



UFRPE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIA ANIMAL

GILCIFRAN PRESTES DE ANDRADE

Morfologia gástrica, parâmetros fermentativos e metabólicos de *Bradypus variegatus* (Mammalia: Pilosa)

RECIFE

2021



UFRPE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIA ANIMAL

GILCIFRAN PRESTES DE ANDRADE

Morfologia gástrica, parâmetros fermentativos e metabólicos de *Bradypus variegatus* (Mammalia: Pilosa)

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biociência Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco como pré-requisito para obtenção do título de Doutor em Biociência Animal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marleyne José Afonso Accioly Lins Amorim

RECIFE
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A553m Andrade, Gilcifran Prestes de
Morfologia gástrica, parâmetros fermentativos e metabólicos de *Bradypus variegatus* (Mammalia: Pilosa) / Gilcifran Prestes de Andrade. - 2021.
121 f. : il.
- Orientadora: Marleyne Jose Afonso Accioly Lins Amorim.
Inclui referências e anexo(s).
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biociência Animal, Recife, 2021.
1. Anatomia. 2. Estômago. 3. Nutrição. 4. Fisiologia. 5. Preguiças. I. Amorim, Marleyne Jose Afonso Accioly Lins, orient. II. Título

CDD 636.089

GILCIFRAN PRESTES DE ANDRADE

Morfologia gástrica, parâmetros fermentativos e metabólicos de *Bradypus variegatus* (Mammalia: Pilosa)

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biociência Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco como pré-requisito para obtenção do título de Doutor.

Data de Aprovação: 04/10/2021

Prof^a. Dr^a. Marleyne José A. A. L. Amorim (Orientadora)
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
Universidade Federal Rural de Pernambuco (SEDE)

Prof. Dr. Geraldo Jorge Barbosa de Moura
Departamento de Ciências Biológicas
Universidade Federal Rural de Pernambuco (SEDE)

Prof. Dr. Júlio César dos Santos Nascimento
Departamento de Zootecnia
Universidade Federal Rural de Pernambuco (SEDE)

Prof^a. Dr^a. Emanuela Polimeni de Mesquita
Departamento de Medicina Veterinária
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE)

Prof. Dr. Moacir Bezerra de Andrade
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal
Universidade Federal Rural de Pernambuco (SEDE)

DEDICATÓRIA

Dedico

Aos meus pais, Manoel Soares de Andrade e Raimunda Graciete Prestes Andrade, irmãos e meu amor, Giovanna Couto, que sempre estiveram e estarão comigo em todos os momentos da minha vida.

In memoriam

À todas as famílias que perderam seus parentes e amigos para a Covid-19, em especial aos meus que partiram sem oportunidade de vacinarem-se, em especial ao meu tio Deni, que em vida sempre me apoiou e incentivou para seguir lutando por meus sonhos. Eternamente no coração das famílias Batista Prestes e Prestes Andrade.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me guiar e dar-me fé, força e proteção em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo incentivo à qualificação de seus servidores.

Ao programa de Pós-graduação Biociência Animal pela oportunidade da realização profissional de cursar o doutorado.

À Professora Marleyne J. A. A. Lins Amorim pela orientação, ensino, apoio e confiança depositada.

Aos professores da Área de Anatomia do DMFA-UFRPE pelo apoio e compreensão.

Aos colegas do Laboratório de Morfofisiologia em Mamíferos Silvestres pelo apoio, amizade e valiosa ajuda, que tanto contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Laboratório de Nutrição Animal do Setor de Zootecnia da UFAPE e UFRPE pela prestatividade e ajuda nas análises desta pesquisa.

Ao Centro de Triagem de Animais Silvestres de Pernambuco pela disponibilidade e doações dos espécimes.

Ao Instituto Preguiça Garganta Marrom pelo acolhimento e ajuda no desenvolvimento desta pesquisa.

À bióloga Nathália F. J. Barros pela parceria e auxílio na pesquisa de campo.

Aos bichos-preguiça, meu respeito e gratidão pela oportunidade em compreendê-los.

À toda a minha família pelo apoio incondicional em todos os momentos.

Ao meu amor, Giovanna Couto, que impulsiona-me sempre a ser a melhor versão de mim. Obrigado pelo apoio, respeito, carinho e amor.

À todos o meu agradecimento!

RESUMO

Esta pesquisa objetivou descrever detalhadamente a anatomia macro e microscópica do estômago de *B. variegatus*; avaliar os níveis de ingestão, digestibilidade, energia digestível e trânsito de digesta desta espécie em cativeiro; determinar pH, amônia, ácidos graxos voláteis produzidos no estômago e avaliar o perfil bioquímico sanguíneo de substâncias relacionadas ao metabolismo energético e proteico. A partir do estudo anatômico evidenciou-se um estômago de grande tamanho situado na porção cranial e média da cavidade abdominal, com extensão do antímero esquerdo ao antímero direito. Topograficamente, compreende as regiões xifóidea, hipocondríaca esquerda e direita, abdominal direita e esquerda e umbilical. Constatou-se que este órgão faz sintopia com esôfago, diafragma e fígado, intestinos delgado e grosso, e ainda útero nas fêmeas, vértebras torácicas, lombares, baço, pâncreas e rins, costelas e músculos intercostais e abdominais. Possui grandes dilatações saculares arredondadas, um apêndice gástrico cônico e um segmento fusiforme dividido em duas partes por uma constrição medial. As saculações apresentam delimitadas por sulcos e internamente apresenta inflexões de pilares que delimitam as saculações gástricas e que permitiu propor a divisão deste órgão em saco cranial, saco lateral esquerdo, saco ventral e saco de conexão, que compõem o estômago cárdico aglandular, saco lateral direito e divertículo, que concebem a região cárdica glandular, e ainda pré-piloro glandular, que constitui a região gástrica própria, e pré-piloro aglandular que abrange a região pilórica. Demonstrou-se que o consumo, a digestibilidade e o trânsito da digesta são influenciados pela composição de FDN e lignina dos alimentos. As câmaras que retêm maior quantidade de digesta apresentam pH de 5,2 e 6,2, enquanto os pré-píloros glandular e aglandular exibiram pH de 2,3. Foram identificados neste órgão presença de ácidos voláteis como acetato (54,75mM/mL), propionato (10,79mM/mL), butirato (5,25mM/mL), iso-butírico (0,67mM/mL), n-valérico (0,55mM/mL) e iso-valérico (0,27 mM/mL) e elevada concentração de amônia (15,46mg/dL). As análises bioquímicas mostraram teores para glicose de 70,72mg/dL, de 82,15mg/dL para triglicérides e 121,54mg/dL de colesterol. As lipoproteínas HDL, VLDL e LDL apresentaram valores de 58,65mg/dL, 50,16mg/dL e 16,43mg/dL, respectivamente. A albumina exibiu valor de 30,48g/dL e a uréia exibiu concentração de 35,81mg/dL. As particularidades observadas nesta pesquisa evidenciam adaptações anatômicas e fisiológicas de *B. variegatus* possivelmente relacionado ao hábito arborícola e folívora.

Palavras-chave: Anatomia, Estômago, Nutrição, Fisiologia, Bioquímica, Preguiças

ABSTRACT

This study aimed to describe in detail the macro and microscopic anatomy of the stomach of *B. variegatus*; evaluate the levels of intake, digestibility, digestible energy and digesta transit of this species in captivity; determine pH, ammonia, volatile fatty acids produced in the stomach and evaluate the blood biochemical profile of substances related to energy and protein metabolism. The anatomical study showed a large stomach located in the cranial and middle portion of the abdominal cavity, extending from the left antimere to the right antimere. Topographically, it comprises the xiphoid, left and right hypochondriac, right and left abdominal and umbilical regions. It was found that this organ makes syntopy with the esophagus, diaphragm and liver, small and large intestines, and also uterus in females, thoracic vertebrae, lumbar vertebrae, spleen, pancreas and kidneys, ribs and intercostal and abdominal muscles. It has large rounded saccular dilations, a conical gastric appendix, and a spindle-shaped segment divided into two parts by a medial constriction. The sacculations are delimited by sulci and internally present inflexions of pillars that delimit the gastric sacculations and which allowed to propose the division of this organ into the cranial sac, left lateral sac, ventral sac and connecting sac, which make up the aglandular cardiac stomach, right lateral sac and diverticulum, which encompasses the glandular cardiac region, and also glandular prepylorus, which constitutes the proper gastric region, and aglandular prepylorus, which encompasses the pylorus region. It was shown that intake, digestibility and digesta transit are influenced by the composition of NDF and lignin in foods. The chambers that retain the greatest amount of digesta have a pH of 5.2 and 6.2, while the glandular and aglandular prepylorus exhibited a pH of 2.3. The presence of volatile acids such as acetate (54.75mM/mL), propionate (10.79mM/mL), butyrate (5.25mM/mL), iso-butyric (0.67mM/mL), n-valeric were identified in this organ (0.55mM/mL) and isovaleric (0.27 mM/mL) and high ammonia concentration (15.46mg/dL). Biochemical analyzes showed glucose levels of 70.72mg/dL, 82.15mg/dL for triglycerides and 121.54mg/dL for cholesterol. The HDL, VLDL and LDL lipoproteins presented values of 58.65mg/dL, 50.16mg/dL and 16.43mg/dL, respectively. Albumin showed a value of 30.48g/dL and urea showed a concentration of 35.81mg/dL. The particularities observed in this research show anatomical and physiological adaptations of *B. variegatus* possibly related to arboreal and leaf-eating habits.

Keywords: Anatomy, Stomach, Nutrition, Physiology, Biochemistry, Sloths

SUMÁRIO

CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA.....	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. Considerações gerais sobre bichos-preguiça.....	16
2.1.2. Origem filogenética	16
2.1.3. Sistemática zoológica	19
2.2. Família Bradypodidae	19
2.2.2. Distribuição geográfica	21
2.2.3. Ameaças de extinção.....	23
2.2.4. Hábito alimentar e o desafio para conservação <i>ex situ</i>	25
2.2.5. Características morfofisiológicas.....	26
3. O estômago dos mamíferos herbívoros	29
3.1. Anatomia e histologia.....	29
4. OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.....	36
4.1. Geral.....	36
4.2. Específicos.....	36
5. REFERÊNCIAS.....	37
CAPÍTULO II. ARTIGO I	44
CAPÍTULO III. ARTIGO II.....	73
CAPÍTULO IV. ARTIGO III	100

