clínica e colheita de material biológico dos animais sob contenção química com butorfanol (0,1 mg/kg IM), detomidina (0,1 mg/kg IM) e midazolam (0,2 mg/kg IM), administrados por via intramuscular por meio de seringa após contenção física com puçás, ou via dardo anestésico. Ao final das coletas, foram aplicados naloxona (0,02 mg/kg IM), ioimbina (0,125 mg/kg IM) e flumazenil (0,1 mg/kg IM) para reversão dos sedativos. Para as análises foram selecionados animais acima de 25 kg, sem distinção de sexo.

Carcças de tamanduás-bandeira atropelados na região centro-oeste paulista, em bom estado de conservação, foram recolhidas por órgãos autorizados pelo Estado e necropsiadas para recuperação do conteúdo estomacal.

Análise química do conteúdo estomacal e da dieta

Para realizar uma estimativa da composição do alimento ingerido em vida livre foram coletados os conteúdos estomacais de nove tamanduás-bandeira mortos por atropelamento em rodovias da região centro-oeste paulista. O material foi acondicionado em sacos plásticos e congelado a -20 °C até a análise química. Para avaliação da composição nutricional das dietas ofertadas em cativeiro, amostras do alimento oferecido aos animais das cinco instituições participantes da pesquisa também foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas a -20 °C até a análise.

Para a análise química das dietas e conteúdos estomacais, resumidamente, as amostras foram submetidas à secagem em estufa a 55°C por 72 horas e moagem a 1mm em moinho Wiley Hammer Mill. De cada amostra, determinaram-se a matéria seca (MS), a proteína bruta (PB), a matéria mineral (MM), a fibra bruta (FB), o extrato etéreo em hidrólise ácida (EE), a fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com o estabelecido pela AOAC (1995). A energia bruta (EB) foi determinada em bomba calorimétrica.

Os dados da composição química dos conteúdos estomacais dos tamanduás atropelados foram utilizados para comparação com as dietas ofertadas em cativeiro e com o estudo de Bissell et al. (2023), sobre a composição de EB, MS, MM, EE e PB da ingesta de tamanduás-bandeira de vida livre no Mato Grosso do Sul.

Colheita de fezes e análise da microbiota

As fezes foram coletadas da ampola retal dos animais ou durante a defecação (fresca e sem contato com o solo) no procedimento de captura e avaliação, e armazenadas em criotubos estéreis em freezer a -20°C e, posteriormente, em nitrogênio líquido até o momento de realização da análise.

Foram selecionados 14 animais selvagens e 15 animais cativos, em boas condições de saúde, para análise da microbiota intestinal (Laboratório de Microbioma e Genômica Bacteriana, IBB, UNESP/ Botucatu – SP). A análise da microbiota foi realizada com base na comparação de sequências da região V6 do 16SrDNA (16SV6rDNA), de cada amostra, com sequências correspondentes depositadas em bancos de dados. A PCR para a amplificação do 16SV6rDNA foi realizada conforme o protocolo de Andersson et al. (2008), com modificações na temperatura de anelamento (Andersson et al., 2008). Cada um dos *primers* foi desenhado com uma sequência adaptadora específica e, no caso do par reverse, houve a adição de uma sequência *barcode* de identificação da amostra alvo da amplificação, conforme a seguir:

<i>Primer</i>	<i>Sequência</i>
1061R_A_Bc	CCATCTCATCCCTGCGTGTCTCCGACTCAG-NNNNNNNNN*- GATCRRCACGAGCTGACGAC
784F trP1	CCTCTCTATGGGCAGTCGGTGATAGGATTAGATACCCTGGTA

**barcodes*

As sequências amplificadas foram purificadas através do sistema de *beads* magnéticas AMPure XP (Beckman Coulter®) e quantificadas no aparelho Qubit 3.0 Fluorometer (Invitrogen®), com o kit de quantificação Qubit dsDNA HS Assay Kit (Invitrogen®). Em seguida, uma biblioteca numa concentração de 26 pM foi formada contendo concentrações equimolares de cada um dos amplicons. Essa biblioteca foi então submetida a uma PCR em emulsão. Ao final desta PCR, o produto da amplificação foi submetido a um processo de eliminação de resíduos de reagentes e microesferas com falhas na amplificação, de modo que, ao final do processo, se obteve uma alta concentração de microesferas com DNA em condições de ser sequenciado (ISPs enriquecidas). O DNA nas ISPs enriquecidas foi então submetido ao anelamento do primer específico para sequenciamento, e misturado com Taq Dna polymerase, sendo a

mistura carregada em um chip 314 v2-BC, que foi introduzido no sequenciador Ion PGM, previamente submetido à inicialização. A geração dos dados no servidor era acompanhada do processamento das sequências, eliminando erros do tipo quimeras de DNA, *primers*, *barcodes* e adaptadores, sendo que ao final, o servidor apresentava um relatório com informações sobre a qualidade e ocorrência do sequenciamento, consistindo em QC20, fragmentação do DNA, tamanho e número de sequências, porcentagem de carregamento do chip e ISPs, etc. Seguiu-se o preparo, organização das sequências e construção da tabela de unidades taxonômicas operacionais (OTUs). Foi feita a separação das sequências de cada amostra e pesquisa na base de dados [Silva119](#), em busca da identidade de cada OTU, com base nas sequências presentes.

Análise estatística

Testou-se a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk ($P < 0.05$). Os testes T de Student e U de Mann-Whitney foram utilizados para identificar diferenças nos resultados da análise química do conteúdo estomacal e dietas entre animais selvagens e cativos para os dados paramétricos e não paramétricos, respectivamente. Comparou-se também o resultado da análise química da ingesta dos animais desta pesquisa e de Bissell et al. (2023). Foi usado o nível de significância de 5%.

Utilizou-se as tabelas de OTUs para as análises do microbioma intestinal quanto às diversidades alfa (abundância microbiana) e beta (diversidade microbiana) pelos cálculos do índice de Shannon e de Bray-Curtis, respectivamente. A análise linear discriminante do tamanho do efeito (LEfSe) foi utilizada para diferenciar as abundâncias relativas de famílias bacterianas entre a microbiota encontrada em animais selvagens e cativos, baseado nos testes de Kruskal-Wallis e Wilcoxon.

Resultados

Peso

O peso dos animais selvagens foi menor do que dos cativos ($p < 0.001$), sendo 32.4 ± 4.7 kg e 42.9 ± 7.8 kg, respectivamente.

Análise química do alimento

Os valores relativos à composição química do alimento oferecido aos animais mantidos nas diferentes instituições do estudo e dos animais selvagens recuperados de rodovias estão descritos na Tabela 1. Houve diferença entre os valores encontrados para a composição química da ingesta de animais selvagens e as dietas oferecidas nos zoológicos, sendo os níveis de EB ($p < 0.001$) e EE ($p < 0.001$) maiores nas dietas artificiais, e MM ($p < 0.001$), FDN ($p < 0.001$) e FDA ($p < 0.001$) maiores no conteúdo estomacal. A comparação entre os valores encontrados neste estudo e de Bissell et al. (2023), sobre a composição do conteúdo estomacal de tamanduás-bandeira de vida livre do Mato Grosso do Sul, não indicou diferenças para os parâmetros analisados (EB, MS, MM, PB e EE).

Diversidade microbiana alfa e beta

Não houve diferença ($p=0.83$) entre a abundância da microbiota (diversidade alfa) de tamanduás-bandeira selvagens e cativos (Figura 1), mas sim para a composição dessa microbiota (diversidade beta) (Figuras 2, 3, 4).

Composição da microbiota intestinal

Bactérias pertencentes ao filo Bacillota (Firmicutes) foram as mais abundantes em ambos os grupos, representando em torno de 90% da composição microbiana. Entretanto, os

tamanduás cativos apresentaram uma população aproximadamente 5% menor desse grupo taxonômico. Adicionalmente, os animais cativos apresentaram abundâncias maiores de Actinomycetota (Actinobacteria), Bacteroidota (Bacteroidetes) e Pseudomonadota (Proteobacteria) (Figura 3A e 4A). Já no nível de família, nota-se nos tamanduás selvagens uma predominância de Ruminococcaceae, seguido por Streptococcaceae, Lachnospiraceae e Planococcaceae. Nos animais de cativeiro, houve maior representação de Lachnospiraceae, Clostridiaceae 1, Lactobacillaceae e Streptococcaceae (Figura 3B e 4B). Observou-se que microrganismos da família Bifidobacteriaceae não estão presentes em animais selvagens e Leuconostocaceae foram identificados em quantidades insignificantes nesse grupo, porém colonizam, em pequena proporção, animais mantidos sob cuidados humanos. Já a família Christensenellaceae esteve presente quase exclusivamente nos animais selvagens (Figura 3B e Figura 4B).

Discussão

Nesta pesquisa, avaliou-se as diferenças entre a dieta e a microbiota intestinal de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) em condições de vida livre e cativeiro, buscando compreender a relação entre os macronutrientes ingeridos e a diversidade da microbiota intestinal dos animais.

As principais diferenças observadas na análise química entre as dietas oferecidas sob cuidados humanos e o conteúdo da ingesta de tamanduás-bandeira selvagens foram as quantidades de energia (EB), gorduras (EE) e fibras insolúveis (FDN e FDA). A comparação realizada entre os resultados desta pesquisa e de Bissell et al. (2023) não indicou diferença para EB, PB, MS, MM, EE na ingesta de tamanduás-bandeira das duas regiões, interior de São Paulo e no Mato Grosso do Sul (Bissell et al., 2023). Dessa forma, podemos inferir que a composição química da alimentação natural desta espécie não sofra

interferências ambientais regionais, mantendo-se a proporção da composição nutricional em seus diversos ambientes de ocorrência.

Especial atenção deve ser dada aos resultados de gorduras. Foi observada uma grande variabilidade na concentração de EE entre os animais selvagens deste estudo. Este resultado também foi observado por Bissell et. (2023), sugerindo que a quantidade de gorduras ingeridas se dá possivelmente pela espécie e disponibilidade dos insetos, assim como seu estágio de vida, logo dependendo de fatores sazonais e ambientais (Oyarzun et al., 1996; Bissell et al., 2023). Contudo, as concentrações encontradas nos exemplares selvagens foram consideravelmente mais baixas do que o ofertado em cativeiro. A média de EE consumida pelos tamanduás cativos representa 3.12 vezes o ingerido pelos animais em vida livre. Um estudo que avaliou o manejo nutricional de tamanduás mantidos em diferentes instituições demonstrou que é oferecido em média 11% de gordura e 31.6% de proteína nas rações e 9.5% de gordura e 23.2% de proteína nas misturas caseiras (Steinecker-Quast et al., 2023). Assim, verifica-se que a superoferta de gordura aos animais mantidos sob cuidados humanos é generalizada e pode contribuir significativamente para a tendência ao sobrepeso destes animais, conforme corroborado pela maior massa corporal dos animais cativos deste estudo.

Adicionalmente, os valores médios de FDN e FDA das dietas estavam 50% e 77% abaixo do encontrado em animais selvagens, respectivamente, representando uma redução significativa no consumo de fibras pelos animais mantidos sob cuidados humanos. FDN e FDA são determinadas através de extração química em detergente para obtenção da concentração de fibras dietéticas insolúveis (Tian et al., 2022). Essa deficiência de polissacarídeos não digeríveis na dieta de tamanduás é observada nas formulações em diversos países (Clark et al., 2016; Leuchner et al., 2017). Em vida livre, a principal fonte de fibra na dieta desses animais é a quitina, presente no exoesqueleto dos insetos

ingeridos. A quitina é uma glicoproteína estruturalmente semelhante aos polissacarídeos, desempenhando funções orgânicas compatíveis com as fibras insolúveis, inclusive servindo de substrato para a fermentação microbiana no trato gastrointestinal (Leuchner et al., 2017; Ma et al., 2018). Ainda, a quitina presente no exoesqueleto dos insetos representa uma significativa porção da proteína ingerida por espécies mirmecófagas, sendo que a microbiota intestinal parece ter um papel fundamental na degradação e disponibilização desse nutriente (Delsuc et al., 2014). Sob cuidados humanos, a suplementação com quitina ou turfa é empregada com o objetivo de prover polissacarídeos não digeríveis (Gull et al., 2015; Leuchner et al., 2017), o que pode beneficiar não somente a saúde intestinal dos animais como a disponibilidade de macro e micronutrientes.

A microbiota intestinal desempenha diversas funções primordiais que beneficiam o seu hospedeiro, sendo considerado por alguns autores um novo “órgão” dentro do organismo (Ley et al., 2006; Daniel et al., 2014; Tavella et al., 2021). A ação desses microrganismos no trato gastrointestinal pode afetar significativamente o metabolismo de nutrientes como polissacarídeos, aminoácidos e micronutrientes, afetando a disponibilidade de energia e eficiência metabólica (Gill et al., 2006; Vacca et al., 2020). Esses microrganismos simbióticos evoluíram de acordo com a dieta e filogenia do seu hospedeiro, relacionando-se, pois, com a sua especialização alimentar (Karasov et al., 2011; McKenzie et al., 2017). Dessa forma, a composição e função da microbiota intestinal de mamíferos correlaciona-se com os hábitos alimentares da espécie, diferindo por exemplo entre animais carnívoros, onívoros e herbívoros (Ley et al., 2008; Delsuc et al., 2014; McKenzie et al., 2017).