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA

- Figura 1.** Esqueleto articulado de *Megatherium americanum*, Curvier 1796 (MCNM, 2020).....17
- Figura 2.** Relações filogenéticas entre preguiças viventes e extintas. Adaptado de Varela et al. (2019).....18
- Figura 3.** Espécies viventes de Bradipodideos. A: *B. pygmaeus* (Minngu, 2013); B: *B. torquatus* (Earth, 2020); C: *B. tridactylus* (Flirck, 2020) D: *B. variegatus* (Antonio, 2010).....21
- Figura 4.** Distribuição biogeográfica dos Bradipodideos viventes; 1. *B. torquatus* Illiger, 1811; 2. *B. pygmaeus* Anderson e Handley Junior, 2001; 3. *B. tridactylus* Linnaeus, 1758; 4. *B. variegatus* Schinz, 1825. Adaptado de Superina et al. (2010).....22
- Figura 5.** Anatomia do estômago de *B. tridactylus* proposta por Langer (1988).....28
- Figura 6.** Estômagos pluricavitários de alguns mamíferos herbívoros: I. Camelídeos, II. Hipopotâmos, III. Pecários, IV. Babirudeos, V. Cangurus, VI. Colobídeos, VII. Preguiças, VIII. Sirênios (Modificado de Langer,1984).....31
- Figura 7.** Tecidos glandulares do estômago unicavitário de um mamífero carnívoro, (a) glândulas cárdicas na lâmina própria e fôveas gástricas; (b) glândulas gástricas próprias tubulares na lâmina própria; (c) glândulas pilóricas na lâmina própria (KÖNIG e LIEBICH, 2021).....33
- Figura 8.** Tecido aglandular do estômago de um pluricavitário silvestre (I, II e III): A. papila revestida por epitélio estratificado queratinizado; (B) túnica submucosa; (C) discreta muscular da mucosa; (D) túnica muscular circular interna; (E) túnica muscular longitudinal externa (E); (seta preta) túnica serosa; (S) túnica submucosa composta por fibras colágenas, elásticas e vasos sanguíneos; (M) músculo liso; (Se) vasos sanguíneos (MACHADO et al., 2015).....34

CAPÍTULO II – ARTIGO I

- Figura 1.** Fotomacrografia dos aspectos anatômicos do estômago de *Bradypus variegatus*: (a) Visualização ventral da localização e topografia superficial do estômago na cavidade abdominal: RX (região xifoidea), HD (região hipocondríaca direita), HE (região hipocondríaca esquerda), AD (região abdominal lateral direita), AE (região abdominal lateral esquerda), RU (região umbilical); ID (região inguinal direita);

IE (região inguinal direita) e RP (região púbica); (b) Visualização ventral dos limites craniais e pregas peritoneais que fixam o órgão ventrolateralmente: SCR (saco cranial), SVE (saco ventral), RP (recesso peritoneal), D (diafragma), F (fígado), boma (bolsa omental maior), lf (ligamento falciforme); (c) Visualização ventrolateral da sintopia craniolateral e pregas peritoneais que fixam o órgão dorsalmente: SCR (saco cranial), SLD (saco lateral direito), D (diafragma), F (fígado), DU (duodeno), bome (bolsa omental menor), lf (ligamento falciforme), lhg (ligamento hepatogástrico), lhd (ligamento hepatoduodenal); (d) Visualização ventrolateral da sintopia craniolateral e pregas peritoneais que fixam o órgão dorsalmente e ventrolateralmente: SCR (saco cranial), SLE (saco lateral esquerdo), D (diafragma), F (fígado), ES (esôfago), RP (recesso peritoneal), lhg (ligamento hepatogástrico), lgf (ligamento gastrofrênico); (e) Visualização ventrocaudal dos limites e sintopia caudal do estômago: SLD (saco lateral direito), SVE (saco ventral), SLE (saco lateral esquerdo) PPG (pré-piloro glandular), PPA (pré-piloro aglandular), DU (duodeno), IL (íleo), JE (jejuno), CD (colon descendente), RE (reto), BE (bexiga), om (omento menor).....67

Figura 2. Tomografias do abdômen de *Bradypus variegatus* evidenciando a topografia e sintopia do estômago: **(a)** Secção parasagital da cavidade abdominal e pélvica: SCR (saco cranial), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SLD (saco lateral direito), PPG (pré-piloro glandular), PPA (pré-piloro aglandular), B (baço), ID (intestino delgado), BE (bexiga); **(b)** Secção em plano dorsal do abdômen: SCR (saco cranial), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SLD (saco lateral direito), DI (divertículo), D (diafragma), ID (intestino delgado); **(c)** Secção parasagital da cavidade abdominal e pélvica: SCR (saco cranial), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SLD (saco lateral direito), PPG (pré-piloro glandular), R (rim esquerdo), IG (intestino grosso), U (útero), BE (bexiga); **(d)** Secção transversal do abdômen ao limite da 10 vertebra torácica: SCR (saco cranial), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SLD (saco lateral direito), F (fígado).....68

Figura 3. Fotomacrografias da morfologia externa e interna das partes anatômicas do estômago de preguiças *Bradypus variegatus*: **(a)** Vista ventral; **(b)** Vista dorsal, SCR (saco cranial), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SCO (saco de conexão), SLD (saco lateral direito), DIV (divertículo), PPG (pré-piloro glandular), PPA (pré-piloro aglandular), ES (esôfago), sucr (sulco cranial), sulo (sulco longitudinal), suve (sulco ventral), suco (sulco coronário), suca (sulco caudal), suac (sulco acessório); **(c)** Mucosa interna, SCR' (saco cranial dorsal), SCR'' (saco cranial parte ventral), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SCO (saco de conexão), SLD (saco lateral direito), DIV (divertículo), ES (esôfago), pcr (pilar cranial), plo (pilar longitudinal), car (cárdia); **(d)** Mucosa interna, SCR' (saco cranial parte dorsal), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SCO (saco de conexão), SLD (saco lateral direito), ES (esôfago), plo (pilar longitudinal), car (cárdia), suga (sulco gástrico); **(e)** Mucosa interna do saco lateral direito, SLD (saco lateral direito), SCR' (saco cranial parte dorsal), SVE (saco ventral), DIV (divertículo), bsld (bolsas do saco lateral direito), pdiv (pregas diverticulares); **(f)** Mucosa interna dos pré-piloros, PPG (pré-piloro glandular), PPA (pré-piloro aglandular), SLE (saco lateral esquerdo), SV (sulco ventricular), DUO (duodeno), Esp (esfíncter pilórico).....69

Figura 4. Fotomicrografias do estômago cárdico aglandular de *Bradypus variegatus*: **(a)** saco cranial: mucosa (M) com epitélio estratificado plano queratinizado (Q), repousando sobre uma fina lâmina própria de tecido conjuntivo frouxo, com ausência da muscular da mucosa, seguido de uma submucosa (SB) delgada de tecido conjuntivo e espessa camada de músculo liso (MS) e delgada camada serosa (S); **(b)** saco lateral esquerdo: mucosa (M) com epitélio estratificado com espessa faixa de queratina (Q), ausência da muscular da mucosa, submucosa (SB) delgada e fina camada de músculo liso (MS); **(c)** saco ventral: mucosa (M) revestida por epitélio queratinizado (Q) com baixa estratificação, submucosa (SB) delgada, densa camada de tecido muscular (MS) disposto em sentido longitudinal, transversal e circular; **(d)** saco de conexão: mucosa (M) de epitélio estratificado plano e queratinizado com lâmina própria, submucosa (SB) delgada, espessa camada muscular (MS) organizadas em sentido transversal e longitudinal.....70

Figura 5. Fotomicrografias do estômago cárdico glandular de *Bradypus variegatus*: **(a)** saco lateral direito: mucosa (M) com epitélio colunar simples de tecido glandular e células produtoras de muco, com muscular da mucosa (Mm) delgada, submucosa (SB) de tecido conjuntivo frouxo, camada muscular (MS) em organização dupla; **(b)** visibilizar transição (setas pretas) do epitélio queratinizado (Q) aglandular do saco cranial e epitélio colunar glandular do saco lateral direito **(c)** divertículo: mucosa (M) de epitélio colunar simples com vilosidades (V) projetadas em direção à lâmina própria, seguida por uma muscular da mucosa (Mm) densa, submucosa (SB) espessa, e ainda muscular (MS) organizada em duas camadas; **(c)** visibilizar as vilosidades (V) projetadas em direção à lâmina própria.....71

Figura 6. Fotomicrografias da região pilórica do estômago de *Bradypus variegatus*: **(a)** pré-piloro glandular: mucosa (M) de epitélio colunar simples com tecido glandular que formam as fossetas gástricas, muscular da mucosa (Mm) fina, submucosa (SB) de tecido conjuntivo frouxo e camada muscular (MS) densa; **(b)** visibilizar as células oxínticas ou parietais (setas pretas) presentes na metade superior das glândulas gástricas e no colo e zimogênicas ou principais (setas amarelas) contidas na metade inferior das glândulas; **(c)** pré-piloro aglandular: mucosa (M) de epitélio estratificado queratinizado (Q), submucosa (SB) de tecido conjuntivo denso e muscular (MS) com arranjo longitudinal e transversal; **(d)** visibilizar epitélio estratificado queratinizado (Q) com uma faixa densa e espessa com lâmina própria de tecido conjuntivo frouxo (seta preta).....72

CAPÍTULO III – ARTIGO II

Figura 1. Correlação entre consumo (a) e digestibilidade aparente de matéria seca (b) por preguiças *B. variegatus* em função da digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) das dietas.....98

Figura 2. Padrão de excreção fecal dos marcadores de partículas líquidas (Co-EDTA) e sólidas (Cr-FDN) em preguiças *B. variegatus* alimentadas com *C. pachystachya* (a) e *Pterondon sp. + Inga sp.* (b).....99

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III – ARTIGO II

- Tabela 1.** Composição de matéria seca, nutrientes e energia bruta das duas dietas ofertadas às preguiças *Bradypus variegatus* em cativeiro.....95
- Tabela 2.** Média e desvio padrão das diferenças de consumo de matéria seca total e em relação à massa corporal e peso vivo metabólico por preguiças *Bradypus variegatus* alimentadas com 2 dietas contendo diferentes teores de NDF e lignina....96
- Tabela 3.** Média e desvio padrão da digestibilidade da matéria seca, nutrientes, energia digestível e metabolizável em preguiças *B. variegatus* alimentadas com 2 dietas contendo diferentes teores de NDF e lignina.....97

CAPÍTULO IV – ARTIGO III

- Tabela 1.** Composição nutricional das folhas de *Cecropia pachystachya* consumidas por preguiças *Bradypus variegatus* em cativeiro.....117
- Tabela 2.** Médias e desvio padrão dos valores de pH do estômago preguiças *B. variegatus*.....117
- Tabela 3.** Média e desvio padrão da concentração de amônia (mg/dL) e ácidos graxos de cadeia curta (mM/mL) da digesta das câmaras gástricas em preguiças *B. variegatus*.....118
- Tabela 4.** Média e desvio padrão da concentração de indicadores bioquímicos do metabolismo energético e proteico de preguiças *B. variegatus* em cativeiro.....118

CAPÍTULO I
INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

1. INTRODUÇÃO

Os bichos-preguiça viventes estão classificados taxonomicamente na classe Mammalia, superordem Xenarthra, ordem Pilosa e subordem Folivora, estando ainda distribuídos nas Família Bradypodidae, que compreende as preguiças de três dedos e Megalonychidae, que abrange as preguiças de dois dedos (GARDNER, 2005). Os Bradipodídeos viventes apresentam extensa distribuição biogeográfica, abrangendo áreas desde a América Central e grande extensão da América do Sul (WETZEL, 1982; HAYSSEN, 2009).

Entretanto, a fragmentação de seus habitats por desmatamento, além da caça e acidentes são apontados como principal ameaça à sua sobrevivência (SUPERINA et al., 2010, XAVIER et al., 2015), resultando à nível global para inclusão de algumas espécies ameaçadas de extinção (CITES, 2017; IUCN, 2020). Como consequência das ações antrópicas em muitas áreas nativas, tem sido comum resgates de preguiças atropeladas em rodovias ou advindas de choques com redes elétricas (SUPERINA et al., 2010). A maioria destes animais apresentam lesões graves dos membros, ficando impossibilitados de serem reintroduzidos na natureza, sendo necessária reabilitação em áreas zoobotânicas e pequenos recintos de zoológicos (XAVIER et al., 2015).

Todavia, observações *ex situ* demonstram que preguiças *Bradypus spp.* não se adaptam facilmente ao cativeiro, sobrevivendo por poucos meses (CRANDALL, 1964; RAINES, 2005; CLIFFE et al., 2015). Por serem arborícolas e folívoros estritos em vida livre alimentam-se de uma menor variedade de espécies de vegetais, e na maioria das vezes as plantas preferidas por estes animais não estão disponíveis ao consumo em cativeiro (AVEY-ARROYO, 2002; RAINES, 2005), dificultando as estratégias de manejo alimentar nos processos de reabilitação e/ou conservação.

Em adição à isso, o hábito folívoro pode ter implicações importantes para esses animais, visto que são incapazes de digerir com suas enzimas endógenas a celulose, principal componente da parede celular dos vegetais, além de compostos secundários que podem ser tóxicos aos microorganismos e ao organismo animal mesmo que em pequenas concentrações (CORK e FOLEY, 1991; DEARING et al. 2005). Estudos passados propuseram que para superar as limitações impostas pelo hábito folívoro as preguiças desenvolveram adaptações anatômicas, fisiológicas e

comportamentais (MCNAB, 1978; CORK e FOLEY, 1991; PAULI et al., 2014; CLIFFE et al., 2015), como diminuição da massa corporal e taxa metabólica (MCNAB, 1978; NAGY e MONTGOMERY, 1980), além de um estômago especializado para digestão de alimentos de composição fibrosa (BAUCHOP, 1978; FOLEY et al., 1995).

Contudo, são escassos os estudos demonstrando como ocorre essa digestão e quais componentes vegetais e produtos da fermentação possuem valor nutricional para esses animais e sua relação com o metabolismo. Ademais, são comuns relatos de transtornos digestivos como diarreias, constipação e timpanismo relacionados a uma alimentação inadequada (MORENO et al., 2008; RIANO et al., 2016) e também ao estresse crônico (MESSIAS-COSTA, 2001; MIRANDA e MESSIAS-COSTA, 2007), necessitando de conhecimento da anatomia do trato gastrointestinal para imediato diagnóstico e intervenção clínico-cirúrgica (DÜNNER e PASTOR, 2017).

Nesse sentido, estudos mais detalhados das características anatômicas do estômago, níveis de ingestão de alimentos, digestibilidade de nutrientes, trânsito da digesta, parâmetros da fermentação gástrica e bioquímica sanguínea são importantes para gerar entendimento sobre a nutrição, fisiologia digestiva, metabolismo e ainda produzir informações que possam auxiliar nas avaliações semiológicas, diagnósticos e intervenções clínico-cirúrgicas em preguiças *Bradypus spp.*, fatores cruciais para os programas de reabilitação e/ou conservação de animais em condições *ex situ*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações gerais sobre bichos-preguiça

2.1.2. Origem filogenética

Bichos-preguiça são mamíferos placentários que constituem, com tamanduás e tatus, a supraordem Xenarthra (WETZEL, 1985; GARDNER, 2008). Os Xenarthras representam um dos percursos mais bem-sucedidos de adaptação e evolução entre os eutérios (GAUDIN, 2004; BARGO et al., 2006). O aparecimento dos primeiros Xenarthras é datado do Eoceno, constatado em estudos fósseis e genéticos, há mais de 100 milhões de anos nas terras que formavam a Gondwana (SIMPSON, 1980, CARTELLE, 2000; DELSUC et al. 2018). Ainda no período Cretáceo Inferior divergem de outros mamíferos e desenvolvem-se em grande número nesses territórios e após na América do Sul, acentuado pela deriva continental (HEDGES et al., 1996).

Na América, os Xenarthras surgem no Paleoceno, posterior à separação entre África e América do Sul (EISENBERG, 1989; BERGQVIST et al., 2000) onde desenvolveram-se até o período Plioceno em total isolamento no continente sul americano, irradiando-se em seguida para outras partes do continente após a elevação geológica do istmo do Panamá, na América Central (EISENBERG, 1989). Achados fósseis revelaram registros dos primeiros bichos-preguiça no Eoceno tardio do Chile (McKENNA et al. 2006), outros datam do Oligoceno, apresentando-se como animais terrestres em formas gigantes (POUGH et al., 1993; BARGO et al., 2006).

Foram os maiores xenarthras já existentes, chegando a apresentar cerca de seis metros de altura, como a reconhecida espécie *Megatherium americanum* Curvier 1796 (CARTELLE, 2000; BARGO et al., 2006). Porém, entre o Pleistoceno e o Holoceno devido a rígidos eventos climáticos ocorre extinção de muitas espécies de Xenarthras, principalmente das linhagens de grande porte (SIMPSON, 1980, EISENBERG, 1981), entretanto outros grupos se adaptaram dando origem à animais mais especializados como os bichos-preguiça arbóreos, que surgem nesse período de transição exibindo menor porte e membros dotados de garras (BERGQVIST et al., 2000; MCDONALD et al., 2013; STUART, 2015; STINNESBECK et al., 2017).



Figura 1. Esqueleto articulado de *Megatherium americanum*, Curvier 1796 (MCNM, 2020).

A origem dos bichos-preguiças atuais ainda está indefinida, podendo ter duas vertentes principais, a primeira justificada como sendo monofilética e uma outra como bifilética. Os primeiros estudos filogenéticos mostraram que estes animais teriam separado-se dos tamanduás entre a transição do Paleoceno e o Eoceno há 54 milhões de anos (DELSUC et al., 2001), e possivelmente divergido entre si em Bradipodídeos e Megalonychídeos à cerca de 30 milhões de anos (GAUDIN e MCDONALD, 2008) ou próximo de 25 milhões de anos (DELSUC et al., 2018).

Porém, estudos não descartaram a hipótese de que as espécies viventes sejam originárias de táxons-irmãos (MURPHY et al., 2001), em que Bradipodídeos poderiam ter origem no clado Eufolivora (Tardigradas), enquanto os Megalonychídeos teriam evoluído até os dias atuais a partir de divergência com os Megatherídeos em torno de 26,5 milhões de anos (GAUDIN, 2004; PUJOS et al., 2012; VARELA et al., 2019).

Uma recente análise filogenética realizada por Varela et al. (2019) demonstrou os Bradipodídeos como um táxon-irmão de outras preguiças, inclusive sendo mais contudente com a maioria daquelas filogenias morfológicas levantadas anteriormente por Gaudin (2004), onde teria divergindo dos Eufolivora em tempo estimado em 39 milhões de anos. Para os Bradipodídeos é certo que a primeira divisão foi do ancestral da espécie *B. torquatus* Illiger 1811, porém o tempo de divergência é diferente em

vários trabalhos, tendo as primeiras estimativas temporais para a primeira divisão em 14 milhões de anos (MORAES-BARROS et al., 2011) ou ainda 21 milhões de anos (GIBB et al., 2016).

Ruiz-García et al. (2020) estimou uma divisão temporal para o ancestral da espécie *B. tridactylus* Linnaeus 1758 em torno de 6,6 milhões de anos, enquanto Gibb et al. (2016) determinaram que essa divisão ocorreu a cerca de 5,7 milhões de anos atrás. Moraes-Barros et al. (2011) estimaram a base de diversificação de todas as linhagens de *B. variegatus* Schinz 1825 em torno de 5,0 milhões de anos atrás. Porém, Moraes-Barros e Arteaga (2015) ao analisarem amostras de um indivíduo desta espécie do norte da Colômbia, determinaram que uma divisão temporal ocorreu muito antes, há 8 milhões de anos.

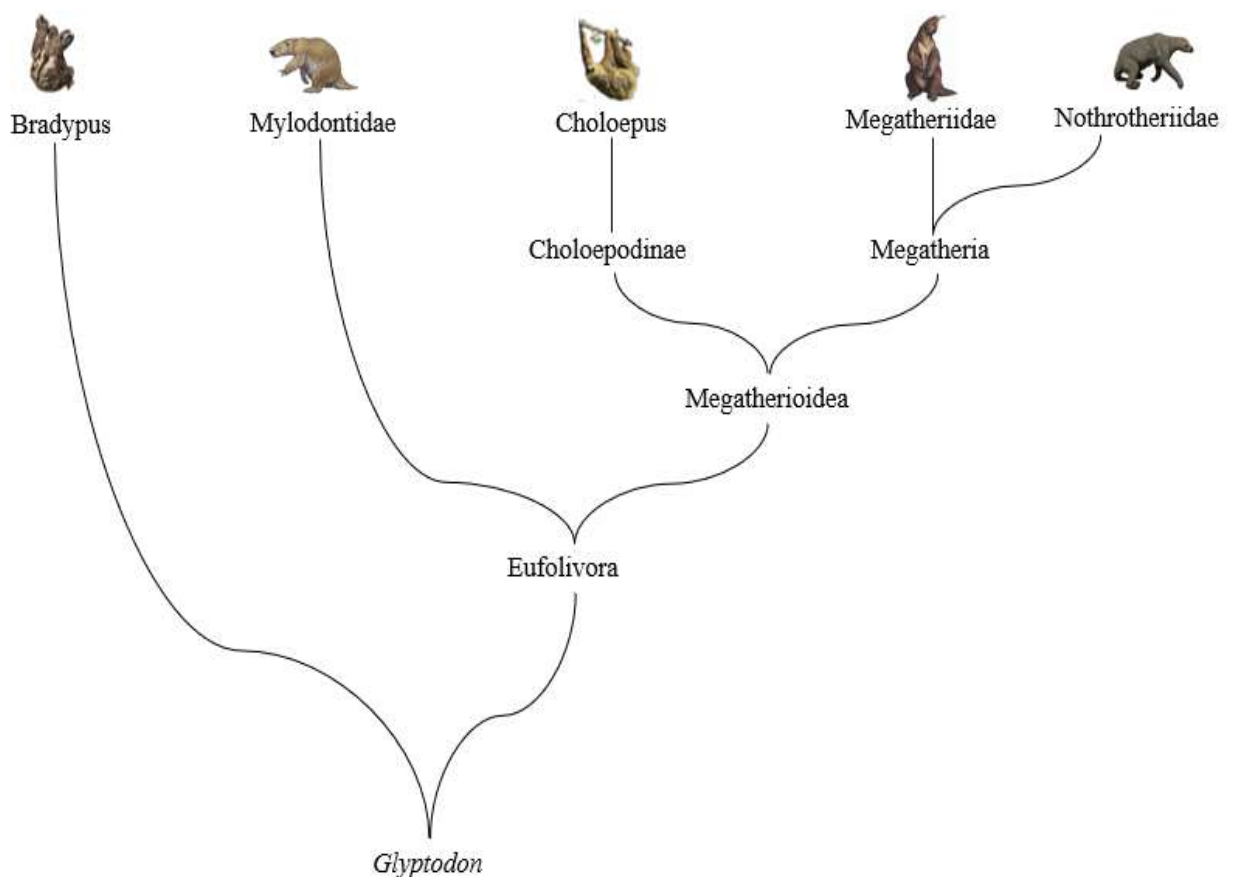


Figura 2. Relações entre preguiças viventes e extintas. Varela et al. (2019).