Apesar de não existirem diferenças na diversidade alfa bacteriana entre tamanduás-bandeira cativos e selvagens, houve diferença para a composição da microbiota (diversidade beta) entre estes grupos. Um amplo estudo que avaliou o microbioma

intestinal de diversos mamíferos também não observou diferenças na riqueza de microrganismos (diversidade alfa) entre mirmecofagídeos, mas sim na diversidade beta entre animais selvagens e cativos de diversas espécies, incluindo os tamanduás-bandeira (McKenzie et al., 2017). Essas diferenças são mais pronunciadas em animais que apresentam uma dieta em cativeiro marcadamente diversa do disponível naturalmente, como os mamíferos mirmecófagos (Delsuc et al., 2014; McKenzie et al., 2017). A capacidade de alguns táxons compostos na microbiota intestinal de fermentar polissacarídeos não digeríveis e outras fibras pode ser essencial para a disponibilidade de energia, proteínas e micronutrientes, como vitaminas, em animais que se alimentam exclusivamente de insetos, ricos em quitina, como os tamanduás-bandeira (McKenzie et al., 2017; Amin et al., 2024).

A microbiota intestinal dos mamíferos é reconhecidamente colonizada principalmente pelos filos Bacillota, Bacteroidota, Pseudomonadota e Mycoplasmatota, em proporções que dependem da filogenia e dieta do hospedeiro (Delsuc et al., 2014; McKenzie et al., 2017). Os principais filos identificados na análise do microbioma intestinal dos tamanduás-bandeira deste estudo foram, em ordem de abundância, o Bacillota, Actinomycetota e Bacteroidota. Observa-se uma predominância do filo Bacillota em ambos os grupos avaliados, selvagens e cativos, representando aproximadamente 90% de abundância relativa. Já o segundo filo mais abundante nos tamanduás-bandeira, o Actinomycetota, foi 3.3 vezes mais representado nos animais cativos comparado aos selvagens, e o terceiro mais abundante, Bacteroidota, 2.2 vezes. Delsuc et al. (2014) identificaram em xenartros abundâncias relativas diferentes das observadas no presente estudo, com predomínio do filo Pseudomonadota, especialmente em tamanduás, enquanto Bacillota eram mais predominantes em animais carnívoros (Delsuc et al., 2014). Já Amin et al. (2024) observaram predominância de Bacillota e Bacteroidota em tamanduás-mirins

(*Tamandua tetradactyla*) cativos, identificando também a presença dos filos Pseudomonadota, Actinomycetota e Spirochaetota (Amin et al., 2024). Em pangolins (*Manis javanica*), os principais filos são Bacteroidota, Pseudomonadota e Bacillota (Ma et al., 2018). Sugere-se que há uma convergência clara na composição da microbiota intestinal de animais que apresentam a mesma especialização alimentar, como os mamíferos mirmecófagos (Delsuc et al., 2014). Dessa forma, é esperado que a composição da microbiota destes animais seja relativamente consistente mesmo sob diferentes condições de vida (Amin et al., 2024). Em animais de vida livre, as alterações na microbiota intestinal podem ser ocasionadas tanto pela diversidade da dieta quanto pela microbiota ambiental e das presas (Köhler et al., 2012; Delsuc et al., 2014). Ainda, inversões na abundância relativa entre esses grupos podem depender do ambiente, da localização do animal e da dieta (Delsuc et al., 2014; Ma et al., 2018). Dentre esses fatores, a dieta reconhecidamente correlaciona-se fortemente com a composição da microbiota intestinal (David et al., 2014; Binda et al., 2018).

A relação de simbiose entre a microbiota residente e espécies mirmecófagas, como tamanduás, equidnas e pangolins, revela importantes adaptações nutricionais como, por exemplo, o melhor aproveitamento da quitina presente no exoesqueleto de formigas e cupins (Cheng et al., 2023). A microbiota intestinal de pangolins (*Manis javanica*), por exemplo, está envolvida no metabolismo de carboidratos, aminoácidos, vitaminas, nucleotídeos, lipídeos, glicanos e xenobióticos. Enzimas degradadoras de quitinas foram identificadas no intestino, sugerindo também um papel da microbiota na digestão de insetos (Ma et al., 2018).

As fibras são classificadas majoritariamente com base na sua solubilidade em água, dividindo-se em fibras solúveis, que incluem a inulina, β -glucanos, fruto-oligossacarídeos (FOS), pectina, mucilagem e gomas; e fibras insolúveis, como a celulose, hemicelulose,

lignina e quitina (Tian et al., 2022). A quitina é um polissacarídeo estrutural, não amiláceo, constituído de uma cadeia longa de N-acetilglicosamina e está presente na parede celular de fungos (Tian et al., 2022) e exoesqueleto de insetos (Ma et al., 2018; Chen et al., 2023; Leuchner et al., 2023). O tipo de fibra presente na dieta influencia diretamente na composição da população microbiana fermentadora no trato gastrointestinal devido à especialização enzimática dos microrganismos (Binda et al., 2018; Deehan et al., 2020; Fu et al., 2022; Tan et al., 2023). Uma dieta rica em fibras insolúveis aumenta a razão Bacillota: Bacteroidota (Hao et al., 2022; Jackson et al., 2024). Já o filo Actinomycetota correlaciona-se positivamente com a presença de fibras solúveis na dieta (Binda et al., 2018; Tan et al., 2023). É importante observar que, enquanto o filo Bacillota correlaciona-se com parâmetros que indicam melhor saúde intestinal, o aumento de Bacteroidota a Actinomycetota é relacionado a processos inflamatórios (Hao et al., 2022; Wan et al., 2022). Dessa forma, o aumento de Actinomycetota e Bacteroidota em detrimento ao Bacillota, observado nos animais cativos, pode indicar uma maior atividade de bactérias fermentadoras de fibras solúveis, além de um prejuízo à saúde intestinal dos tamanduás.

Uma dieta rica em gorduras e proteínas impacta negativamente na composição e metabolismo da microbiota do hospedeiro (David et al., 2014; Binda et al., 2018). O excesso de gorduras desencadeia maior secreção de ácidos biliares, o que parece favorecer o desenvolvimento de táxons resistentes à bile. Esse aumento de gordura e secreção biliar desencadeia o aumento da produção de ácido deoxicólico pela microbiota. Esse metabólito é capaz de inibir o crescimento de Bacillota (Firmicutes) e Bacteroidota (Bacteroidetes) no intestino (David et al., 2014). Ainda, foi previamente observado que a razão de Bacteroidota:Bacillota aumenta em dietas restritas em gorduras e carboidratos (Ley et al., 2006). Já Actinomycetota é correlacionado positivamente com uma dieta rica

em gorduras (Binda et al., 2018). Este efeito supramencionado do excesso de gordura sobre a microbiota sugere que a dieta rica em EE oferecida aos animais cativos pode impactar a abundância de Bacillota nesses animais, que apresentaram valores ligeiramente inferiores aos selvagens, e beneficiar principalmente bactérias do filo Actinomycetota (Ley et al., 2006; Binda et al., 2018).

Nos animais de vida livre, foi observada uma maior abundância de bactérias da família Ruminococcaceae (18.7%), seguida por Streptococcaceae (15.6%) e Lachnospiraceae (14.8%). Nota-se que a família Christensenellaceae está presente quase exclusivamente nos animais selvagens (3.8%). Já para os animais mantidos sob cuidados humanos, houve predominância das famílias Lachnospiraceae (14.8%), Clostridiaceae 1 (13.3%), Lactobacillaceae (13%) e Streptococcaceae (12.5%). Os microrganismos das famílias Bacillaceae, Bifidobacteriaceae e Leuconostocaceae estão presentes em baixa abundância em animais cativos, e não estão presentes em animais selvagens ou estão em quantidades insignificantes.

Dentre as diferenças observadas, a mais significativa é a redução expressiva de Ruminococcaceae nos animais cativos (4.1%) comparados à vida livre (18.7%). A dieta pode impactar nessa inversão dos táxons que compõem a microbiota intestinal e na atividade microbiana (Daniel et al., 2014). A família Ruminococcaceae participa do metabolismo de fibras insolúveis e é uma importante produtora de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente o butirato. Esses ácidos graxos de cadeia curta são moléculas chave para a homeostase metabólica e imunológica do hospedeiro, possuindo propriedades anti-inflamatórias e imunomoduladoras (Vacca et al., 2020; Tavella et al., 2021; Wu et al., 2021). O butirato, especialmente, é considerado anti-carcinogênico e anti-inflamatório (Deehan et al., 2020). Ainda, devido à sua capacidade fermentativa, os ruminococos

umentam a disponibilidade energética de polissacarídeos não digeríveis para o animal (Vacca et al., 2020; Tavella et al., 2021; Wu et al., 2021).

Uma dieta rica em gorduras, como a observada em cativeiro, reduz a abundância relativa de Ruminococcaceae e eleva a de Rikenellaceae, Lactobacillaceae e Bifidobacteriaceae (Binda et al., 2018; Wu et al., 2021; Tan et al., 2023). Ainda, distúrbios gastrointestinais também desencadeiam redução de Ruminococcaceae, predominando Erysipelotrichaceae, Lachnospiraceae e Streptococcaceae (Wu et al., 2021). A importância da manutenção de uma proporção maior de Ruminococcaceae no intestino foi observada ao passo que o aumento da abundância desta família no trato gastrointestinal foi um preditor de bom prognóstico em pacientes com doença intestinal (Wu et al., 2021) e sua redução é comumente observada na presença dessas doenças (Binda et al., 2018; Wu et al., 2021; Hao et al., 2022; Wan et al., 2022). Associado a isso, Streptococcaceae são considerados aceleradores de distúrbios metabólicos e diabetes, e Erysipelothricaceae e Lachnospiraceae são associadas a obesidade (Wu et al., 2021). Considerando o exposto, a redução da abundância de Ruminococcaceae nos tamanduás que recebem dieta artificial pode ocorrer tanto pela superoferta de gordura, inibindo o crescimento dessas bactérias, quanto pela redução na oferta de polissacarídeos não-digeríveis na dieta desses animais, que são substrato para a fermentação desse grupo. Essa alteração pode indicar prejuízo à saúde desses animais.

Adicionalmente, nota-se uma elevação expressiva de Lactobacillaceae em animais cativos comparados aos de vida livre. Ao contrário dos ruminococos, a família Lactobacillaceae parece favorecer-se quando há excesso de gordura na dieta (Wu et al., 2021). Ainda, são bactérias que se beneficiam da maior oferta de fibras solúveis, como oligossacarídeos e inulina (Binda et al., 2018; Fu et al., 2022). Possivelmente essa maior abundância de Lactobacillaceae em tamanduás-bandeira cativos é primordialmente

relacionada à dieta, podendo existir uma associação entre o seu aumento e a composição de macronutrientes, principalmente pela proporção de gorduras e fibras. Além da relação com o metabolismo intestinal, essa elevação pode estar associada com a suplementação de prebióticos e probióticos na dieta, comumente adicionados nas rações comerciais (Wu et al., 2021; Amin et al., 2024).

Interessantemente, representantes da família Christensenellaceae estão presentes quase exclusivamente nos tamanduás-bandeira selvagens. Já foi observado que indivíduos com maior abundância desse táxon apresentaram baixos fatores de risco antropométricos, metabólicos, cardiovasculares e renais. Ainda, a abundância de Christensenellaceae é correlacionada positivamente com melhor saúde e longevidade (Tavella et al., 2021).

Os animais mantidos sob cuidados humanos eram 32.5% mais pesados que os animais selvagens. Considerando o peso médio dos animais cativos deste estudo, de 43 kg, a ingestão calórica diária baseada na manutenção estimada para a espécie, de 347 kJ (83 kcal) $\text{kg}^{0.75}/\text{dia}$ (Stahl et al., 2012), seria de aproximadamente 1400 kcal por dia por animal, representando em torno de 300g do que foi efetivamente oferecido aos animais, para uma média de 4770 kcal/kg de alimento. Adicionalmente, a média da ingestão de gorduras foi 3.12 vezes superior nos animais alimentados artificialmente do que nos selvagens. Um importante fator a ser considerado é que o trabalho de Oyarzun et al. (1996), que avaliou a composição química da ingesta de tamanduás-mirins (*Tamandua tetradactyla*) selvagens, serviu de base para a formulação de dietas para tamanduás, incluindo o tamanduá-bandeira, em diversas instituições ao longo do tempo, principalmente na América do Norte e Europa (Valdes et al., 2012). Contudo, neste trabalho observam-se diferenças significativas nos macronutrientes ingeridos por tamanduás-bandeira quando comparados aos tamanduás-mirins, que aparentemente ingerem mais calorias, proteínas e gorduras (Oyarzun et al., 1996). Assim, a utilização

dessa referência para a formulação dietética de tamanduás em geral, associada à prática comum de fornecer a mesma dieta a ambas as espécies, pode predispor ao excesso de energia e gorduras em tamanduás-bandeira. Ainda, o metabolismo de lipídeos pode ser relacionado a alguns grupos componentes da microbiota intestinal. Por exemplo, *Lachnospiraceae* é associada a indivíduos com elevada gordura visceral e possui relação direta com o metabolismo de lipídios (Vacca et al., 2020; Tavella et al., 2021; Wu et al., 2021). Os *Bacteroides* também são associados à dieta rica em gorduras e proteínas (David et al., 2014; Xu et al., 2015). Em contrapartida, alguns gêneros pertencentes à família *Ruminococcaceae* são negativamente correlacionados à adiposidade corporal (Tavella et al., 2021).

Considerando a composição da microbiota intestinal dos animais cativos deste estudo, menos abundante em microrganismos considerados majoritariamente benéficos, como *Ruminococcaceae* e *Christensenellaceae*, e com predominância de outros previamente correlacionados a desordens de saúde, como *Lachnospiraceae*, *Streptococcaceae* (Wu et al., 2021), *Lactobacillaceae* e *Clostridiaceae* 1 (Wan et al., 2022), associado aos constantes relatos de desordens intestinais, principalmente culminando em diarreia, em tamanduás cativos (Morford and Meyers, 2003; Clark et al., 2016; Leuchner et al., 2017), infere-se que essa alteração na microbiota observada nos animais represente um quadro de disbiose (Deehan et al., 2020). Sugere-se a realização de estudos subsequentes para avaliar se a redução da oferta de gordura e inclusão de quitina para os tamanduás mantidos sob cuidados humanos correlaciona-se com alterações na composição da microbiota intestinal desses animais, especialmente na elevação da abundância de *Ruminococcaceae*.

Conclusão

Os tamanduás-bandeira cativos e selvagens apresentaram diferentes composições de microbiota intestinal. Aliado a isso, a dieta oferecida aos animais em instituições de manutenção difere consideravelmente do ingerido em vida livre, especialmente na oferta de maiores quantidades de energia e gordura e deficitária em fibras não digeríveis. Também os animais cativos foram consideravelmente mais pesados. Sugere-se que uma dieta pobre em fibras não-digeríveis associada a altas taxas de gordura dietética, como as dietas que são ofertadas aos tamanduás-bandeira sob cuidados humanos avaliadas neste estudo, pode desencadear alterações na microbiota intestinal, provocando disbiose nestes animais e, ainda, predispondo-os à obesidade.

Referências

- Amin, A.; Mekadim, C.; Modrackova, N.; Bolechova, P.; Mrazek, J.; Neuzil-Bunesova, V., 2024: Microbiome composition and presence of cultivable commensal groups of Southern Tamanduas (*Tamandua tetradactyla*) varies with captive conditions. *Animal Microbiome*, **6**, 21.
- Andersson, A. F.; Lindberg, M.; Jakobsson, H.; Bäckhed, F.; Nyrén, P.; Engstrand, L., 2008: Comparative analysis of human gut microbiota by barcoded pyrosequencing. *Plos One*, **3**, e2836.
- Arenales, A.; Gardiner, C. H.; Miranda, F. R.; Dutra, K. S.; Oliveira, A. R.; Mol, J. P.; Texeira da Costa, M. EL; Tinoco, H. P.; Coelho, C. M.; Silva, R. O.; Pinto, H. A.; Hoppe, E. G.; Werther, K.; Santos, R. L., 2020: Pathology of free-ranging and captive brazilian anteaters. *Journal of Comparative Pathology*, **180**, 55–68.

Barragán-Ruiz, C. E.; Silva-Santos, R.; Saranholi, B. H.; Desbiez, A. L. J.; Galetti Jr, P.

M., 2021: Moderate genetic diversity and demographic reduction in the threatened Giant Anteater, *Myrmecophaga tridactyla*. *Frontiers in Genetics*, **12**, 669350.

Binda, C.; Lopetuso, L. R.; Rizzatti, G.; Gibiino, G.; Cennamo, V.; Gasbarrini, A., 2018: Actinobacteria; A relevant minority for the maintenance of gut homeostasis. *Digestive and Liver Disease*, **50**, 421 – 428.

Bissell, H.; Alves, M. H.; Yogui, D. R.; Woc Colburn, M.; Desbiez, A. L. J., 2023: Comparison of estimated wild giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758) diets with commercial diets for insectivores: Implications for anteater health. *Animals*, **13**, 3606.

Camilo-Alves, C. de S. e P.; Mourao, G. de M., 2005: Responses of a specialized insectivorous mammal (*Myrmecophaga tridactyla*) to variation in ambient temperature. *Biotropica*, **0**, 051128134355006.

Cheng, S. C.; Liu, C. B.; Yao, X. Q.; Hu, J. Y.; Yin, T. T.; Lim, B. K.; Chen, W.; Wang, G. D.; Zhang, C. L.; Irwin, D. M.; Zhang, Z. G.; Zhang, Y. P.; Yu, L., 2023: Hologenomic insights into mammalian adaptations to myrmecophagy. *National Science Review*, **10**, nwac174.

Clark, A.; Silva-Fletcher, A.; Fox, M.; Kreuzer, M.; Clauss, M., 2016: Survey of feeding practices, body condition and faeces consistency in captive ant-eating mammals in the UK. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, **4**, 183–195.

Daniel, H.; Gholami, A. M.; Berry, D.; Desmarchelier, C.; Hahne, H.; Loh, G.; Mondot, S.; Lepage, P.; Rothballer, M.; Walker, A.; Böhm, C.; Wenning, M.; Wagner, M.; Blaut, M.; Schmitt-Kopplin, P.; Kuster, B.; Haller, D.; Clavel, T., 2014: High-fat diet alters gut microbiota physiology in mice. *The ISME Journal*, **8**, 295–308.

- David, L. A.; Maurice, C. F.; Carmody, R. N.; Gootenberg, D. B.; Button, J. E.; Wolfe, B. E.; Ling, A. V.; Devlin, A. S.; Varma, Y.; Fischbach, M. A.; Biddinger, S. B.; Dutton, R. J.; Turnbaugh, P. J., 2014: Diet rapidly and reproducibly alters the human gut microbiome. *Nature*, **505**, 559–563.
- Deehan, E. C.; Yang, C.; Perez-Munoz, M. E.; Nguyen, N. K.; Cheng, C. C.; Triador, L.; Zhang, Z.; Bakal, J. A.; Walter, J., 2020: Precision microbiome modulation with discrete dietary fiber structures directs short-chain fatty acid production. *Cell Host & Microbe*, **27**, 389–404.
- Delsuc, F.; Metcalf, J. L.; Wegener Parfrey, L.; Song, S. J.; González, A.; Knight, R., 2014: Convergence of gut microbiomes in myrmecophagous mammals. *Molecular Ecology*, **23**, 1301–1317.
- Fu, J.; Zheng, Y.; Gao, Y.; Xu, W., 2022: Dietary fiber intake and gut microbiota in human health. *Microorganisms*, **10**, 2507.
- Gill, S. R.; Pop, M.; Deboy, R. T.; Eckburg, P. B.; Turnbaugh, P. J.; Samuel, B. S.; Gordon, J. I.; Relman, D. A.; Fraser-Liggett, C. M.; Nelson, K. E., 2006: Metagenomic analysis of the human distal gut microbiome. *Science*, **312**, 1355–1359.
- Gull, J. M.; Stahl, M.; Osmann, C.; Ortmann, S.; Kreuzer, M.; Hatt, J. M.; Clauss, M., 2015: Digestive physiology of captive giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*): determinants of faecal dry matter content. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **99**, 565–576.
- Hao, Y.; Ji, Z.; Shen, Z.; Xue, Y.; Zhang, B.; Yu, D.; Liu, T.; Luo, D.; Xing, G.; Tang, J.; Hou, S.; Xie, M., 2022: Increase dietary fiber intake ameliorates cecal species-

-
- specific of short-chain fatty acids in white Pekin ducks. *Frontiers in Microbiology*, **13**, 853797.
- Hauffe, H. C.; Barelli, C., 2019: Conserve the germs: the gut microbiota and adaptive potential. *Conservation Genetics*, **20**, 19–27.
- Hooper, L. V.; Gordon, J. I., 2001: Commensal host-bacterial relationships in the gut. *Science*, **292**, 1115-1118.
- Jackson, R.; Yao, T.; Bulut, N.; Cantu-Jungles, T.; Hamaker, B. R., 2024: Protein combined with certain dietary fibers increases butyrate production in gut microbiota fermentation. *Food & Function*, **15**, 3186.
- Karasov, W. H.; Martínez Del Rio, C.; Caviedes-Vidal, E., 2011: Ecological physiology of diet and digestive systems. *Annual Review of Physiology*, **73**, 69–93.
- Kersey, D. C.; Dehnhard, M., 2014: The use of noninvasive and minimally invasive methods in endocrinology for threatened mammalian species conservation. *General and Comparative Endocrinology*, **203**, 296–306.
- Kho, Z. Y.; Lal, S. K., 2018: The human gut microbiome - A potential controller of wellness and disease. *Frontiers in Microbiology*, **9**, 18-35.
- Knott, K. K.; Roberts, B. M.; Maly, M. A.; Vance, C. K.; Debeauchamp, J.; Majors, J.; Riger, P.; Decaluwe, H.; Kouba, A. J., 2013: Fecal estrogen, progestagen and glucocorticoid metabolites during the estrous cycle and pregnancy in the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*): evidence for delayed implantation. *Reproductive Biology and Endocrinology*, **11**, 83.
- Köhler, T.; Dietrich, C.; Scheffrahn, R. H.; Brune, A., 2012: High-resolution analysis of gut environment and bacterial microbiota reveals functional compartmentation of

-
- the gut in wood-feeding higher termites (*Nasutitermes* spp.). *Applied and Environmental Microbiology*, **78**, 4691–4701.
- Leuchner, L.; Nofs, S. A.; Dierenfeld, E. S.; Horvath, P., 2017: Chitin supplementation in the diets of captive giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) for improved gastrointestinal function. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, **5**, 92–96.
- Ley, R. E.; Turnbaugh, P. J.; Klein, S.; Gordon, J. I., 2006: Microbial ecology: human gut microbes associated with obesity. *Nature*, **444**, 1022–1023.
- Ley, R. E.; Hamady, M.; Lozupone, C.; Turnbaugh, P. J.; Ramey, R. R.; Bircher, J. S.; Schlegel, M. L.; Tucker, T. A.; Schrenzel, M. D.; Knight, R.; Gordon, J. I., 2008: Evolution of mammals and their gut microbes. *Science*, **320**, 1647.
- Ma, J. E.; Jiang, H. Y.; Li, L. M.; Zhang, X. J.; Li, G. Y.; Li, H. M.; Jin, X. J.; Chen, J. P., 2018: The fecal metagenomics of Malayan pangolins identifies an extensive adaptation to myrmecophagy. *Frontiers in Microbiology*, **9**, 2793.
- McKenzie, V. J.; Song, S. J.; Delsuc, F.; Prest, T. L.; Oliverio, A. M.; Korpita, T. M.; Alexiev, A.; Amato, K. R.; Metcalf, J. L.; Kowalewski, M.; Avenant, N. L.; Link, A.; Di Fiore, A.; Seguin-Orlando, A.; Feh, C.; Orlando, L.; Mendelson, J. R.; Sanders, J.; Knight, R., 2017: The effects of captivity on the mammalian gut microbiome. *Integrative and Comparative Biology*, **57**, 690–704.
- Miranda, F.; Bertassoni, A.; Abba, A. M., 2014: *Myrmecophaga tridactyla* (Giant Anteater). *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T14224A47441961.
- Miranda, F. R., 2012: *Manutenção de Tamanduás em Cativeiro*. Cubo, São Carlos.
- Miranda, F. R., 2014: Cingulata (Tatus) e Pilosa (Preguiças e Tamanduás). In: Cubas, Z., J. C. Silva & J. L. Catão-Dias (eds.), *Tratado de Animais Selvagens*. 2nd ed. Roca, São Paulo.

- Modica, B. P.; Koutsos, E. A., 2024: Insectivore nutrition – a review of current knowledge. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, **27**, 47–69.
- Morford, S.; Meyers, M. A., 2003: Giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) health care survey. *Edentata*, 5–20.
- Oyarzun, S. E.; Crawshaw, G. J.; Valdes, E. V., 1996: Nutrition of the Tamandua: I. Nutrient composition of termites (*Nasutitermes* spp.) and stomach contents from wild tamanduas (*Tamandua tetradactyla*). *Zoo Biology*, **15**, 509–524.
- Sherwin, E.; Rea, K.; Dinan, T. G.; Cryan, J. F., 2016: A gut (microbiome) feeling about the brain. *Current Opinion in Gastroenterology*, **32**, 96–102.
- Stahl, M.; Osmann, C.; Ortmann, S.; Kreuzer, M.; Hatt, J. M.; Clauss, M., 2012: Energy intake for maintenance in a mammal with a low basal metabolism, the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **96**, 818–824.
- Steinecker-Quast, J.; Osmann, C.; Liesegang, A., 2023: Survey of the feeding management of giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) and tamanduas (*Tamandua tetradactyla*) in the EAZA *ex-situ* programme. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **suppl 1**, 1–9.
- Tan, J. K.; Macia, L.; Mackay, C. R., 2023: Dietary fiber and SCFAs in the regulation of mucosal immunity. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, **151**, 361-370.
- Tavella, T.; Rampelli, S.; Guidarelli, G.; Bazzocchi, A.; Gasperini, C.; Pujos-Guillot, E.; Comte, B.; Barone, M.; Biagi, E.; Candela, M.; Nicoletti, C.; Kadi, F.; Battista, G.; Salvioli, S.; O’Toole, P. W.; Franceschi, C.; Brigidi, P.; Turrone, S.; Santoro, A., 2021: Elevated gut microbiome abundance of *Christensenellaceae*,

-
- Porphyromonadaceae* and *Rikenellaceae* is associated with reduced visceral adipose tissue and healthier metabolic profile in Italian elderly. *Gut Microbes*, **13**, 1-19.
- Vacca, M.; Celano, G.; Calabrese, F. M.; Portincasa, P.; Gobbetti, M.; De Angelis, M., 2020: The controversial role of human gut Lachnospiraceae. *Microorganisms*, **8**, 573.
- Valdes, E. V.; Brenes Soto, A., 2012: Feeding and nutrition of anteaters. In: Miller, R. E., Fowler, M. E. (eds.). *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine*. Elsevier, St. Louis, pp. 378–383.
- Wan, J.; Zhang, Y.; He, W.; Tian, Z.; Lin, J.; Liu, Z.; Chen, M.; Han, S.; Liang, J.; Shi, Y.; Wang, X.; Zhou, L.; Co, Y.; Liu, J.; Wu, K., 2022: Gut microbiota and metabolite changes in patients with ulcerative colitis and *Clostridioides difficile* infection. *Frontiers in Microbiology*, **13**, 802823.
- Wu, Y.; Wu, Y.; Wu, H.; Wu, C.; Ji, E.; Xu, J.; Zhang, Y.; Wei, J.; Zhao, Y.; Yang, H., 2021: Systematic survey of the alteration of the faecal microbiota in rats with gastrointestinal disorder and modulation by multicomponent drugs. *Frontiers in Pharmacology*, **12**, 670335.
- Xu, Z.; Knight, R., 2015: Dietary effects on human gut microbiome diversity. *British Journal of Nutrition*, **113**, S1–S5.
- Yan, D.; Hu, D.; Li, K.; Li, B.; Zeng, X.; Chen, J.; Li, Y.; Wronski, T., 2021: Effects of chronic stress on the fecal microbiome of Malayan pangolins (*Manis javanica*) rescued from the illegal wildlife trade. *Current Microbiology*, **78**, 1017–1025.