2.1.3. Sistemática zoológica

Achados fósseis das preguiças terrícolas foram classificados em Tardigradas e ainda divididos em quatro famílias: Megatheriidae, Megalonychidae, Nothoteridae e Mylodontidae (PUJOS et al. 2007; GAUDIN e MCDONALD, 2008). Antes disso, as preguiças extintas e atuais foram classificadas na ordem Edentada, que significa ausência de dentição (GLASS, 1985). Contudo, se constatou que tatus e preguiças apresentam dentes molariformes e esta classificação não seria a mais correta (BERGQVIST, 2000). O termo Xenarthra foi considerado apropriado para preguiças, tamanduás, tatus vivos ou fósseis porque reconheceu as similaridades dos caracteres esqueléticos, como as articulações xenarthrales nas vértebras lombares, de onde provém o nome desta supraordem (GLASS, 1985, GARDNER, 2008).

Com o aparecimento dos estudos moleculares, confirmações filogenéticas de parentesco próximo entre preguiças e tamanduás permitiram que estes fossem organizados nas ordens Pilosa (DE JONG et al., 1985; SARICH, 1985), enquanto os tatus designados como Cingulata (MURPHY et al., 2001). Pertencentes à ordem Pilosa, os bichos-preguiça foram distribuídos ainda à família Phyllophaga, compreendendo também as preguiças extintas, e mais recentemente exclusivamente para a subordem Folivora, devido às convergências de hábito estritamente folívoro (GAUDIN, 2004; GARDNER, 2008).

Os Folivora atualmente exibem apenas duas famílias, todas de pequeno porte, a Bradypodidae, que compreende as preguiças do gênero *Bradypus*, que apresentam três dedos em cada membro e a Megalonychidae, que englobam preguiças do gênero *Choloepus*, estas possuindo dois dedos nos membros anteriores e três dedos nos membros posteriores (WETZEL, 1985, NOWAK, 1999).

2.2. Família Bradypodidae

Na família Bradypodidae são reconhecidas quatro espécies, a *Bradypus variegatus* Schinz 1825, conhecida como preguiça-comum ou garganta-marrom, *B. torquatus* Illiger 1811, chamada frequentemente de preguiça-de-coleira, *B. tridactylus* Linnaeus 1758, comumente notada por preguiça-de-garganta-amarela e *B. pygmaeus* Anderson e Handley Junior 2001, também chamada de preguiça-anã (SUPERINA et

al., 2010; CHIARELLO et al., 2015). GARDNER (2005; 2008) reconheceu algumas subespécies de *B. variegatus* descritas primeiramente por naturalistas do século XIX e XX, diferente daquelas elucidadas e reconhecidas (WETZEL, 1982), considerando algumas características morfológicas externas e nomeando-as segundo as regiões onde foram encontradas.

Pesquisas moleculares das populações de preguiças realizadas por Moraes-Barros et al. (2007), mostraram relevante heterogeneidade genética para a espécie *B. variegatus* em diferentes biomas do Brasil. As divergências no DNA mitocondrial de 28 animais permitiram considerar 6 grupos de animais como unidades significativas evolutivas (ESU), um conceito de biologia evolutiva que levou à discussões sobre especiação que poderiam reconhecer novas espécies de preguiças devido caracteres morfológicos e genéticos. Moraes-Barros et al. (2011) em um estudo mais abrangente de identificação genética de espécies de preguiças *Bradypus spp.* encontrou em algumas populações de *B. variegatus* do rio Tapajós, na Amazônia, características morfológicas intermediárias entre *B. variegatus* e *B. tridactylus*, como pelos dourados na garganta, decorrência de possível introgressão do DNAmt por hibridização que combinariam em uma nova espécie.

Ruiz-García et al. (2020) também confirmou diferença genética de preguiças *B. variegatus* do Rio Tapajós em relação a outras populações desta espécie, porém, sugerindo que tal população pode não ter origem na introgressão de DNA de espécies como proposto anteriormente, mas decorrente de isolamento geográfico do chamado grupo trans-andino, uma população de *B. variegatus* do norte da América do Sul que poderia ter originado todos os *Bradypus spp.* do Atlântico Leste da Amazônia e do Brasil.

Por outro lado, considerando os níveis altos de diferenciação genética dessa população transandina e um conceito estrito de espécies filogenéticas, o clado transandino do norte da Colômbia deveria ser reconhecida como uma espécie diferenciada de preguiça-de-três-dedos, sugerindo nomenclatura de *Bradypus ephippiger* Philippi 1870, já que foi descrita primeiramente no rio Atrato, na Colômbia, por este naturalista no século XIX.



Figura 3. Espécies viventes de Bradipodídeos. A: *B. pygmaeus* (Minngu, 2013); B: *B. torquatus* (Earth, 2020); C: *B. tridactylus* (Flirck, 2020) D: *B. variegatus* (Antonio, 2010).

2.2.2. Distribuição geográfica

Os Bradipodídeos viventes apresentam extensa abrangência geográfica. A espécie *B. tridactylus* ocorre na América do Sul desde as Guianas, Venezuela, Bolívia até ao extremo norte do Brasil, distribuindo-se no bioma amazônico (WETZEL, 1982; HAYSSSEN, 2009; SUPERINA et al., 2010; MIRANDA et al., 2015). Contudo, *B. torquatus* é endêmica da Mata Atlântica, sendo encontrada apenas em regiões nos estados da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro (WETZEL, 1982; EISENBERG e REDFORD, 1999; HAYSSSEN, 2009; SUPERINA et al., 2010; CHIARELLO et al., 2015). A espécie *B. pygmaeus* também é restrita à Ilha de Escudo de Veraguas, uma região costeira do Panamá (ANDERSON e HANDLEY-JÚNIOR, 2001; HAYSSSEN, 2008; SUPERINA et al., 2010).

A espécie *B. variegatus* é mais abundante em termos de distribuição, ocorrendo desde Honduras na América Central até o norte da Argentina na América do Sul,

habitando neste último continente da Colômbia até o oeste e sul da Venezuela, sul no Equador, leste do Peru e Bolívia, além de áreas de florestas do Brasil (WETZEL, 1985; GARDNER, 2007; HAYSEN, 2010; SUPERINA et al., 2010, XAVIER et al., 2015). No Brasil, a preguiça-comum ocorre praticamente em todos os biomas, inclusive em simpatria com as espécies *C. didactylus* e *B. tridactylus* (WETZEL, 1985, XAVIER et al., 2015), o que gera dúvidas sobre a real distribuição geográfica dessas preguiças. Porém, na região amazônica, trabalhos clássicos sustentaram que o Rio Negro e Amazonas acabam sendo uma barreira geográfica, e portanto, limites de ocorrência entre *B. variegatus* e *B. tridactylus* (GARDNER, 2008; HAYSEN, 2010)

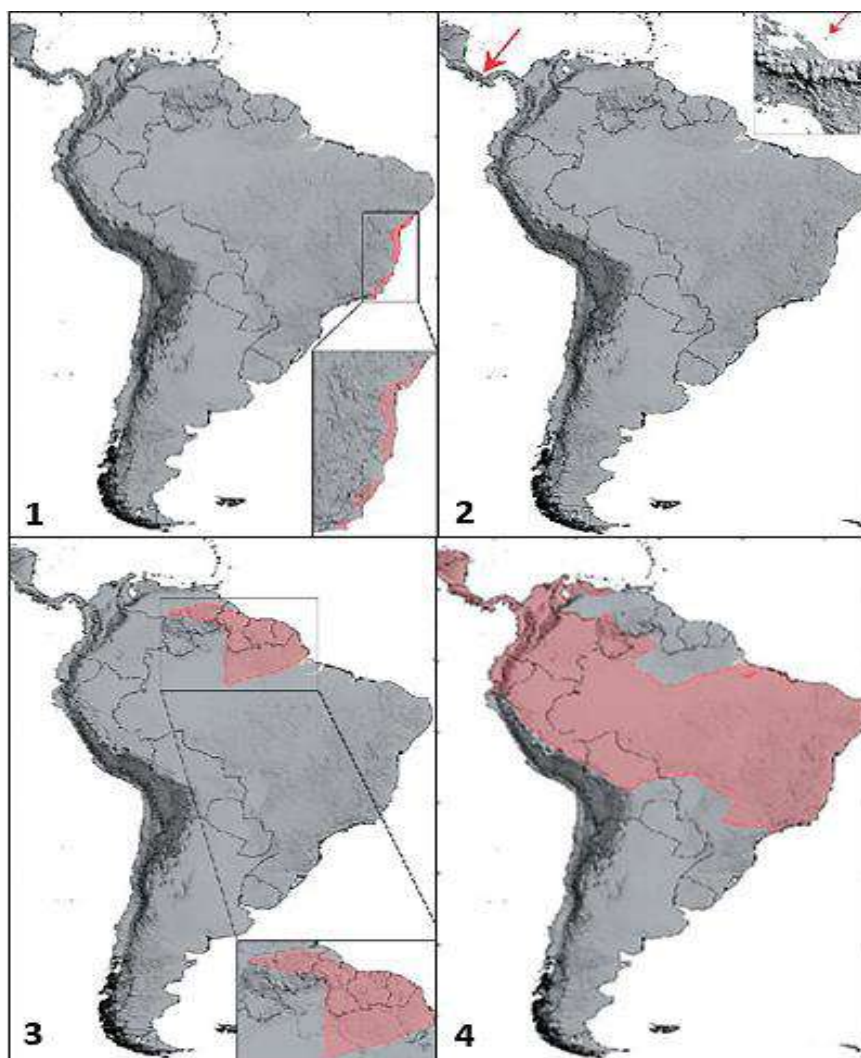


Figura 4. Distribuição biogeográfica dos Bradipodídeos vivos; 1. *B. torquatus*; 2. *B. pygmaeus*; 3. *B. tridactylus*; 4. *B. variegatus*. Adaptado de Superina et al. (2010).

2.2.3. Ameaças de extinção

As inferências sobre os riscos de extinção de uma espécie são baseadas em alguns critérios, tais como diminuição da população durante o espaço de três gerações, extensão de ocorrência e tamanho da área que ocupa, população de indivíduos aptos à reprodução, entre outros, porém para as espécies de bichos-preguiça viventes tem sido considerado apenas a ocorrência geográfica e perda de habitat (IUCN, 2020).

Por exemplo, para *B. torquatus* avaliações sugeriram que esta espécie possuía área de ocupação muito restrita, sendo listada como ameaçada de extinção, contudo levantamentos posteriores mostraram extensão habitada um pouco menor que 1.000 km² dentro da Mata Atlântica brasileira, porém maior que sustentada anteriormente, ainda assim essa área de ocupação estava em declínio contínuo devido à degradação florestal, tornando-os vulneráveis a extinção (SUPERINA et al., 2010).

De forma similar, *B. pygmaeus* é considerada criticamente em perigo, pois possui um alcance muito restrito, encontrada apenas na costa do Panamá, Ilha Escudo de Veraguas, em uma área pequena com menos de 5 km² (SUPERINA et al., 2010; VOIRIN et al. 2014).

Diferentemente, *B. tridactylus* é listada como menos preocupante tendo em vista sua maior distribuição geográfica ainda em uma das áreas mais intocadas da bacia amazônica, apresentando-se em número grandioso de animais, tendo sua extensão de ocorrência estimada em 1.000.000 km² (SUPERINA et al., 2010).