TABELAS

TABELA 1. Composição química das dietas (N=5) oferecidas aos tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) mantidos sob cuidados humanos em cinco diferentes instituições e do conteúdo estomacal de animais em vida livre do centro-oeste paulista (N=9) e Mato Grosso do Sul (Bissell et al., 2023).

	Local	EB	MS	MM	PB	EE	FB	FDN	FDA
		kcal/kg				%			
ANIMAIS EM CATIVEIRO	ZB	4464	23.4	7.1	25.6	6.4	4.3	17.2	8.9
	ZSC	5034	20.2	6.3	30.6	11.1	5.1	24.1	10.8
	ZSP	4809	17.9	8.8	38.8	12.6	10.5	35.9	27.5
	CEMPAS	4718	90.3	8.5	34.7	10.9	10.5	44.7	24.9
	ZRP	4828	91.9	8.7	33.2	10.6	13.5	41.7	22.5
	MD	4771	48.7	7.9	32.6	10.3	8.8	32.7	18.9
	DP	206.7	38.7	1.1	4.9	2.3	3.9	11.7	8.5
ANIMAIS EM VIDA LIVRE	1	3432	38.3	69.3	15.6	1.8	8.0	74.2	70.1
	2	2664	26.7	58.4	26.3	1.3	11.0	68.6	62.9
	3	1667	29.1	56.0	24.8	1.3	13.6	65.5	58.4
	4	2842	26.5	50.9	37.4	2.7	16.0	57.5	44.5
	5	3343	18.0	38.1	37.7	7.3	14.6	42.5	35.3
	6	1278	31.8	76.4	13.3	2.7	4.2	76.8	73.5
	7	2017	34.6	62.4	23.0	5.6	8.5	69.8	64.4
	8	2016	33.4	64.7	18.2	4.5	6.5	69.7	64.7
	9	2033	27.6	34.1	37.2	2.2	22.9	58.5	45.8
	MD	2366	29.5	56.7	25.9	3.3	11.7	64.8	57.7
DP	744.5	5.9	13.9	9.6	2.1	5.7	10.5	13.0	
Bissell et al.	MD	2307	36.3	61.8	24.1	3.5	-	-	-
(2023)	DP	1200	11.3	18.8	12.2	2.2	-	-	-

ZB: Parque Zoológico Municipal de Bauru; ZSC: Parque Ecológico de São Carlos; ZSP: Parque Zoológico de São Paulo; CEMPAS: Centro de Medicina e Pesquisa de Animais Selvagens; ZRP: Zoológico Municipal de São José do Rio Preto. MD: média; DP: desvio padrão; EB: energia bruta; MS: matéria seca; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FB: fibra bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido.

FIGURAS

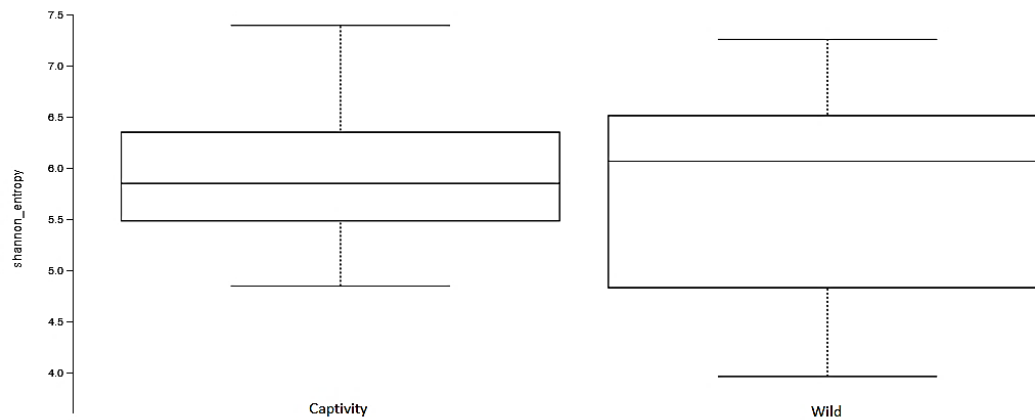


FIGURA 1. *Box plot* representando o índice de Shannon para avaliação da diversidade alfa da microbiota intestinal de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) de cativoiro (n=15) e vida livre (n=14).

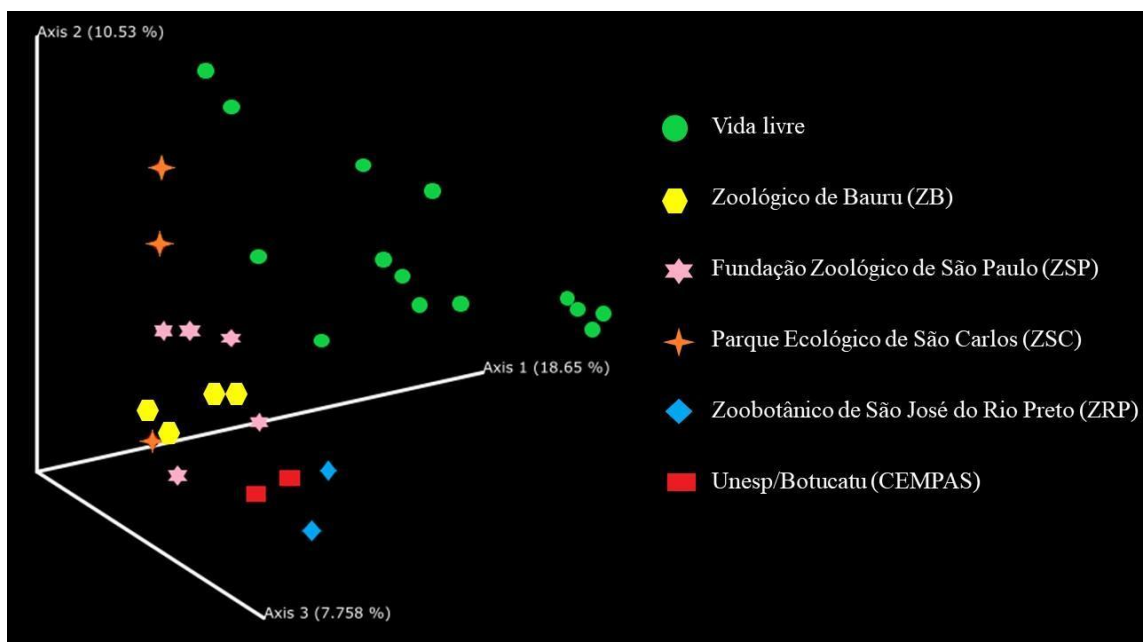


FIGURA 2. Análise de coordenadas principais (PCO) baseada no índice de Bray-Curtis da microbiota intestinal de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) de vida livre (n=14) e mantidos em zoológicos (n=15).

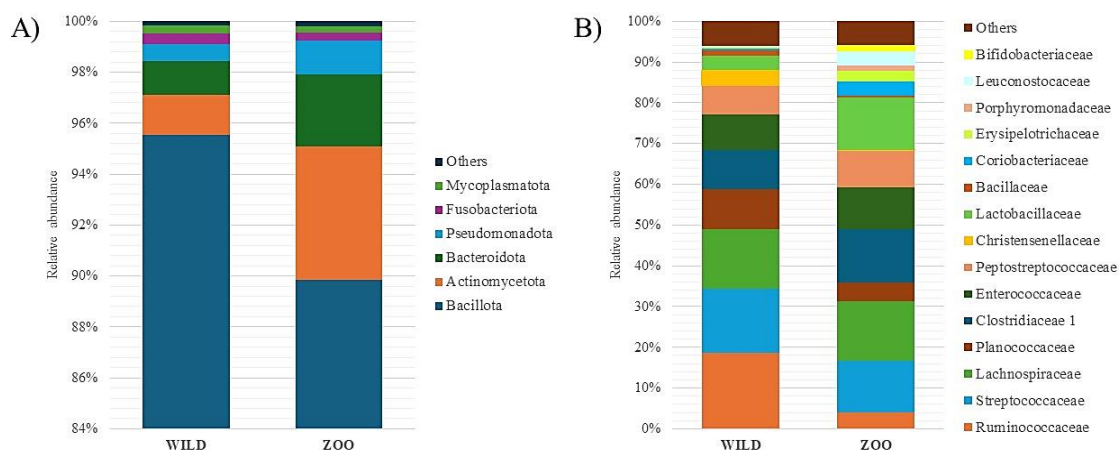


FIGURA 3. Abundância relativa das populações bacterianas presentes nas fezes de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) selvagens (n=14) e cativos (n=15) nos níveis taxonômicos de filo (A) e família (B). Grupos com abundância relativa menor que 0.1% no nível de filo e 1% em família foram agrupados como “Outros”.

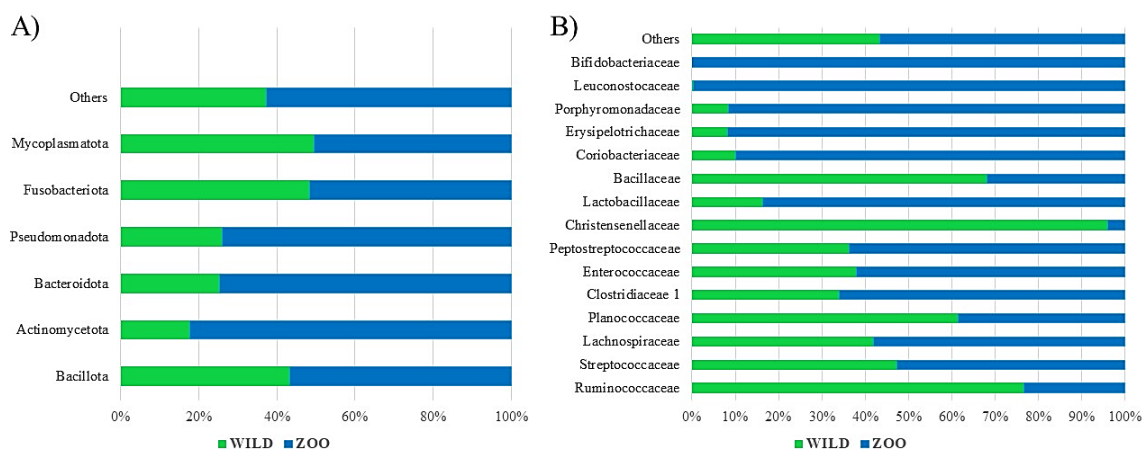


FIGURA 4. Representatividade das populações bacterianas presentes nas fezes de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) selvagens (n=14) e cativos (n=15) nos níveis taxonômicos de filo (A) e família (B). Grupos com abundância relativa menor que 0.1% no nível de filo e 1% em família foram agrupados como “Outros”.

6. TRABALHO CIENTÍFICO 3

COMPOSIÇÃO DIETÉTICA DE MACRONUTRIENTES E MINERAIS EM RELAÇÃO A PARÂMETROS FÍSICOS, HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS DE TAMANDUÁS-BANDEIRA (*Myrmecophaga tridactyla*)

DIETA RELACIONADA A PARÂMETROS SANGUÍNEOS DE TAMANDUÁS- BANDEIRA

Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira¹, Danyele Karoline Avante Mangueira¹, Alexandre Luiz da Costa Bicudo², Débora Yogui³, Miriã Ribeiro Costa³, Arnaud Desbiez³, Priscylla Tatiana Chalfun Guimarães-Okamoto¹, Carlyne Assis Eigenheer Pinke Testa⁴, Ellen Sue Dierenfeld⁵, Alessandra Melchert¹

¹Departamento de Clínica Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.

²Alexandre Bicudo Diagnósticos Veterinários, Bauru, São Paulo, Brasil.

³Instituto de Conservação de Animais Silvestres – ICAS, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

⁴Zoológico Municipal de Bauru, São Paulo, Brasil.

⁵Zootrition Animal Nutrition Consulting, Saint Louis, Missouri, Estados Unidos.

Reconhecimentos – Às equipes do ICAS, Zoológico de Bauru, Fundação Zoológico de São Paulo, Parque Ecológico de São Carlos, Zoológico de Sorocaba e Zoobotânico de

São José do Rio Preto. À MAZURI Exotic Animal Nutrition pelo financiamento de pesquisa.

Resumo

O tamanduá-bandeira é uma espécie de hábitos alimentares insetívoros, cuja manutenção sob cuidados humanos é prejudicada devido à dificuldade de reprodução da dieta e ao escasso conhecimento sobre suas necessidades nutricionais. Uma ampla variedade de doenças relacionadas à nutrição é relatada, contudo com poucas relações de causalidade confirmadas. Dessa forma, pouco se sabe sobre a relação da dieta com parâmetros clínicos para a espécie. O objetivo deste estudo é descrever os resultados hematológicos e bioquímicos de tamanduás-bandeira selvagens e cativos, correlacionando-os com a condição física e composição da dieta oferecida aos animais. Foram analisados 21 tamanduás-bandeira selvagens e 22 cativos, realizando-se pesagem, biometria, hematologia e bioquímica sérica. Analisou-se a composição química de macronutrientes e minerais de amostras das dietas oferecidas aos animais em cativeiro e dos conteúdos estomacais de 9 animais de vida livre atropelados. Comparando os resultados entre os animais selvagens e cativos, observou-se importantes diferenças de tamanho e nas análises hematológicas e bioquímicas. Ainda, a composição do conteúdo estomacal dos animais selvagens diferiu significativamente da dieta oferecida aos animais cativos. A dieta parece refletir diretamente nos parâmetros físicos e resultados laboratoriais dos tamanduás-bandeira.

Palavras-chave: nutrição, patologia clínica, pilosa, xenartra

Introdução

A superordem xenartra é composta por dezenas de espécies de tamanduás, preguiças e tatus. Curiosamente, seus representantes apresentam diferentes estratégias de uso de habitat, dieta e comportamento. As espécies pertencentes a esse táxon podem apresentar hábitos fossoriais, terrestres ou arborícolas, além de dietas classificadas como insetívoras, onívoras, folívoras, carnívoras e suas variações. Contudo, todos são animais de baixa taxa metabólica basal (Aguillar et al., 2015). O tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) é o maior representante desse grupo, alimentando-se quase exclusivamente de formigas e cupins, assim como as demais espécies de tamanduás (Miranda et al., 2014; Aguillar et al., 2015; Barragán-Ruiz et al., 2021).

Devido à essa alta especialização alimentar, um importante desafio ao manejo *ex situ* de tamanduás é a dieta inadequada, visto que o conhecimento sobre a composição exata dos nutrientes ingeridos em ambiente natural ainda é bastante escasso, associado à dificuldade de mimetização artificial da dieta (Morford et al., 2003; Camilo-Alves et al., 2005; Stahl et al., 2012; Miranda, 2014; Clark et al., 2016). Adicionalmente, os animais insetívoros de vida livre geralmente têm uma dieta mais variada do que seus pares em cativeiro (Modica et al., 2024). Consequentemente à escassez de conhecimento sobre necessidades nutricionais espécie-específicas, a recomendação nutricional de animais insetívoros de forma geral é bastante genérica (Oyarzun et al., 1996; Modica et al., 2024).

Apesar do avanço no desenvolvimento de formulações que objetivem satisfazer as necessidades nutricionais desses animais, a desnutrição e a obesidade ainda são comuns (Morford and Meyers, 2003; Stahl et al., 2012; Aguillar and Superina, 2015; Gull et al., 2015; Clark et al., 2016; Nofs et al., 2018; Steinecker-Quast et al., 2023). Ainda, afecções de saúde, como diarreia, constipação, anorexia (Agnew et al., 2018), cardiomiopatia dilatada (Agnew et al., 2018; Arenales et al., 2020), deficiência de taurina (Nofs et al.,

2018), hiperostose (Agnew et al., 2018; Arenales et al., 2020), sangramentos espontâneos (Miranda, 2012; Agnew et al., 2018), hemossiderose e hemocromatose (Arenales et al., 2020) são corriqueiramente reportados para a espécie e potencialmente causados por desbalanços nutricionais. Apesar disso, a maioria dos relatos não é capaz de identificar relação objetiva entre uma causa nutricional e a doença apresentada.

O objetivo deste estudo é descrever os resultados hematológicos e bioquímicos de tamanduás-bandeira selvagens e cativos, correlacionando-os com a condição física e composição da dieta oferecida aos animais. Ainda, visa comparar a composição química da dieta oferecida sob cuidados humanos com o conteúdo estomacal de tamanduás mortos. A hipótese é que exista diferenças nos parâmetros hematológicos, bioquímicos e na condição corporal dos tamanduás-bandeira de vida livre e os mantidos sob cuidados humanos, que se relacionam com a dieta oferecida a esses animais.

Material e métodos

Este estudo foi autorizado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária da Unesp/Botucatu (CEUA 0228/2021) e pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO 78586-2).

Foram avaliados 43 tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*), sendo 21 animais de vida livre e 22 animais mantidos em instituições do estado de São Paulo, acima de 25 kg, sem distinção de sexo, durante as capturas realizadas no monitoramento populacional do Projeto Bandeiras e Rodovias (ICAS, Campo Grande/MS) e avaliação clínica preventiva em zoológicos do estado de São Paulo, respectivamente.

Os animais foram sedados com butorfanol (0,1 mg/kg IM), detomidina (0,1 mg/kg IM) e midazolam (0,2 mg/kg IM) via seringa após contenção física com puçás, ou via dardo anestésico. Ao final das coletas e avaliação clínica, foram aplicados naloxona (0,02 mg/kg

IM), ioimbina (0,125 mg/kg IM) e flumazenil (0,1 mg/kg IM) a fim de reverter os sedativos. Todos os animais foram avaliados quanto à sua condição clínica e física e pesados em balança digital. Realizou-se também medições das circunferências torácica, abdominal e do antebraço.

Para as análises sanguíneas, colheu-se 10 ml de sangue da veia jugular ou veia cefálica. Alíquotas sanguíneas foram depositadas em tubos com anticoagulante EDTA e tubos para soro com ativador de coágulo. Uma gota de sangue foi usada para aferição da glicemia (GLU) no momento da colheita sanguínea (Accu-Check Guide Me, Roche). O sangue em EDTA foi utilizado para avaliação hematológica e o soro para mensuração bioquímica e de minerais. O hemograma foi analisado em contador hematológico (pocH-100i, Sysmex), realizando-se o diferencial de leucócitos e a conferência dos resultados em lâmina microscópica. No soro, analisou-se o nitrogênio ureico (BUN), creatinina (CRE), alaninaminotransferase (ALT), fosfatase alcalina (ALP), proteína total (PT), albumina (ALB), globulina (GLOB), cálcio (Ca), fósforo (P), sódio (Na) e potássio (K) em analisador de bioquímica seca (VetScan, Zoetis e Catalyst One, Idexx). O colesterol (CHO) foi mensurado somente nos animais cativos. O ferro (Fe), magnésio (Mg), selênio (Se) e zinco (Zn) foram analisados por espectrometria de absorção atômica (Laboratório de Bioanalítica e Metaloproteômica, IBB, UNESP, Botucatu). As relações de cálcio e fósforo (Ca:P), sódio e potássio (Na:K) e albumina e globulina (ALB:GLOB) foram calculadas.

Para comparação dos dados entre os grupos de animais cativos e de vida livre, foram selecionados apenas os animais acima de 25 kg hígdos, considerando os dados do hemograma e do exame físico que estivessem dentro dos parâmetros para a espécie (Nucci et al., 2014; Alves et al., 2023). Para as correlações dos parâmetros laboratoriais com as

dietas, foram considerados todos os animais acima de 25 kg, independentemente do estado geral de saúde.

Amostras das dietas oferecidas aos animais nas instituições de manutenção *ex situ* foram coletadas para posterior análise bromatológica. Três instituições ofereciam uma mistura caseira em forma de papa e duas instituições ofereciam uma ração indicada para tamanduás (ZooFeed Tamanduá, Quimtia®). Adicionalmente, foram coletados os conteúdos estomacais durante a necropsia de nove tamanduás-bandeira de vida livre atropelados e mortos em rodovias do Centro-Oeste Paulista para análise da composição química. Todas as carcaças encontravam-se em estado bom a razoável de conservação.

As amostras alimentares foram analisadas para determinação da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), extrato etéreo em hidrólise ácida (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) por análise química, e energia bruta (EB) em bomba calorimétrica (Laboratório de Bromatologia, FMVZ, UNESP, Botucatu). O cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), ferro (Fe), sódio (Na), potássio (K), cobre (Cu), selênio (Se) e zinco (Zn) foram mensurados por espectrometria de absorção atômica (Laboratório de Bioanalítica e Metaloproteômica, IBB, UNESP, Botucatu).

Os resultados obtidos foram testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk ($P < 0.05$). Para identificar diferenças nos resultados de peso, biometria, hematologia, bioquímica e análise química da dieta entre animais selvagens e cativos, e entre sexos, utilizou-se os testes T de Student e U de Mann-Whitney para os valores normais e não normais, respectivamente. Foram realizados os testes de Kruskal-Wallis e ANOVA, para dados não-paramétricos e paramétricos, para comparar os resultados obtidos nos exames hematológicos de acordo com a dieta dos animais, agrupando-os entre dieta Natural, Papa e Ração. Para identificar as correlações entre os macronutrientes das dietas oferecidas aos

animais cativos e seus parâmetros físicos e hematológicos realizou-se o teste de Spearman. As correlações foram classificadas como fracas ($r < 0.50$), moderadas ($r = 0.50 - 0.7$), fortes ($r = 0.7 - 0.9$) e muito fortes ($r > 0.9$). Desconsiderou-se correlações fracas dos resultados. Foi usado o nível de significância de 5%.

Resultados

Avaliação da condição física

Todas as variáveis de peso e circunferências foram diferentes entre animais selvagens e cativos ($p < 0.001$). O peso dos animais selvagens e cativos foi de 32.4 ± 4.7 kg e 42.6 ± 8.0 kg, respectivamente. Nos animais selvagens, as circunferências de tórax (64.3 ± 3.8 cm), abdômen (69.4 ± 6.1 cm) e antebraço (32.6 ± 2.2 cm) foi menor que nos animais cativos, de $74.0 \text{ cm} \pm 5.4$, $85.3 \text{ cm} \pm 10.2$ e 38.7 ± 3.5 cm, respectivamente. Dentre as correlações realizadas entre a composição da dieta e a condição física dos animais cativos, o peso correlacionou-se negativamente com a MS ($\rho = -0.567$; $p = 0.011$) e positivamente com a MM ($\rho = 0.538$; $p = 0.017$). A circunferência torácica correlacionou-se positivamente com a EB ($\rho = 0.518$; $p = 0.04$) e FB ($\rho = 0.549$; $p = 0.028$). A circunferência do antebraço correlacionou-se negativamente com a MS ($\rho = -0.520$; $p = 0.027$). O peso e as circunferências de antebraço, tórax e abdômen variaram entre os animais selvagens, de alimentação natural, e os cativos alimentados com papa ($p < 0.001$), sendo maiores nesses últimos.

Avaliação hematológica

Excluíram-se 3 animais cativos das análises comparativas entre os grupos, pois não foram considerados hígidos com base na avaliação clínica. Os resultados hematológicos dos tamanduás selvagens e cativos encontram-se descritos na Tabela 1. Hemácias ($p = 0.045$),

neutrófilos ($p= 0.016$) e monócitos ($p< 0.001$) foram maiores em cativeiro, eosinófilos ($p= 0.008$) e basófilos ($p< 0.001$), em vida livre. Não houve diferença entre sexos.

Avaliação bioquímica

Excluíram-se 3 animais cativos das análises comparativas entre os grupos, pois não foram considerados hígdidos com base na avaliação clínica. Os resultados bioquímicos encontram-se descritos na Tabela 2. As dosagens bioquímicas séricas de GLOB ($p< 0.001$), ALP ($p= 0.037$), BUN ($p< 0.001$) e Ca ($p< 0.001$) foram maiores em vida livre. Já ALB ($p< 0.001$), ALT ($p= 0.005$) e CRE ($p= 0.026$) foram maiores nos animais cativos. Houve diferença entre machos (65.8 ± 19.4 U/L) e fêmeas (82.2 ± 24.6 U/L) somente para ALT ($p= 0.039$).

Comparação entre tipo de alimento

Observaram-se diferenças nos parâmetros hematológicos e bioquímicos entre os grupos de animais selvagens e os cativos alimentados com ração ou papa (Tabela 3). Os resultados dos animais alimentados com papa diferiram dos selvagens (natural), com maiores valores de neutrófilos ($p= 0.011$), monócitos ($p< 0.001$), ALT ($p= 0.006$), ALB:GLOB ($p< 0.001$), ALB ($p< 0.001$), e menores eosinófilos ($p= 0.037$), linfócitos ($p= 0.036$), basófilos ($p= 0.022$), GLOB ($p< 0.001$), BUN:CRE ($p< 0.001$), BUN ($p< 0.001$), Ca ($p< 0.001$) e Zn ($p= 0.047$). Os alimentados com ração foram maiores que os selvagens para ALB:GLOB ($p= 0.007$), ALB ($p= 0.007$), Na ($p= 0.047$) e Zn ($p= 0.045$), e menores para GLOB ($p< 0.001$), BUN ($p= 0.015$) e Ca ($p= 0.004$). Os resultados dos alimentados com ração foi maior que com papa para o Zn ($p= 0.010$).

Análise química do alimento

Na análise da composição química do alimento oferecido aos animais mantidos em cativeiro e do conteúdo estomacal dos animais selvagens recuperados de rodovias foram identificadas diferenças para a maioria dos parâmetros analisados. Os resultados estão descritos na Tabela 4.

Correlação entre macronutrientes e parâmetros sanguíneos

A MS correlacionou-se fortemente com GLOB ($\rho = -0.715$; $p < 0.001$) e moderadamente com PT ($\rho = -0.652$; $p = 0.002$). A MM correlacionou-se moderadamente com GLOB ($\rho = 0.567$; $p = 0.011$), BUN ($\rho = 0.627$; $p = 0.004$) e CHOL ($\rho = 0.574$; $p = 0.010$). A PB correlacionou-se moderadamente com BUN ($\rho = 0.554$; $p = 0.014$) e CHOL ($\rho = 0.610$; $p = 0.006$). O EE correlacionou-se moderadamente com GLOB ($\rho = 0.580$; $p = 0.009$) e K ($\rho = 0.516$; $p = 0.024$). A FB correlacionou-se fortemente com CHOL ($\rho = 0.725$; $p < 0.001$) e moderadamente com BUN ($\rho = 0.530$; $p = 0.019$). A FDN correlacionou-se moderadamente com BUN ($\rho = 0.649$; $p = 0.003$), CHOL ($\rho = 0.619$; $p = 0.005$) e LEUC ($\rho = -0.624$; $p = 0.004$). A FDA correlacionou-se moderadamente com BUN ($\rho = 0.554$; $p = 0.014$) e CHOL ($\rho = 0.610$; $p = 0.006$).