A espécie *B. variegatus* também é considerada menos preocupante, devido sua grande ocorrência em várias áreas protegidas, em grande parte na floresta amazônica, apresentando declínio provavelmente mais lento do que outras espécies, tendo extensão da ocorrência em torno de 10.000.000 km² (SUPERINA et al., 2010).

Contudo, tais dados sobre as populações naturais são antigos, especialmente no que diz respeito à demografia e diversidade genética. De acordo com Superina et al. (2010) a população de preguiça-anã era relativamente pequena na Ilha de Escudo de Veraguas no Panamá, consistindo em menos de 500 indivíduos e estava diminuindo já que havia declínio contínuo na qualidade do habitat e da área total de ocupação.

Atualmente, não há informações precisas sobre o tamanho total da população de *B. pygmaeus* (IUCN, 2020). Dados amostraram um total de 70 indivíduos, e apenas 9 em árvores na região periférica, mas sem estimativa da população total da ilha (KAVIAR et al., 2012). Nos manguezais, a concentração populacional dessa preguiça era relativamente alta, cerca de 5,8 preguiças por hectare (VOIRIN et al., 2014).

No caso da espécie *B. torquatus*, o tamanho populacional é incerto, mas comprovou-se que as populações existentes nos estados da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro são geneticamente diferentes, com os exemplares do norte baiano mais diversos, porém não foi identificado nenhum fluxo de genes entre os animais desses diferentes locais (LARA-RUIZ e CHIARELLO, 2005; MORAES-BARROS et al., 2006).

As estimativas de densidade populacional para *B. tridactylus* relatadas na literatura são diferentes, chegando de 1,7 animais por km² do Sul da Guiana Francesa a 221 animais por km² na região de Manaus, no norte do Brasil (TAUBE et al., 1999; SUPERINA et al., 2010).

Para a espécie *B. variegatus* já foram estimadas desde concentrações menores de 0,6 a 4,5 animais por hectare na Amazônia colombiana (SUPERINA et al., 2010), médias de 2,2 a 6,7 animais por hectare na Amazônia brasileira (QUEIROZ, 1995) e maiores de 8,5 animais por hectare no Panamá (MONTGOMERY e SUNQUIST, 1975).

Apesar disso, Moreno e Plese (2006) já alertavam maiores níveis de ameaça nessas regiões por aumento da fragmentação florestal para nichos da Colômbia. Algumas populações da Amazônia brasileira estavam em declínio, decorrência de capturas para a venda de sua carne em feiras públicas, fins medicinais ou ainda como animal de estimação (SUPERINA et al., 2010; XAVIER et al., 2015).

No bioma da Mata Atlântica a sobrevivência desta espécie também tem se tornado crítica, devido aos processos antrópicos inseridos pelas inúmeras cidades ao longo do litoral brasileiro, que causa alta susceptibilidade às alterações do habitat, como uma mobilidade limitada devido a redução área de vida por fragmentação de florestas (CASTRO-VÁSQUEZ et al., 2010; XAVIER et al., 2015).

Ademais, a fragmentação do habitat também pode ter impacto na sobrevivência das populações devido ao isolamento genético e conseqüentemente diminuição da

variabilidade genética, que podem causar o acúmulo de homozigotos deletérios de componentes de aptidão, como sobrevivência e fecundidade.

À exemplo, Moraes-Barros et al. (2006), estudaram populações de preguiças da Mata Atlântica de São Paulo e Bahia, encontrando baixos níveis de variabilidade genética não somente dentro das populações de *B. torquatus* mas também de *B. variegatus*, observando para esta última espécie significativa diferença genética entre as populações dos dois estados e que provavelmente não havia fluxo gênico entre estas populações.

2.2.4. Hábito alimentar e o desafio para conservação *ex situ*

A frequência de acidentes envolvendo preguiças tem sido cada vez mais elevada, sobretudo em razão do avanço antrópico sobre áreas nativas (SUPERINA et al., 2010). Quando o acidente não leva estes animais à óbito, geralmente ocasiona perda de garras ou de membros inteiros, estruturas corporais imprescindíveis para a sobrevivência, impossibilitando a reintrodução do animal na natureza. Nesses casos, o animal terá que ser mantido em recintos para reabilitação (XAVIER et al. 2015).

Entretanto, preguiças do gênero *Bradypus spp.* não se adaptam facilmente à vida em cativeiro, sobrevivendo poucas semanas, fator associado às características de alimentação (CRANDALL, 1964, RAINES, 2005; CLIFFE et al., 2015). Em vida livre, os animais deste grupo são essencialmente arborícolas e estritamente folívoros (BRITTON, 1941; CASSANO, 2006), ainda que observada ingestão de ramos, brotos, flores e frutos dos dosséis de árvores (GOFFART, 1971; CARMO, 2002).

Tal comportamento alimentar parece estar relacionado com o valor nutricional das folhas que consomem, visto que apresentam preferência alimentar por algumas espécies botânicas (CHIARELLO, 1998), seletividade que não ocorre por animais do gênero *Choloepus spp.*, que costumam ter uma dieta mais generalista, sendo mais facilmente manejadas nessas condições (AVEY-ARROYO, 2002; RAINES, 2005).

Estudos com preguiças *Bradypus sp.* de vida livre identificaram no conteúdo do estômago apenas 28 espécies arbóreas consumidas de um total de 91 espécies (MONTGOMERY e SUNQUIST, 1975). Queiroz (1995) relatou matéria vegetal de 16 espécies dentre 27 plantas identificadas, apontando preferência às plantas das famílias Moraceae, Euphorbiaceae e Bombacaceae. Por outro lado, Urbani e Bosque

(2007) encontraram maior seleção por Cecropiaceae, Clethraceae e Clusiaceae. Embora essas espécies de plantas sejam conhecidas por constituir a dieta destas preguiças em vida livre nem sempre estas espécies estão disponíveis ao consumo nas condições *ex situ*, dificultando as estratégias de manejo alimentar em cativeiro (AVEY-ARROYO, 2002; MORENO et al., 2008).

Em adição, tais preguiças possuem uma ingestão alimentar incomumente baixa comparada a outros mamíferos de mesmo tamanho e peso similar (NAGY e MILTON, 1979; CLIFFE et al., 2015). Estimativas mostram que uma preguiça adulta da espécie *B. variegatus* em vida livre consome cerca de 60 g/dia de matéria seca por dia (NAGY e MONTGOMERY, 1980). Em cativeiro, os raros estudos mostram que os valores são tão baixos quanto em vida livre, cerca de 17g em relação ao peso corporal, tornando-se um desafio alimentá-las (CLIFFE et al., 2015).

Em agravante à isso, transtornos digestivos como diarreias, constipação e timpanismo são comuns nas condições *ex situ*, estando quase sempre associado ao tipo de dieta fornecida (MORENO et al., 2008; RIANO et al., 2016) e também ao estresse crônico (MIRANDA e MESSIAS-COSTA, 2007), requerendo dos profissionais diagnóstico e intervenção clínico-cirúrgica (DÜNNER e PASTOR, 2017).

2.2.5. Características morfofisiológicas

Em geral, são animais de pequeno porte, mas o tamanho corporal de um animal adulto varia conforme a espécie e sexo, sendo *B. pigmaeus* considerada de menor tamanho, medindo cerca de 50cm e pesando 2,5 a 3,5Kg (ANDERSON e HANDLEY JÚNIOR, 2001; HAYSSEN, 2008) e a espécie *B. torquatus* de maior tamanho e peso corpóreo, com 75cm e de 4,6 a 10,1Kg (EISENBERG e REDFORD 1999; LARA-RUIZ e CHIARELLO, 2005; DIAS et al. 2009). O dimorfismo sexual entre machos e fêmeas pode ser identificado através da presença do espéculo, uma mancha dorsal amarelo-alaranjado com uma linha central preta na região dorsal dos machos, porém ausente nas fêmeas (WETZEL 1985; EISENBERG e REDFORD 1999; HAYSSEN 2009).

As diferenças nas pelagens também permitem identificação destes animais. A espécie *B. torquatus* possui pelagem castanho-claro por todo o corpo, sem distinção entre o dorso e o abdômen, e pelos longos e pretos ao redor do pescoço, formando

um tipo de coleira que geralmente é mais evidente nos machos, mas ausente nas fêmeas, filhotes e juvenis (EISENBERG e REDFORD 1999; CHIARELLO et al., 2015).

O pelame de *B. tridactylus* é marrom-acinzentado, porém amarelo na região da testa e da garganta, sendo escuros na região dos ombros, e ainda os juvenis são mais cinzentos do que os adultos (HAYSSSEN, 2009; MIRANDA et al., 2015). A pelagem na espécie *B. pigmaeus* é predominantemente cinza com uma coloração alaranjada na região dos olhos (ANDERSON e HANDLEY JÚNIOR, 2001, HAYSSSEN, 2008).

Já a espécie *B. variegatus*, objeto deste estudo, possui coloração alternando de marrom-pálido à marrom-amarelado, com manchas brancas concentradas na parte dorsal próxima aos membros posteriores (EMMONS 1990; EISENBERG e REDFORD 1999, XAVIER et al., 2015), além de apresentar uma faixa enegrecida na região dos olhos, estendendo-se para baixo pelas laterais da face (WETZEL 1985, MIRANDA e COSTA 2006).

A sustentação do seu corpo dá-se por um esqueleto de característica peculiar, sobretudo no tocante a coluna vertebral, podendo apresentar de oito a nove vértebras cervicais, que permitem movimentar a cabeça de cima para baixo e de um lado a outro, sendo as articulações atlantooccipital e atlantoaxial responsáveis por estes deslocamentos (HAUTIER et al., 2010). Em sequência à estas, as vértebras torácicas apresentam-se entre 14 e 15 vértebras, sendo que geralmente nas últimas três estão inseridas as costelas falsas que ajudam a delimitar a cavidade abdominal (NOWAK, 1999).

As vértebras lombares mostram-se em menor número, sendo apenas quatro, enquanto que a fusão de seis corpos vertebrais forma o sacro, inserindo-se ainda nos ossos coxais para formar o sinsacro (WETZEL, 1985). Ao longo da coluna vertebral, mais precisamente na última vértebra torácica, nas vértebras lombares e na primeira vértebra sacral são comumente encontrados processos denominados xenarthrales, localizado ventralmente ao processo mamilar para se articularem com a base do processo transversal da vértebra anterior, permitindo que tenham estabilidade para assumir a postura ereta (ALBUQUERQUE et al., 2019), posição associada à defesa e obtenção de alimentos (WETZEL, 1982).

Aos aspectos do sistema digestório, estudos demonstraram que estas preguiças possuem dezoito dentes, todos molariformes com cúspides e espaços interdentes (ALBUQUERQUE et al., 2016), podendo estar relacionado ao processo de maceração

de folhas para facilitar a digestão no estômago (AZARIAS et al., 2006). Apresentam um esôfago estreito, situado exclusivamente no antímero esquerdo do pescoço, com trajeto retilíneo e ausência de flexura, diferentemente dos carnívoros e a maioria dos herbívoros domésticos (MESQUITA et al., 2019).