Correlação entre micronutrientes e parâmetros sanguíneos

Algumas correlações foram identificadas entre os minerais oferecidos aos animais de cativeiro e as dosagens séricas de eletrólitos e minerais. O zinco sérico correlacionou-se com o fósforo ($\rho = 0.559$; $p = 0.013$) e relação Ca:P ($\rho = -0.581$; $p = 0.009$) dietéticos. A relação Na:K fornecida na dieta correlacionou-se fortemente com os níveis séricos de K ($\rho = 0.733$; $p < 0.001$) e relação Na:K ($\rho = -0.735$; $p < 0.001$). O fósforo da dieta

correlacionou-se moderadamente com o PT ($\rho = -0.519$; $p = 0.023$) e leucócitos ($\rho = -0.548$; $p = 0.015$).

Discussão

Nesta pesquisa, avaliou-se as diferenças entre a dieta e parâmetros físicos e hematológicos de tamanduás-bandeira em condições de vida livre e cativeiro, buscando compreender a relação entre os macro e micronutrientes ingeridos e a condição física e clínica dos animais. Foram identificadas significativas diferenças entre esses grupos para os parâmetros analisados, especialmente no referente aos parâmetros físicos, bioquímicos e na composição dietética dos alimentos analisados.

Neste estudo, houve uma significativa diferença de peso e biometria dos animais mantidos sob cuidados humanos com os animais selvagens. Conforme a análise química, os tamanduás-bandeira cativos consomem significativamente mais gordura e energia do que o identificado nos conteúdos estomacais dos animais de vida livre. Além dos tamanduás-bandeira possuírem uma energia estimada de manutenção de 347 kJ (83 kcal) $\text{kg}^{0.75}/\text{dia}$, representando 52-75% da energia requerida por cães e outros mamíferos não xenartros (Stahl et al., 2012; Leuchner et al., 2017; Bermingham et al., 2014), é recomendável prover 75% das necessidades energéticas dos animais em vida livre aos animais cativos devido à menor demanda energética (Modica et al., 2024). A não observância desses fatores pode induzir à superalimentação desses animais (Stahl et al., 2012; Modica et al., 2024). Considerando a necessidade energética estimada para a espécie, aproximadamente 300g dos alimentos oferecidos neste estudo seriam suficientes para suprir a demanda de energia dos indivíduos.

A formulação dietética de tamanduás em cativeiro foi amplamente baseada no estudo de Oyarzun et al. (1996), que avaliou a composição química da ingesta de tamanduás-mirins

selvagens (Valdes and Brenes Soto, 2012). Contudo, neste trabalho observam-se diferenças importantes na concentração de macronutrientes ingeridos por tamanduás-bandeira quando comparados aos tamanduás-mirins, cujos valores de EB, MS, PB e EE no conteúdo estomacal são maiores, e FDN e FDA menores (Oyarzun et al., 1996). Conseqüentemente, a prática comum de fornecer a mesma dieta a ambas as espécies pode gerar desbalanços nutricionais nos tamanduás-bandeira.

A média de MM oferecida aos animais cativos deste estudo representa aproximadamente 15% do ingerido por tamanduás selvagens. A alta concentração de MM observada em tamanduás-bandeira selvagens dá-se provavelmente pela grande quantidade de solo ingerida durante a apreensão de insetos (Oyarzun et al., 1996; Bissell et al., 2023; Modica et al., 2024) associada a também maior concentração de cinzas em formigas e cupins (Gull et al., 2015).

Todos os minerais mensurados neste estudo foram mais elevados nas dietas de cativeiro do que nos conteúdos estomacais, com especial atenção ao cálcio, cuja quantidade na dieta foi de, em média, 16 vezes a do conteúdo estomacal. Todavia, não houve repercussão nos níveis séricos de cálcio. Ao contrário, os tamanduás selvagens apresentaram valores ligeiramente mais elevados de cálcio sérico e mantiveram a relação de cálcio e fósforo séricos de seus pares cativos. Isto sugere que os tamanduás selvagens são capazes de manter o cálcio sérico em níveis adequados com uma ingestão de cálcio consideravelmente menor do que é ofertado em cativeiro. Ainda, mesmo com a alta concentração de cálcio na dieta, os animais cativos aparentemente foram capazes de eliminar esse excesso do organismo. Contudo, atenção deve ser dada a esse desbalanço, uma vez que o excesso de cálcio na dieta pode desencadear hipercalcemia e distúrbios do metabolismo do cálcio, sendo responsável por doenças como hiperostose e mineralização de tecidos moles (Crawshaw and Oyarzun, 1996; Arenales et al., 2020; Bissell et al.,

2023); ou mesmo distúrbios do metabolismo da vitamina K, causando hemorragias e elevação dos tempos de coagulação (Bissell et al., 2023).

Bissell et al. (2023) observaram uma relação de cálcio e fósforo no conteúdo estomacal de tamanduás atropelados consideravelmente menor, de aproximadamente 0.5, em contraste com os valores do presente estudo, em média de 1.5. Diferenças regionais, ou mesmo de faixa etária, na ingestão de cálcio ou fósforo necessitam de mais investigação. Adicionalmente, Alves et al. (2023) identificaram que os níveis de cálcio sérico dos tamanduás-bandeira selvagens eram menores do que o relatado para animais em cativeiro (Alves et al., 2023). Essas diferenças observadas nas concentrações de cálcio séricos podem ser relacionadas à amostragem, uma vez que no presente estudo foram analisados somente materiais de animais considerados adultos, ou mesmo por diferenças regionais. Dessa forma, uma maior amostragem de diferentes regiões seria ideal para melhor compreensão desse resultado bioquímico. Contudo, salienta-se que apesar da diferença observada estatisticamente, a relevância clínica da diferença observada em cativeiro e vida livre é questionável.

Foram observadas algumas diferenças no hemograma dos animais selvagens e cativos. Parte dos nutrientes ingeridos na alimentação são utilizados para a formação das células sanguíneas, logo a dieta influencia diretamente nos parâmetros hematológicos (Oliveira et al., 2017). Interessantemente, observou-se que a maioria das diferenças nos parâmetros hematológicos e bioquímicos ocorreu entre os animais selvagens e os alimentados com papa, e nem tanto com os alimentados com ração. Neste estudo, os animais selvagens apresentaram mais eosinófilos e basófilos, enquanto os cativos mais hemácias, neutrófilos e monócitos. A elevação de eosinófilos, e possivelmente de basófilos, pode ser relacionada ao maior parasitismo e resposta antigênica que animais selvagens estão expostos em comparação aos mantidos sob cuidados humanos (Thrall et al., 2012; Alves

et al., 2023). Em contrapartida, neutrofilia e monocitose podem ocorrer devido a uma resposta inflamatória ou ao efeito de corticosteroides (Thrall et al., 2012). Como não foram identificadas alterações morfológicas nos leucócitos e nem desvio à esquerda, uma elevação de corticosteroides é a causa mais provável para esse padrão nos animais cativos. Para os animais mantidos em cativeiro, este trabalho apresenta majoritariamente semelhanças com o já descrito para os valores hematológicos de tamanduás-bandeira de outras instituições. Sanches et al (2013) identificaram médias ligeiramente menores de hemácias, hemoglobina, monócitos, basófilos e eosinófilos, e maiores VCM e neutrófilos (Sanches et al., 2013). Para os animais de vida livre, um estudo realizado na Colômbia demonstrou parâmetros diferentes do observado neste estudo. Em média, os animais daquele estudo tiveram menores valores de hemácias, hemoglobina, VCM e, principalmente, hematócrito. Avaliando-se o leucograma, os eosinófilos foram consideravelmente mais elevados neste estudo do que o encontrado na Colômbia (Rojano-Bolano et al., 2014). Variações nos parâmetros hematológicos podem ser atribuídas a variações climáticas, nutricionais, de ambiente e manejo veterinário (Oliveira et al., 2017). Ainda, o próprio manejo necessário para colheita de amostras nestes animais, como a captura, contenção física e uso de fármacos podem provocar alterações no hematócrito, hemácias, plaquetas, neutrófilos, eosinófilos e linfócitos (Nucci et al., 2014). Foram identificadas diferenças de diversos parâmetros bioquímicos entre animais selvagens e cativos, inclusive comparando-se a alimentação com papa ou ração. A albumina, globulina, nitrogênio ureico e cálcio foram diferentes entre animais selvagens e cativos independentemente do tipo de alimentação oferecida aos últimos.

Os animais selvagens apresentaram menos albumina e mais globulinas. Alguns fatores podem reduzir os níveis séricos de albumina, como desnutrição, ingestão baixa de proteínas, gastroenterite, doença hepática severa e processos inflamatórios crônicos. Já a

elevação de globulinas indica uma maior produção de proteínas de fase aguda e imunoglobulinas (Oliveira et al., 2018). Todos os animais selvagens aparentavam bom estado geral de saúde e não foram identificadas alterações significativas nos demais parâmetros analisados, não sendo sugestivo de desnutrição ou alterações orgânicas. Consequentemente, é provável que a maior exposição a agentes infecciosos e parasitas pode provocar uma menor relação de albumina e globulinas especialmente nos animais selvagens (Thrall et al., 2012; Alves et al., 2023).

A BUN foi maior nos animais selvagens comparados aos cativos também independentemente da alimentação artificial oferecida. Curiosamente, não houve diferenças para os níveis de proteína bruta oferecidos nas dietas ou presente no conteúdo estomacal, mas sim para os níveis de fibras insolúveis, sendo mais elevada na alimentação dos animais selvagens. As correlações realizadas nos indivíduos cativos demonstraram uma correlação moderada e positiva entre BUN e as proteínas e fibras (FB, FDN e FDA) da dieta. A ureia é um metabólito sintetizado pelo fígado como produto final do catabolismo proteico. Dessa forma, aumentos nos níveis de ureia no sangue, por causas extra-renais, podem indicar um maior consumo de proteínas (Meuten, 2012). A principal fonte de fibra na dieta de tamanduás selvagens é a quitina, presente no exoesqueleto dos insetos ingeridos, que é uma glicoproteína estruturalmente semelhante aos polissacarídeos não digeríveis. Devido à essa característica, a quitina é substrato de fermentação pela microbiota intestinal do animal (Leuchner et al., 2017; Ma et al., 2018), degradando e disponibilizando esse nutriente que representa também uma significativa porção da proteína ingerida por espécies mirmecófagas (Delsuc et al., 2014). Adicionalmente, uma dieta pobre em fibras insolúveis e com maior disponibilização de fibras solúveis, como observado em cativeiro, proporciona uma rápida fermentação pela microbiota do intestino, reduzindo o pH de forma abrupta e prejudicando a ação de

bactérias proteolíticas (Jackson et al., 2024). Dessa forma, é possível que haja maior catabolismo proteico e, conseqüentemente níveis séricos de BUN, em resposta à maior disponibilidade de proteínas para os animais selvagens devido à capacidade de absorção do conteúdo fibroso, na forma de quitina. Demais causas para a elevação sérica de BUN, sem a elevação concomitante de creatinina, seriam febre, sepse e anorexia (Meuten, 2012), o que não parece condizer com o estado geral dos animais selvagens deste estudo. Os animais alimentados com papa tiveram ALT mais elevada que os selvagens (natural). Em cães e gatos, a elevação sérica de ALT é indicativa de morte ou injúria grave de hepatócitos, necrose muscular ou injúria de miócitos (Meuten, 2012). Além de hipóxia, inflamação, neoplasia hepática, toxinas e elevação de glicocorticóides, os distúrbios metabólicos que culminem na acumulação de lipídios nos hepatócitos podem desencadear elevação da ALT sérica (Meuten, 2012). Neste estudo, os animais alimentados com papa também tiveram maiores peso e circunferências corporais que os animais selvagens, que poderia sugerir um fator metabólico neste caso. Contudo, uma variação regional também não pode ser descartada (Oliveira et al., 2018).

A concentração de zinco sérica apresentou diferenças em todos os grupos, sendo menor nos animais cativos do que nos selvagens e ainda menor nos alimentados com papa. Contudo, verificou-se pelas análises das dietas uma concentração muito maior desse mineral do que no conteúdo estomacal. O zinco é um nutriente essencial para uma variedade de funções orgânicas, especialmente as relacionadas ao crescimento e desenvolvimento. Neste estudo, verificou-se uma correlação positiva entre o fósforo dietético e o zinco sérico. Ambos os elementos são essenciais para o metabolismo celular e para o crescimento (Kiela et al., 2016), e sua correlação pode indicar as mesmas demandas metabólicas. Possíveis causas para os menores níveis de zinco nos animais alimentados com papa seriam maiores perdas desse elemento, má absorção (ex. diarreia

e inflamação intestinal), aumento da demanda ou indisponibilidade desse nutriente, como por infecções. Ainda, paradoxalmente, a alta suplementação de zinco pode prejudicar a absorção desse nutriente, que é melhor em dietas que contém menores níveis desse elemento (Roohani et al., 2013). Outro fator a ser considerado é a sua relação com outros nutrientes, como as proteínas, que melhoram a absorção de zinco (Roohani et al., 2013) e parecem estar mais disponíveis nos tamanduás selvagens.