O estômago dos Bradipodídeos é alvo de estudos desde o século passado e foi relatado de maneira breve inicialmente por Sonntag (1921) e Wislocki (1928) como um imenso órgão no abdômen e compartimentado em algumas câmaras gástricas. Contudo, diferentes classificações morfológicas são encontradas quanto à morfologia, onde alguns autores já dividiram este órgão em três regiões com apenas 2 câmaras principais, um apêndice e 2 pré-píloros (BRITTON, 1941), três regiões sendo 1 câmara maior e 2 câmaras de conexão, 1 apêndice e 2 pré-píloros (LANGER, 1988), ou ainda 3 câmaras, 1 divertículo e 2 pré-píloros (MESQUITA et al., 2015) e também 4 câmaras, 1 divertículo e 2 pré-píloros (REZENDE et al., 2011). Aparentemente nessas câmaras gástricas ocorre fermentação por microrganismos simbiotes como bactérias e fungos sobre as frações dos alimentos ingeridos (BAUCHOP, 1978; FOLEY et al., 1995), entretanto com finalidade ainda não esclarecida.

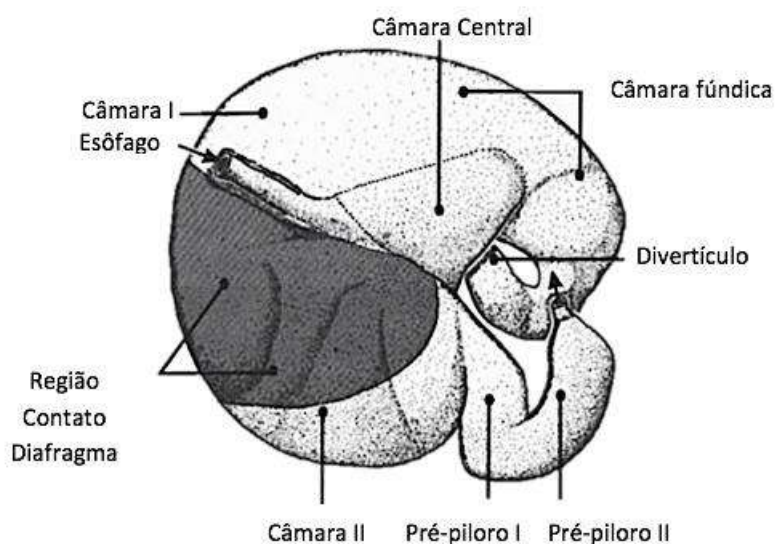


Figura 5. Anatomia do estômago de *B. tridactylus* proposta por Langer (1988).

Em relação aos intestinos delgado e grosso são considerados mais curtos em relação a maioria dos mamíferos (BRITTON, 1941, GOFFART, 1971; CARVALHO et al., 2014), onde o primeiro chegou a medir apenas 163,59cm para machos e 151,28cm

nas fêmeas, enquanto o segundo apresentou 43,35cm e 44,47cm de comprimento, respectivamente (FONSECA FILHO et al., 2018).

De modo geral, apresentam baixa taxa metabólica, considerada uma das menores entre os mamíferos (BRITTON e ATKINSON, 1938). A taxa metabólica de repouso foi estimada em 40% do valor esperado para seu peso corporal, com gasto médio de energia em 95,5Kcal por dia (MCNAB, 1982). Em contrapartida, Nagy e Montgomery (1980) estipularam uma taxa basal um pouco maior de até de 74% com valor de 147 KJ/dia, ainda assim menor em relação à outros folívoros arbóreos (NAGY e MILTON, 1979).

Na literatura parece não haver consonância para explicar essa característica peculiar. Alguns autores afirmam que a menor taxa metabólica pode ser atribuída à musculatura pouco desenvolvida, cerca de 25% do peso corporal, o que exigiria menor demanda de energia (MCNAB, 1982). Outros propõem que o baixo metabolismo deve-se ao fato da alimentação folívora ser energeticamente desfavorável à contribuição metabólica (NAGY e MONTGOMERY, 1980; COLEY e BARONE, 1996) e também por possuir componentes que poderiam ser tóxicos ainda que em menores concentrações (FREELAND e JANZEN, 1974; STRIER, 1992), o que explicaria as preferências por folhas jovens de algumas espécies de plantas, por apresentarem menores proporções de taninos e alcaloides (NAGY e MONTGOMERY, 1975; CHIARELLO, 1998; CLIFFE et al., 2015).

São heterotérmicos e, semelhantemente à muitos poiquilotérmicos, requerem métodos comportamentais e fisiológicos para termorregulação, exibindo flutuações diárias na temperatura central de até 10°C (BRITTON e ATKINSON, 1938; IRVING et al., 1942). A espécie *B. variegatus* exibe temperatura entre 30 e 34°C, sendo mais baixas quando estão inativas (GILMORE e DA COSTA, 1995).

3. O estômago dos mamíferos herbívoros

3.1. Anatomia e histologia

O estômago é uma região dilatada do tubo digestório, que se interpõe entre o esôfago e o intestino delgado (KÖNIG e LIEBICH, 2021), em que ocorrem importantes processos de digestão, que dá-se pela diminuição de grandes partículas de alimentos

em moléculas menores passíveis de absorção pelas células intestinais (DYCE et al., 2019). Apresenta variação anatômica quanto à morfologia, podendo ser unicavitário quando apresenta apenas um único compartimento ou pluricavitário possuindo várias cavidades (KÖNIG e LIEBICH, 2021).

Quanto ao revestimento da mucosa, o estômago unicavitário pode ser simples quando revestido por tecido glandular como nos gatos e cães (DYCE et al., 2019) ou composto quando é constituído por mucosa glandular e aglandular como nos suínos e equinos (KÖNIG e LIEBICH, 2021). Embora o estômago da maioria dos mamíferos seja uma dilatação simples do trato digestivo que é revestido com mucosa cárdica, gástrica própria ou fúndica e pilórica, ele pode variar em seu revestimento epitelial, tamanho e forma (STEVENS e HUME, 1995).

Nos mamíferos herbívoros observa-se os dois tipos de estômago supracitados, porém com exceção dos equídeos, lagomorfos e alguns roedores que possuem este órgão unicavitário pois são fermentadores de ceco e cólon (DYCE et al., 2019) a maior parte dos herbívoros domésticos ou silvestres apresentam forma variável e que está associado à sua funcionalidade. O estômago dos macrópodes, marsupiais, sirênios, hyrax e a maioria dos artiodáctilos, alguns roedores e preguiças possuem o segmento estomacal saculado e compartimentado (CLEMENS, 1977, LANGER, 1984).

Esses estômagos pluricavitários apresentam mucosa composta, com regiões aglandulares e glandulares (KÖNIG e LIEBICH, 2021; DYCE et al., 2019). A mucosa aglandular está associada a processos fermentativos e digestão microbiana, enquanto na região glandular ocorre a secreção de enzimas endógenas, hormônios e ácidos que auxiliam a digestão química (HOFMANN, 1989).

Os primeiros mamíferos herbívoros podem ter sido os fermentadores do cólon, (HUME e WARNER, 1980). Contudo, o aparecimento de fermentadores de ceco teria permitido uma evolução para uma digestão mais anterior do intestino. Os primeiros fermentadores de ceco podem ter se alimentado de invertebrados e usado bactérias para quebrar a quitina, o carboidrato estrutural do tegumento de muitos invertebrados (STEVENS e HUME, 1995).

Acredita-se que a evolução de um mecanismo de separação do cólon permitiu a retenção seletiva de partículas vegetais menores e mais rapidamente digeríveis no ceco e o mais trânsito rápido de partículas maiores de digesta através de um cólon relativamente curto. A liberação periódica de conteúdo cecal (cecotrofia) forneceria

fezes altamente nutritivas e aumentaria as vantagens da coprofagia, que é vista na maioria dos outros mamíferos apenas em dietas deficientes em nutrientes. Atualmente visualiza-se tal característica apenas em lagomorfos, alguns roedores e marsupiais arbóreos, alguns primatas herbívoros (STEVENS e HUME, 1995).

Porém, os climas mais frios e secos durante o Mioceno reduziram a rápida taxa de crescimento e aumentaram a lignificação por muitas plantas, com proporção alta de celulose e hemicelulose, forçando a adaptação de muitas espécies de herbívoros a desenvolverem expansões dos estômagos para armazenamento de alimentos e uso secundário do ceco, incluindo os megaherbívoros sulamericanos (BODMER, 1989). Essas características foram mantidas por grande parte dos herbívoros terrestres como nos ruminantes domésticos e silvestres (HOFMANN, 1989), dromedários, camelos, alpacas, lhamas, guanacos, pecários como hipopótamos, javalis (STEVENS e HUME, 1995) e folívoros arbóreos como as preguiças (LANGER, 1984).

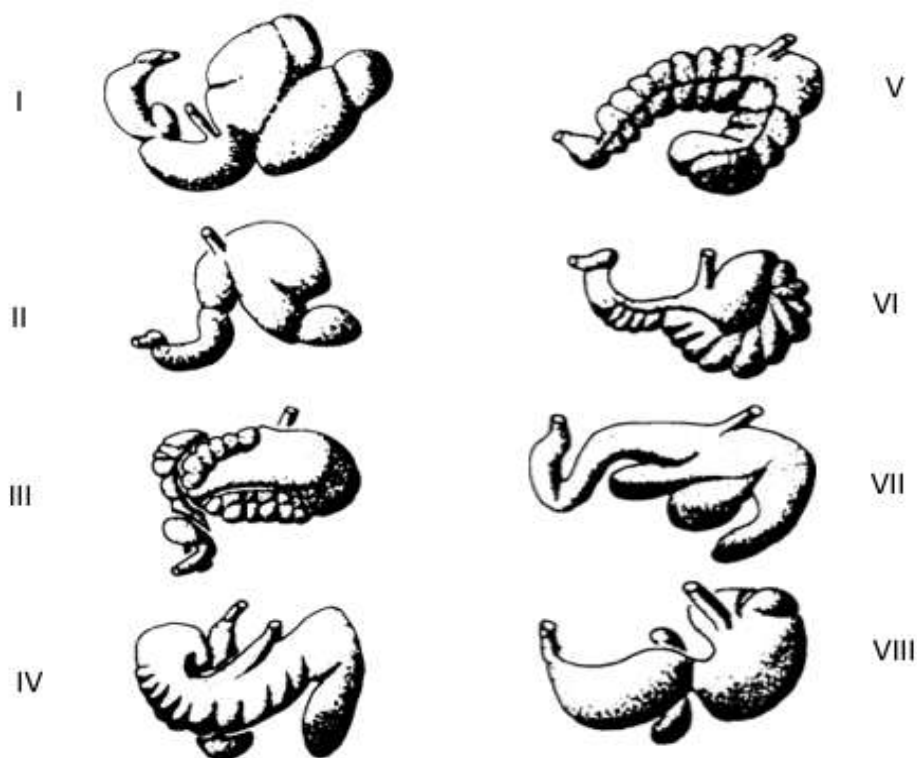


Figura 6. Estômagos pluricavitários de alguns mamíferos herbívoros: I. Camelídeos, II. Hipopotámos, III. Pecários, IV. Babirudeos, V. Cangurus, VI. Colobídeos, VII. Preguiças, VIII. Sirênios (Modificado de Langer, 1984).

O revestimento mucoso do estômago glandular unicavitário é majoritariamente composto por uma mucosa de epitélio colunar simples que se invagina em direção à lâmina própria e forma inúmeras glândulas gástricas tubulares ramificadas (KÖNIG e LIEBICH, 2021). Tais irregularidade da superfície decorre da abertura de invaginações epiteliais, as fossetas, também chamadas de foveolas ou criptas gástricas, onde são lançadas as secreções que alcançam o lúmen do órgão (GARTNER e HIATT, 2007).