Conclusão

Os tamanduás-bandeira selvagens e mantidos sob cuidados humanos apresentam importantes diferenças nos parâmetros físicos, hematológicos e bioquímicos que podem ser relacionados à composição nutricional do alimento consumido. A alimentação à base de papa, principalmente, parece repercutir em maior grau nessas diferenças observadas para a maioria dos parâmetros.

Referências

- Agnew, D.; Nofs, S.; Delaney, M. A.; Rothenburger, J. L., 2018: Xenarthra, Erinacoemorpha, Some Afrotheria, and Phloiodota. In: Terio, K., D. McAloose & J. St Leger (eds.), *Pathology of Wildlife and Zoo Animals*. 1st edn. Academic Press, London, pp. 517–532.
- Aguillar, R. F.; Superina, M., 2015: Xenarthra - Edentata (Anteaters, Armadillos, Sloths). In: Miller, R. E. & Fowler, M. E (eds.), *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine*. 1st edn. Elsevier, St. Louis, pp. 355–369.
- Alves, M. H.; Kluyber, D.; Alves, A. C.; Yogui, D. R.; Pereira, F. M. A. M.; Costa, M. R.; Attias, N.; da Silva, P. M. P.; Desbiez, A. L. J., 2023: Hematology and biochemistry

-
- reference intervals in chemically immobilized free-ranging giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*). *European Journal of Wildlife Research*, **69**, 37.
- Arenales, A.; Gardiner, C. H.; Miranda, F. R.; Dutra, K. S.; Oliveira, A. R.; Mol, J. P.; Texeira da Costa, M. EL; Tinoco, H. P.; Coelho, C. M.; Silva, R. O.; Pinto, H. A.; Hoppe, E. G.; Werther, K.; Santos, R. L., 2020: Pathology of free-ranging and captive brazilian anteaters. *Journal of Comparative Pathology*, **180**, 55–68.
- Barragán-Ruiz, C. E.; Silva-Santos, R.; Saranholi, B. H.; Desbiez, A. L. J.; Galetti Jr, P. M., 2021: Moderate genetic diversity and demographic reduction in the threatened Giant Anteater, *Myrmecophaga tridactyla*. *Frontiers in Genetics*, **12**, 669350.
- Bermingham, E. N.; Thomas, D. G.; Cave, N. J.; Morris, P. J.; Butterwick, R. F.; German, A. J., 2014: Energy requirements of adult dogs: a meta-analysis. *PLOS One*, **9**, e109681.
- Bissell, H.; Alves, M. H.; Yogui, D. R.; Woc Colburn, M.; Desbiez, A. L. J., 2023: Comparison of estimated wild giant anteater (*Myrmecopahaga tridactyla* Linnaeus, 1758) diets with commercial diets for insectivores: Implications for anteater health. *Animals*, **13**, 3606.
- Camilo-Alves, C. de S. e P.; Mourao, G. de M., 2005: Responses of a specialized insectivorous mammal (*Myrmecophaga tridactyla*) to variation in ambient temperature. *Biotropica*, **0**, 051128134355006.
- Clark, A.; Silva-Fletcher, A.; Fox, M.; Kreuzer, M.; Clauss, M., 2016: Survey of feeding practices, body condition and faeces consistency in captive ant-eating mammals in the UK. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, **4**, 183–195.

-
- Crawshaw, G. J.; Oyarzun, S. E., 1996: Vertebral hyperostosis in anteaters (*Tamandua tetradactyla* and *Tamandua mexicana*): Probable hypervitaminosis A and/or D. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, **27**, 158–169.
- Oliveira, E.; Martins, D. B., 2017: Hematological profiles of giant anteaters from different biomes. *Comparative Clinical Pathology*, **26**, 1199–1202.
- Oliveira, E.; Vila, L. G.; Trentin, T. de C.; Jubé, T. de O.; Martins, D. B., 2018: Biochemical parameters of the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758) of the Brazilian Cerrado. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, **38**, 189–194.
- Gull, J. M.; Stahl, M.; Osmann, C.; Ortmann, S.; Kreuzer, M.; Hatt, J. M.; Clauss, M., 2015: Digestive physiology of captive giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*): determinants of faecal dry matter content. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **99**, 565–576.
- Jackson, R.; Yao, T.; Bulut, N.; Cantu-Jungles, T.; Hamaker, B. R., 2024: Protein combined with certain dietary fibers increases butyrate production in gut microbiota fermentation. *Food & Function*, **15**, 3186.
- Kiela, P. R.; Ghishan, F. K., 2016: Physiology of intestinal absorption and secretion. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, **30**, 145–159.
- Leuchner, Lisa; Sally A Nofs; Ellen S Dierenfeld; Peter Horvath, 2017: Chitin supplementation in the diets of captive giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) for improved gastrointestinal function. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, **5**, 92–96.
- Ma, J. E.; Jiang, H. Y.; Li, L. M.; Zhang, X. J.; Li, G. Y.; Li, H. M.; Jin, X. J.; Chen, J. P., 2018: The fecal metagenomics of Malayan pangolins identifies an extensive adaptation to myrmecophagy. *Frontiers in Microbiology*, **9**, 2793.

- Meuten, D., 2012: Laboratory evaluation and interpretation of the urinary system. In: Thrall, M. A., G. Weiser, R. W. Allison & T. W. Campbell (eds.), *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry*. 2nd edn. John Wiley & Sons, Iowa, pp. 323–377.
- Miranda, F.; Bertassoni, A.; Abba, A. M., 2014: *Myrmecophaga tridactyla* (Giant Anteater). *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T14224A47441961.
- Miranda, F. R., 2012: *Manutenção de Tamanduás em Cativeiro*. Cubo, São Carlos.
- Miranda, F. R., 2014: Cingulata (Tatus) e Pilosa (Preguiças e Tamanduás). In: Cubas, Z., J. C. Silva & J. L. Catão-Dias (eds.), *Tratado de Animais Selvagens*. 2nd edn. Roca, São Paulo.
- Modica, B. P.; Koutsos, E. A., 2024: Insectivore nutrition – a review of current knowledge. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, **27**, 47–69.
- Morford, S.; Meyers, M. A., 2003: Giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*) health care survey. *Edentata*, 5–20.
- Nofs, S. A.; Dierenfeld, E. S.; Backus, R. C., 2018: Effect of increasing taurine and methionine supplementation on urinary taurine excretion in a model insectivore, the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **102**, e316–e325.
- Nucci, D. L. Di; Marc, L. B.; Jimeno, G. P.; Scapini, J. P.; Masso, R. J. Di, 2014: Valores Hematológicos y bioquímica sanguínea en osos hormigueros gigantes (*Myrmecophaga tridactyla*) Cautivos en Argentina. *Edentata*, **15**, 39–51.
- Oyarzun, S. E.; Crawshaw, G. J.; Valdes, E. V., 1996: Nutrition of the Tamandua: I. Nutrient composition of termites (*Nasutitermes* spp.) and stomach contents from wild tamanduas (*Tamandua tetradactyla*). *Zoo Biology*, **15**, 509–524.

- Rojano-Bolano, C.; Miranda-Cortés, L.; Ávila-Avilán, R.; Álvarez-Otero, G., 2014: Parámetros hematológicos de Hormigueros gigantes (*Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758) de vida libre en Pore, Colombia. *Veterinaria y Zootecnia*, **8**, 85–98.
- Roohani, N.; Hurrell, R.; Kelishadi, R.; Schulin, R., 2013: Zinc and its importance for human health: An integrative review. *Journal of Research in Medical Sciences: The Official Journal of Isfahan University of Medical Sciences*, **18**, 144.
- Sanches, T. C.; Miranda, F. R.; Oliveira, A. S.; Matushima, E. R., 2013: Hematology values of captive giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) and collared anteaters (*Tamandua tetradactyla*). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, **33**, 557–560.
- Stahl, M.; Osmann, C.; Ortmann, S.; Kreuzer, M.; Hatt, J. M.; Clauss, M., 2012: Energy intake for maintenance in a mammal with a low basal metabolism, the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **96**, 818–824.
- Steinecker-Quast, J.; Osmann, C.; Liesegang, A., 2023: Survey of the feeding management of giant anteaters (*Myrmecophaga tridactyla*) and tamanduas (*Tamandua tetradactyla*) in the EAZA *ex-situ* programme. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **108**, 1–9.
- Thrall, M. A.; Weiser, G.; Allison, R. W.; Campbell, T. W., 2012: *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry*. 2nd edn. John Wiley & Sons, Iowa.
- Valdes, E. V.; Brenes Soto, A., 2012: Feeding and nutrition of anteaters. In: Miller, R. E. & Fowler, M. E. (eds.), *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine*. 1st edn. Elsevier, St. Louis, pp. 378–383.

TABELA 1. Média e desvio padrão dos valores hematológicos de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) adultos (>25 kg) de vida livre (N=21) e mantidos em zoológicos (N=19).

Parâmetro	Zoológicos	Vida Livre	Alves et al. 2023	Nucci et al. 2014
Hemácias (10⁶/μL)	2.7 ± 0.4 ^a	2.4 ± 0.3 ^b	2.4 ± 0.4	2.4 ± 0.4
Hemoglobina (g/dL)	13.9 ± 2.1	12.5 ± 0.9	12.4 ± 13.2	13.8 ± 1.7
Hematócrito (%)	37.0 ± 7.4	35.5 ± 4.7	35.0 ± 6.0	34.9 ± 5.4
VCM (fL)	136.8 ± 12.7	144.3 ± 25.0	146.1 ± 16.8	147.9 ± 7.22
HCM (pg)	51.5 ± 3.6	51.5 ± 3.6	53.6 ± 6.6	56.6 ± 3.2
CHCM (g/dL)	38.2 ± 4.7	36.9 ± 2.5	36.1 ± 4.7	38.4 ± 1.2
Plaquetas (10³/μL)	156.1 ± 39.1	190.5 ± 118.5	180.0 ± 100	
Leucócitos (10³/μL)	9.2 ± 4.5	9.3 ± 3.3	8.7 ± 4.5	8.5 ± 2.7
Neutrófilos	6.3 ± 3.0	4.9 ± 2.5	5.1 ± 3.9	-
Neutrófilos (%)	60.4 ± 13.3 ^a	49.0 ± 13.3 ^b	61.5 ± 15.7	59.6 ± 9.9
Bastonetes (10³/μL)	0	0	-	-
Bastonetes (%)	0	0	-	-
Linfócitos (10³/μL)	2.1 ± 0.9	2.5 ± 1.0	1.9 ± 0.8	-
Linfócitos (%)	22.6 ± 8.8	28.1 ± 8.1	21.7 ± 9.9	35.9 ± 9.1
Monócitos (10³/μL)	0.4 ± 0.4 ^a	0.1 ± 0.1 ^b	0.3 ± 0.3	-
Monócitos (%)	4.5 ± 2.9 ^a	1.1 ± 1.0 ^b	3 ± 3.7	3.2 ± 1.7
Eosinófilos (10³/μL)	1.3 ± 0.8	1.7 ± 0.7	1.4 ± 1.6	-
Eosinófilos (%)	12.1 ± 6.9 ^b	19.4 ± 8.2 ^a	17 ± 12	2.5 ± 2.3
Basófilos (10³/μL)	0.03 ± 0.1 ^b	0.1 ± 0.3 ^a	-	0
Basófilos (%)	0.4 ± 1.4 ^b	1.4 ± 2.5 ^a	-	0

^{a,b} Letras sobrescritas indicam diferença entre grupos (p<0.05).

TABELA 2. Média e desvio padrão dos valores de bioquímica sérica de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) adultos (>25 kg) de vida livre (N=21) e mantidos em zoológicos (N=19).

Parâmetro	Zoológicos	Vida Livre	Alves et al. 2023	Nucci et al. 2014
Glicose (mg/dL)	74.4 ± 16.6	71.5 ± 15.1	88.1 ± 26.6	-
Albumina (g/dL)	2.7 ± 0.2 ^a	1.5 ± 0.3 ^b	1.5 ± 0.7	3.6 ± 0.5
Globulina (g/dL)	3.8 ± 0.4 ^b	5.1 ± 0.7 ^a	4.8 ± 0.8	-
ALB:GLOB	0.7 ± 0.1 ^a	0.3 ± 0.1 ^b	0.3 ± 0.2	0.9 ± 0.2
Proteína (g/dL)	6.5 ± 0.5	6.5 ± 0.5	6.5 ± 1.3	7.7 ± 1.1
Fosfatase alcalina (U/L)	17.8 ± 17.8 ^b	26.9 ± 17.6 ^a	30.3 ± 59.4	22.8 ± 13.3
ALT (U/L)	87.0 ± 17.2 ^a	66.4 ± 24.8 ^b	77.9 ± 32.0	42.0 ± 15.2
Ureia (BUN - mg/dL)	17.7 ± 4.6 ^b	34.7 ± 11.2 ^a	35.7 ± 10.1	40.3 ± 15.9
Creatinina (mg/dL)	0.9 ± 0.2 ^a	0.8 ± 0.2 ^b	0.7 ± 0.2	1.2 ± 0.6
Cálcio (mg/dL)	8.3 ± 0.3 ^b	9.1 ± 0.5 ^a	8.8 ± 1.1	9.8 ± 1.2
Fósforo (mg/dL)	5.6 ± 0.8	5.9 ± 1.1	6.1 ± 1.9	4.0 ± 1.5
Ca:P	1.5 ± 0.2	1.6 ± 0.3	-	-
Sódio (mmol/L)	132.0 ± 8.4	130.0 ± 4.1	132.8 ± 7.1	129.1 ± 10.5
Potássio (mmol/L)	6.0 ± 1.6	5.5 ± 1.1	5.3 ± 0.5	10.6 ± 5.5
Na:K	23.8 ± 6.0	24.5 ± 3.7	-	-
Ferro (mg/L)	1.4 ± 0.2	1.5 ± 0.2	1.9 ± 0.6	1.4 ± 0.3
Magnésio (mg/L)	12.3 ± 1.8	12.9 ± 12.6	-	17.7 ± 4.6
Selênio (µg/L)	57.3 ± 7.6	56.2 ± 7.0	-	-
Zinco (µg/L)	970.8 ± 111.6	1034.7 ± 86.6	-	-
Colesterol (mg/dL)	62.3 ± 23.1	-	71.9 ± 28.2	93.1 ± 19.7

^{a,b} Letras sobrescritas indicam diferença entre grupos (p<0.05).

TABELA 3. Média e desvio padrão dos parâmetros hematológicos e bioquímicos de tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) adultos que apresentaram diferença de acordo com o tipo de dieta, natural (N = 21), papa (N = 18) ou ração (N = 4).

Parâmetro	Natural	Papa	Ração
Albumina (g/dL)	1.5 ± 0.3 ^b	2.6 ± 0.3 ^a	2.6 ± 0.2 ^a
ALT (U/L)	66.4 ± 24.8 ^b	88.2 ± 17.2 ^a	73 ± 3.6 ^{ab}
Ureia (BUN - mg/dL)	34.7 ± 11.2 ^a	15.9 ± 5.3 ^b	19.8 ± 2.2 ^b
BUN:CRE	48.7 ± 23.3 ^a	16.8 ± 4.3 ^b	27 ± 7.7 ^{ab}
Cálcio (mg/dL)	9.1 ± 0.5 ^a	8.2 ± 0.4 ^b	8.3 ± 0.2 ^b
Globulina (g/dL)	5.1 ± 0.7 ^a	3.8 ± 0.5 ^b	3.4 ± 0.1 ^b
Sódio (mmol/L)	130.4 ± 4.1 ^b	131.1 ± 8.5 ^{ab}	135.7 ± 2.9 ^a
Zinco (mcg/L)	1035 ± 86.6 ^b	945 ± 95.6 ^c	1086 ± 61.9 ^a
Neutrófilos (%)	49.0 ± 13.2 ^b	62.8 ± 12.3 ^a	54 ± 16.4 ^{ab}
Eosinófilos (%)	19.4 ± 8.2 ^a	12.6 ± 6.8 ^b	14.0 ± 9.4 ^{ab}
Linfócitos (%)	28.1 ± 8.1 ^a	20.5 ± 8.9 ^b	25.7 ± 8.1 ^{ab}
Basófilos (%)	1.4 ± 2.5 ^a	0.1 ± 0.2 ^b	1.5 ± 3.0 ^{ab}
Monócitos (%)	1.1 ± 1.0 ^b	4.1 ± 2.7 ^a	4.7 ± 4.1 ^{ab}

^{a,b,c}Letras sobrescritas indicam diferença entre os grupos (p<0.05).

TABELA 4. Composição química e minerais das dietas (N=5) oferecidas aos tamanduás-bandeira (*M. tridactyla*) mantidos sob cuidados humanos comparadas ao conteúdo estomacal de animais de vida livre atropelados (N=9).

	Papa	Papa	Papa	Ração	Ração	Dietas	Ingesta
	1	2	3	1	2	(MD±DP)	(MD±DP)
EB (kcal/kg)	4464	5034	4809	4718	4828	4771 ± 206.7 ^a	2366 ± 744.5 ^b
MS (%)	23.42	20.18	17.87	90.27	91.95	48.7 ± 38.7	29.5 ± 5.9
MM (%)	7.09	6.31	8.76	8.46	8.75	7.9 ± 1.1 ^b	56.7 ± 29.5 ^a
PB (%)	25.57	30.58	38.83	34.67	33.22	32.6 ± 4.9	25.9 ± 9.6
EE (%)	6.44	11.13	12.56	10.89	10.57	10.3 ± 2.3 ^a	3.3 ± 2.1 ^b
FB (%)	4.31	5.12	10.54	10.52	13.50	8.8 ± 3.9	11.7 ± 5.7
FDN (%)	17.21	24.06	35.91	44.75	41.69	32.7 ± 11.7 ^b	64.8 ± 10.5 ^a
FDA (%)	8.90	10.80	27.52	24.91	22.55	18.9 ± 8.5 ^b	57.7 ± 13 ^a
P (%)	0.06	0.15	0.11	0.64	0.62	0.32 ± 0.28	-
Ca (%)	0.89	0.83	0.72	0.82	0.71	0.79 ± 0.07 ^a	0.05 ± 0.00 ^b
Cu (mg/kg)	37.6	38.2	22.15	33.4	21.6	30.6 ± 8.2 ^a	13.1 ± 1.7 ^b
Fe (mg/kg)	648	665	547	605	552	603.4 ± 53.9 ^a	481.2 ± 43.3 ^b
Mg (mg/kg)	418	427	378	436	382	408.2 ± 26.5 ^a	269.5 ± 17.7 ^b
K (mg/kg)	445	438	372	424	376	411 ± 34.6 ^a	313.4 ± 28.73 ^b
Se (µg/kg)	363	358	302	355	318	339.2 ± 27.4 ^a	170.7 ± 16.0 ^b
Na (mg/kg)	723	742	619	717	612	682.6 ± 62.0 ^a	353.1 ± 33.4 ^b
Zn (mg/kg)	50.7	53.8	36.7	55.4	42.8	47.9 ± 7.9 ^a	14.9 ± 2.1 ^b
Ca:P	14.83	5.53	6.55	1.28	1.15	5.9 ± 5.6	-
Na:K	1.62	1.69	1.66	1.69	1.63	1.7 ± 0.0 ^a	1.1 ± 0.0 ^b

EB: energia bruta; MS: matéria seca; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FB: fibra bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; P: fósforo; Ca: cálcio; Cu: cobre; Fe: ferro; Mg: magnésio; K: potássio; Se: selênio; Na: sódio; Zn: zinco.

7. ANEXOS



ATESTADO

Atesto que o Projeto "Avaliação nutricional e sua relação com a saúde e bem-estar de tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*)" **Protocolo CEUA 0228/2021**, a ser conduzido por Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira, responsável/orientador Alessandra Melchert, para fins de pesquisa científica/ensino - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal - CONCEA.

Finalidade	PESQUISA CIENTÍFICA
Vigência do projeto	01/01/2022 a 31/12/2024
Nome Comum / Espécie / Linhagem	TAMANDUA / MYRMECOPHAGA TRIDACTYLA /
Raça	
Nº de animais machos	0
Nº de animais fêmeas	0
Nº de animais sexo indefinido	44
Peso médio de animais machos	0
Peso médio de animais fêmeas	0
Peso médio de animais sexo indefinido	25
Idade	2 ano(s) e 0 mes(es) e 0 dia(s).
Procedência	Vida livre e cativoiro

Projeto de Pesquisa aprovado em reunião da CEUA em 17/11/2021

JOSÉ NICOLAU PRÓSPERO PUOLI FILHO
Presidente da CEUA da FMVZ, UNESP - Campus de Botucatu

AUTORIZAÇÃO PARA ATIVIDADES COM FINALIDADE CIENTÍFICA

Número: 78586-2	Data da Emissão: 28/06/2022 17:40:01	Data da Revalidação*: 02/12/2022
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira	CPF: 010.524.471-63
Título do Projeto: Avaliação nutricional e sua relação com a saúde e o bem-estar de tamanduás-bandeira (<i>Myrmecophaga tridactyla</i>)	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO	CNPJ: 48.031.918/0020-97

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coleta de amostras	12/2021	12/2024

Equipe

#	Nome	Função	CPF	Nacionalidade
1	ARNAUD LEONARD JEAN DESBIEZ	Colaborador na coleta de dados e amostras biológicas	731.965.681-72	Estrangeira
2	Débora Regina Yogui	Colaborador na coleta de dados e amostras biológicas	327.694.068-09	Brasileira
3	ALESSANDRA MELCHERT	Coordenador	173.162.718-17	Brasileira
4	Danyele Karoline Avante Mangueira	Colaborador na realização de exames laboratoriais	368.363.168-65	Brasileira
5	Carolyne Assis Eigenheer Pinke Testa	Colaborador na realização e análise de exames laboratoriais	222.524.748-07	Brasileira

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0785860220220628

Página 1/5



Ministério do Meio Ambiente - MMA

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio

Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Número: 78586-2	Data da Emissão: 28/06/2022 17:40:01	Data da Revalidação*: 02/12/2022
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira	CPF: 010.524.471-63
Título do Projeto: Avaliação nutricional e sua relação com a saúde e o bem-estar de tamanduás-bandeira (<i>Mymecophaga tridactyla</i>)	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO	CNPJ: 48.031.918/0020-97

Observações e ressalvas

1	A autorização não eximirá o pesquisador da necessidade de obter outras anuências, como: I) do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador quando as atividades forem realizadas em área de domínio privado ou dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso; II) da comunidade indígena envolvida, ouvido o órgão indigenista oficial, quando as atividades de pesquisa forem executadas em terra indígena; III) do Conselho de Defesa Nacional, quando as atividades de pesquisa forem executadas em área indispensável à segurança nacional; IV) da autoridade marítima, quando as atividades de pesquisa forem executadas em águas jurisdicionais brasileiras; V) do Departamento Nacional da Produção Mineral, quando a pesquisa visar a exploração de depósitos fossilíferos ou a extração de espécimes fósseis; VI) do órgão gestor da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, dentre outras.
2	Deve-se observar as as recomendações de prevenção contra a COVID-19 das autoridades sanitárias locais e das Unidades de Conservação a serem acessadas.
3	Esta autorização NÃO libera o uso da substância com potencial agrotóxico e/ou inseticida e NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros).
4	Esta autorização NÃO libera o uso da substância com potencial agrotóxico e/ou inseticida e NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de atender às exigências e obter as autorizações previstas em outros instrumentos legais relativos ao registro de agrotóxicos (Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, entre outros)
5	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
6	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospecção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen .
8	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
9	Esta autorização NÃO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
10	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infraestrutura da unidade.
11	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio, nos termos da legislação brasileira em vigor.

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0785860220220628

Página 2/5



Ministério do Meio Ambiente - MMA

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio

Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Número: 78586-2	Data da Emissão: 28/06/2022 17:40:01	Data da Revalidação*: 02/12/2022
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira	CPF: 010.524.471-63
Título do Projeto: Avaliação nutricional e sua relação com a saúde e o bem-estar de tamanduás-bandeira (<i>Myrmecophaga tridactyla</i>)	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO	CNPJ: 48.031.918/0020-97

Outras ressalvas

1	Considerando a pandemia de COVID-19, o CPB recomenda que as atividades de pesquisa com primatas e xenartras, em vida livre ou cativo, dentro ou fora de UCs federais devem adotar as medidas recomendadas nos comunicados disponíveis nos links: https://www.icmbio.gov.br/cpb/index.php/component/content/article?id=0 https://www.icmbio.gov.br/cpb/index.php/component/content/article?id=24	CPB João Pessoa-PB
2	O pesquisador estrangeiro ARNAUD LEONARD JEAN DESBIEZ possui vínculo empregatício ou contrato de trabalho com instituição científica brasileira. Portanto, está dispensado de autorização do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação conforme definido no item 56, da Portaria MCT nº 826/2008, e no inciso II, art. 5º da Resolução Normativa nº 20/2017, do Conselho Nacional de Imigração - CNig.	COINF

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Descrição do local	Município-UF	Bioma	Caverna?	Tipo
1	Zoológico Municipal Quinzinho de Barros	Sorocaba-SP	Mata Atlântica	Não	Fora de UC Federal
2	Zoológico de Ribeirão Preto	Ribeirão Preto-SP	Cerrado	Não	Fora de UC Federal
3	Zoológico de São Paulo	São Paulo-SP	Cerrado	Não	Fora de UC Federal
4	Zoológico de Bauru	Bauru-SP	Cerrado	Não	Fora de UC Federal
5	Campo Grande	Campo Grande-MS	Cerrado	Não	Dentro de UC Municipal

Atividades

#	Atividade	Grupo de Atividade
1	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Fora de UC Federal
2	Coleta/transporte de amostras biológicas ex situ	Atividades ex-situ (fora da natureza)

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxon	Qtde.
---	-----------	-------	-------

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 0785860220220628

Página 3/5

1	Coleta/transporte de amostras biológicas ex situ	Myrmecophaga tridactyla	-
2	Coleta/transporte de amostras biológicas in situ	Myrmecophaga tridactyla	-

A quantidade prevista só é obrigatória para atividades do tipo "Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ". Essa quantidade abrange uma porção territorial mínima, que pode ser uma Unidade de Conservação Federal ou um Município.

A quantidade significa: por espécie X localidade X ano

Número: 78586-2	Data da Emissão: 28/06/2022 17:40:01	Data da Revalidação*: 02/12/2022
De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Fernanda Mara Aragão Macedo Pereira	CPF: 010.524.471-63
Título do Projeto: Avaliação nutricional e sua relação com a saúde e o bem-estar de tamanduás-bandeira (Myrmecophaga tridactyla)	
Nome da Instituição: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO	CNPJ: 48.031.918/0020-97

Materiais e Métodos

#	Tipo de Método (Grupo taxonômico)	Materiais
1	Amostras biológicas (Xenarthra)	Sangue, Pêlo, Fezes, Regurgitação/conteúdo estomacal, Urina
2	Método de captura/coleta (Xenarthra)	Outros métodos de captura/coleta (Contenção química por dardo), Captura manual

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo destino
1	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO	Outro

Este documento foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