Nesses estômagos, sempre está presente uma camada muscular da mucosa, composta por músculo liso organizada em camadas delgadas logo após as glândulas gástrica, seguida por uma camada submucosa, formada por tecido conjuntivo denso com fibras colágenas e elásticas na matriz e predominância de fibroblastos e fibrócitos e ainda podem ser vistos dispersos por essa camada vasos sanguíneos e linfáticos (EURELL e FRAPPIER, 2006). A musculatura segue o padrão para o tubo digestório com músculos organizados em duas camadas, circular interna e longitudinal externa, podendo ocorrer terceira camada que se apresenta com fibras musculares oblíquas em uma posição mais interna do que a circular (SAMUELSON, 2007).

As glândulas da mucosa gástrica podem ser divididas em três tipos, glândulas cárdicas, glândulas próprias ou fúndicas e glândulas pilóricas e suas distribuições ao longo do estômago denominam as regiões anatômicas do órgão nos animais (KÖNIG e LIEBICH, 2021). A mucosa próxima ao local onde o esôfago se une ao estômago é aglandular, enquanto a mucosa glandular reveste o restante do estômago (DYCE et al., 2019).

As glândulas da região cárdica são constituídas por células superficiais secretoras de muco, células endócrinas, mas são escassas de células parietais. As glândulas fúndicas contêm células parietais, principais e entero-endócrinas, ocorrendo em toda a mucosa gástrica, com exceção do cárdia e do piloro. As glândulas pilóricas contêm células superficiais, algumas células parietais, principais e sobretudo células mucosas do colo (GARTNER e HIATT, 2007).

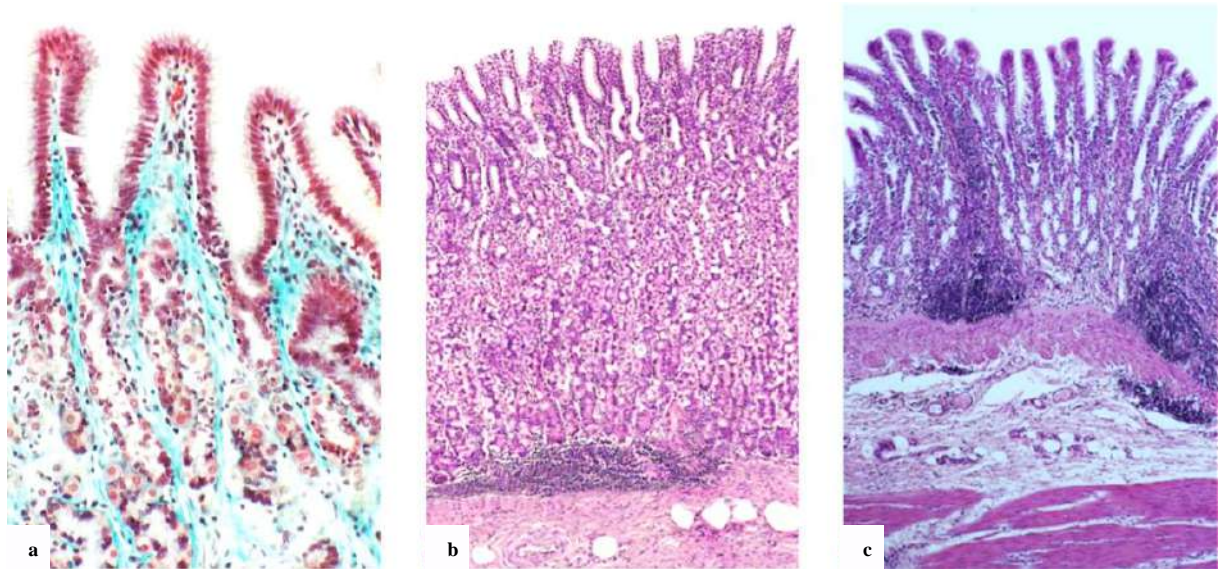


Figura 7. Tecidos glandulares do estômago unicavitário de um mamífero carnívoro, (a) glândulas cárdicas na lâmina própria e fóveas gástricas; (b) glândulas gástricas próprias tubulares na lâmina própria; (c) glândulas pilóricas na lâmina própria (KÖNIG e LIEBICH, 2021).

As glândulas gástricas se diferenciam quanto à natureza da secreção que produzem em que as glândulas cárdicas e pilóricas funcionam principalmente para a produção de muco, o qual propicia uma barreira protetora para a mucosa contra o suco gástrico por meio do revestimento da face interna do estômago e do abrandamento da acidez do suco gástrico, já as glândulas fúndicas sintetizam principalmente pepsinogênio, o precursor de pepsina, fontes de íons de cloreto e hidrogênio, fator intrínseco essencial para a reabsorção de vitamina B12 no íleo (GARTNER e HIATT, 2007; KÖNIG e LIEBICH, 2021).

Em contrapartida, uma parte considerável dos mamíferos herbívoros possuem um segmento expandido, saculado ou compartimentado dos estômagos formado por epitélio escamoso estratificado queratinizado, sendo os responsáveis pela digestão enzimática dos carboidratos complexos, especialmente a celulose, a qual constitui uma grande parte da dieta regular desses animais, e a produção de ácidos graxos de cadeia curta como acetato, propionato e butirato, com auxílio de bactérias anaerófilas (LANGER, 1984; STEVENS e HUME, 1995).

Na mucosa dessas câmaras gástricas são encontradas diversas papilas, que são prolongamentos de sua túnica mucosa, formadas por tecido conjuntivo com fibras de colágeno e elastina, ricamente vascularizadas, com tamanhos e formas variáveis de acordo com a idade, dieta e região anatômica (STEVENS e HUME, 1995; EURELL e FRAPPIER, 2006). Essas papilas aumentam a área de contato da mucosa com o alimento, facilitando a absorção de nutrientes e o transporte de íons através do epitélio (LANGER, 1984; CHURCH, 1993).

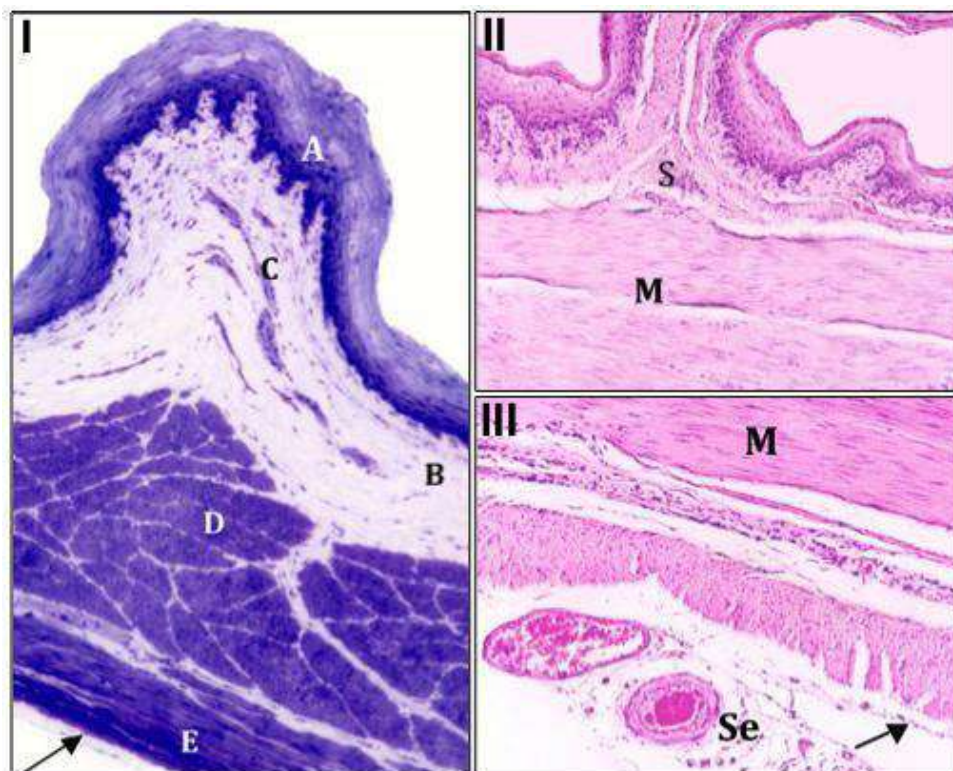


Figura 8. Tecido aglandular do estômago de um pluricavitário silvestre (I, II e III): A. papila revestida por epitélio estratificado queratinizado; (B) túnica submucosa; (C) discreta muscular da mucosa; (D) túnica muscular circular interna; (E) túnica muscular longitudinal externa (E); (seta preta) túnica serosa; (S) túnica submucosa composta por fibras colágenas, elásticas e vasos sanguíneos; (M) músculo liso; (Se) vasos sanguíneos (MACHADO et al., 2015).

Sendo estratificado e queratinizado esse epitélio também auxilia em algumas funções importantes como proteção contra injúrias mecânicas do alimentos grosseiros e microrganismos patogênicos (EURELL e FRAPPIER, 2006). A partir da superficial mucosa algumas camadas celulares são encontradas, o estrato córneo, granuloso,

espinhoso e basal. O estrato córneo é a camada externa e queratinizada, conferindo proteção, o estrato granuloso possui até três camadas de células, o estrato espinhoso possui diversas camadas de células e são responsáveis pela metabolização de ácidos graxos voláteis (CHURCH, 1993; EURELL e FRAPPIER, 2006).

A submucosa acaba por se fundir a lâmina própria sem demarcação evidente, visto que não há camada muscular da mucosa e a túnica muscular é constituída por uma camada dupla de músculo liso, onde a camada interna é constituída por fibras circulares e a camada externa por fibras longitudinais (SAMUELSON, 2007), enquanto a camada serosa contém vasos sanguíneos, linfáticos e nervos, formadas por tecido conjuntivo colágeno elástico e coberta por mesotélio (EURELL e FRAPPIER, 2006).

4. OBJETIVOS

4.1. GERAL

- Descrever a anatomia do estômago e analisar consumo, digestibilidade, parâmetros fermentativos e metabólitos bioquímicos em *Bradypus variegatus*

4.2. ESPECÍFICOS

- Descrever a holotopia, topografia regional e sintopia do estômago;
- Descrever macroscopicamente a morfologia externa e interna do estômago;
- Caracterizar histologicamente os segmentos anatômicos do estômago;
- Determinar níveis de ingestão e digestibilidade *in vivo* de matéria seca e nutrientes;
- Determinar o tempo de trânsito da digesta, tempo de retenção e taxa de passagem;
- Determinar produtos da fermentação *in vitro* de interesse nutricional e fisiológico;
- Determinar metabólitos sanguíneas do metabolismo energético e proteico.

5. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P.V.; AMORIM, M.J.A.A.L.; FONSÊCA FILHO, L.B.; ALCANTARA, S.F.; MIRANDA, M.E.C.L.; ANDRADE, G.P.; NASCIMENTO, J.C.S. Descrição do processo xenarthro em *Bradypus variegatus*. *Medicina Veterinária*, v. 13, n. 4, p. 567-570, 2019.
- ALBUQUERQUE, P.V.; SANTOS, F.C; GALVÃO, A.P.O.; JÚNIOR, F.C.A.A; ROSAS, E.P.; D'EMERY, M.B.; FREITAS, M.F.L. Morphological analysis of teeth in *Bradypus variegatus* Schinz, 1825 (Mammalia, Bradypodidae). *Biotemas*, v. 29, n. 3, p.35-40, 2016.
- ANDERSON, R. P.; HANDLEY JÚNIOR, C. O. A New Species of Three-toed (Mammalia: Xenarthra) from Panamá, with a Review of the Genus *Bradypus*. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, v. 114, n. 1, p. 1-33, 2001.
- AZARIAS, R.E.G.R.; AMBRÓSIO, C.A.; MARTINS, D.S.; OLIVEIRA, V.L.; BENETTI, E.; FERREIRA, J.F.; MIGLINO, M.A. Morfologia dos dentes do bicho-preguiça de coleira (*Bradypus torquatus*), Illiger, 1811. *Biotemas*, v.19, n.4, p. 73-84, 2006.
- BARGO, M. S.; DE IULIIS, G.; VIZCAÍNO, S. F. Hypsodonty in Pleistocene ground sloths. *Acta Palaeontologica Polonica*, v. 51, n. 1, p. 53-61, 2006.
- BRITTON, S.W. Form and function in the sloth. *Quarterly Review of Biology*, v.16, p.196-207, 1941.
- BEEBE, W. The three-toed sloth. *Zoologica*, v.7, p.1-67, 1926.
- BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiology Review*, v.10, p.567- 589, 1990.
- BERGQVIST, L. P.; ABUHID, V. S.; GIUDICE, G. M. Mamíferos. In: *Paleontologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 2000. p. 595-623.
- BODMER, R. E. Frugivory in Amazon Artiodactyla: evidence for evolution of the ruminant stomach. *J. Zool. (Lond.)* 219: 445-467, 1989.
- CASTRO-VÁSQUEZ, L. et al. Activity patterns, preference and use of floristic resources by *Bradypus variegatus* in a tropical dry forest fragment, Santa Catalina, Bolívar, Colombia. *Edentata*, v. 11, n.1, p. 62-69, 2010.
- CASSANO, C. R. Ecologia e conservação da preguiça - de - coleira (*Bradypus torquatus* Illiger, 1811) no sul da Bahia. 2006. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zoologia). Universidade Estadual de Santa Cruz, Bahia. 2006.

CARMO, N.A.S. Distribuição, densidade e padrão de atividades de *Bradypus tridactylus* (Mammalia, Xenarthra) em fragmento florestal na Amazônia Central. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2002.

CARTELLE, C. Preguiças terrícolas, essas desconhecidas. *Ciência Hoje*, v. 27, n. 161, p. 18-25. 2000.

CARVALHO, M. M.; PIERI, N. C. G.; PEREIRA, K. F.; LIMA, F. C.; CARNIATTO, C. H. O.; MIGLINO, M. A.; RICCI, R. E.; MARTINS, D. S. Caracterização comparativa do intestino das espécies da Ordem Xenarthra¹. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v.34, n.1, p.49-56, 2014.

COLEY, P.D.; BARONE, J.A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v.27, p. 305-335, 1996.

CHIARELLO, A.G.; MIRANDA, F.R.; XAVIER, G.A.A.; MORAES-BARROS, N.; VAZ., S.M. Avaliação do Risco de Extinção de *Bradypus torquatus* Illiger, 1811 no Brasil. In: Avaliação do Risco de Extinção dos Xenartros Brasileiros – ICMBIO. 2015.

CLEMENS, E.T. Sites de produção de ácido orgânico e padrões de movimento da digesta no trato gastrointestinal do Rock Hyrax. *Journal of Nutrition* 107, 1954-1961, 1977.

DE JONG, W. W.; ZWEERS, A.; JOYSEY, K. A.; GLEAVES, J. T.; BOULTER, D. Protein Sequence Analysis Applied to Xenarthran and Pholidote Phylogeny. In: Montgomery, G. G. (Ed.). *The Evolution and Ecology of Armadillos, Sloths, and Vermilinguas*. Washington and London: Smithsonian Institution Press, 451p., 1985.

DELSUC, F.; CATZEFLIS, F.M.; STANHOPE, M.J.; DOUZERY, E.J. THE evolution of armadillos, anteaters and sloths depicted by nuclear and mitochondrial phylogenies: implications for the “status” of enigmatic fossil *Eurotamandua*. *Proceedings of the Royal Society of London*, n. 268, p. 1605-1615, 2001.

DELSUC, F.; STANHOPE, M. J.; DOUZERY, E. J. P. Molecular systematic of armadillos (Xenarthra, Dasypodidae): contribution of maximum likelihood and Bayesian analyses of the mitochondrial and nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 28, p. 261-275, 2003.

DELSUC, F., KUCH, M.; GIBB, G.C.; HUGHES, J.; SZPAK, P., SOUTON, J.; ENK, J.; DUGGAN, A.T., POINAR, H.N. Resolving the phylogenetic position of Darwin's extinct ground sloth (*Mylodon darwini*) using mitogenomic and nuclear exon data. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v.16, n. 285, p.1-10, 2018.

DIAS, B.B.; SANTOS, L.A.D.; LARA-RUIZ, P.; CASSANO, C. R.; PINDER, I.; CHIARELLO, A.G. First observation on mating and reproductive seasonality in maned

sloths (*Bradypus torquatus*) Pilosa: Bradypodidae. *Journal of Ethology*, v. 27, p. 97-103, 2009.

DYCE, K. M., WENSING, C. J. G.; SACK, W. O. *Tratado de Anatomia Veterinária*, Rio de Janeiro, 5th ed., Elsevier, 872p, 2019.

EISENBERG, J. F. The Edentata. In: *The Mammalian Radiations*. Chicago: The University of Chicago Press, p. 42-56, 1981.

EISENBERG, J. F.; REDFORD, K. H.. *Mammals of the Neotropics: The Central Neotropics. Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil. v. 3*. Chicago: The University of Chicago Press, Chicago, 1999.

EMMONS, L. H. *Neotropical rainforest mammals. a field guide*. Chicago: University of Chicago Press, 1990.

EURELL, J.; FRAPPIER, B. L. The digestive system. In: *Dellmann's Textbook of Veterinary Histology*. Iowa, 6th ed., Wiley-Blackwell, 326p, 2006.

FOLEY, W. J.; ENGELHARDT, W.V.; CHARLES-DOMINIQUE, P. The passage of the digesta, particle size, and in vitro fermentation rate in the three-toed sloth *Bradypus tridactylus* (Edentata: Bradypodidae). *Journal of Zoology*, v.236, p.681-696, 1995.

FOLEY, W.J.; HUME, I.D. Digestion and metabolism of high-tannin eucalyptus leaves by the brushtail possum (*Trichosurus vulpecula*) (Marsupialia: Phalangeridae). *Journal of Comparative Physiology*, v.157, p67-76, 1987.

FONSECA FILHO, L.B.; ALBUQUERQUE, P.V.; ALCÂNTARA, S.F.; NASCIMENTO, J.C.S; MIRANDA, M.E.L.C.; ANDRADE, G.P.; PEREIRA, L.B.S.B.; MENEZES, F.B.A.; MESQUITA, E.P.; AMORIM, M.J.A.A.L. Macroscopic description of small and large intestine of the sloth *Bradypus variegatus*. *Acta Scientiae Veterinariae*. v. 46, 1613, p.1-6, 2018.

FREELAND WJ, JANZEN DH. Strategies in herbivory by mammals: the role of plant secondary compounds. *American Naturalist*, v. 108, p.269-289, 1974.

GAUDIN, T. J. Phylogenetic relationships among sloths (Mammalia, Xenarthra, Tardigrada): the craniodental evidence. *Zoological Journal of the Linnean Society*, v. 140, p. 255-305, 2004.

GAUDIN, T.J.; MCDONALD, H.G. Phylogeny of the Xenarthra - morphological reconstruction of evolutionary relationships among extant and fossil xenarthrans. In: VIZCAÍNO, S.F., LOUGHRY J., editors. *The biology of the xenarthra*. Gainesville (FL): University of Florida Press, p. 24-36, 2008.

GARDNER, A. L. Order Pilosa. In: WILSON, D. E.; REEDER, D. M. (ed.). Mammal Species of the World. Baltimore: Johns Hopkins University Press, v. 1, p. 100-103, 2005.

GARDNER, A. L. Mammals of South America. Chicago: University of Chicago Press, 2008.

GARTNER, L. P.; HIATT, J.L. Atlas Colorido de Histologia. Rio de Janeiro, 4th ed., Guanabara Koogan, 263p, 2007.

GIBB, G.C.; CONDAMINE, F.L.; KUCH, M.; ENK, J.; MORAES-BARROS, N.; SUPERINA, M.; POINAR, H.N., DELSUC, F. Shotgun mitogenomics provides a reference phylogenetic framework and timescale for living xenarthrans. Molecular Biology Evolution, v.33, p. 621-642, 2016.

GLASS, B.P. History of classification and nomenclatura in Xenarthra (Edentata). In: MONTGOMERY, G. G. (Ed.). The evolution and ecology of armadillos, sloths and vermilinguas, Smithsonian Institution Press, Washington and London, 1985. 451p.

HAUTIER, L.; WEISBECKER, V.; SÁNCHEZ-VILLAGRA, M. R.; GOSWAMI, A.; ASHER, R. J. Skeletal development in sloths and the evolution of mammalian vertebral patterning. Washington: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 107, n. 44, p. 189-190, 2010.

HAYSSEN, V. *Bradypus pygmaeus* (Pilosa: Bradypodidae). Mammalian Species. 812: p.1-4, 2008.

HAYSSEN, V. *Bradypus tridactylus* (Pilosa: Bradypodidae). Mammalian Species. 839: p.1-9., 2009.

HAYSSEN, V. *Bradypus torquatus* (Pilosa: Bradypodidae). Mammalian Species. 829: p.1-5, 2009.

HAYSSEN, V. *Bradypus variegatus* (Pilosa: Bradypodidae). Mammalian Species, 42, p. 19–32., 2010.

HOFMANN, R. R. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. Oecologia, 78, 443-457, 1989.

HUME I.D.; WARNER A.C.I. Evolution of microbial digestion in mammals. In: Ruckebusch Y., Thivend P. (eds). Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. Springer, Dordrecht. 1980, 550p

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE – IUCN. Link para acesso em <https://www.iucnredlist.org/>. 2020.

KÖNIG, H.E.; LIEBICH, H.G. Anatomia dos Animais Domésticos: Texto e Atlas Colorido, Artmed; 7th ed, 856p, 2021.

LARA-RUIZ, P.; CHIARELLO, A. G. Life-history traits and sexual dimorphism of the Atlantic Forest maned sloth *Bradypus torquatus* (Xenarthra: Bradypodidae). *Journal of Zoology*, v. 267, p. 63–73, 2005.

LANGER, P. Stomach evolution in the Artiodactyla. *Mammalia*, 38 (2), 295-314, 1974.

LANGER, P. Comparative anatomy of the stomach in mammalian herbivores. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 69 (3), p.615-25, (1984).

LANGER, P. The mammalian herbivore stomach. *Comparative Anatomy, Function and Evolution*. New York, Gustav Fischer, 557p, 1988.

KAVIAR, S., SHOCKEY, J., SUNDBERG, P. Observations on the endemic pygmy three-toed sloth, *Bradypus pygmaeus* of Isla Escudo de Veraguas, Panama. *PLoS ONE* 7(11): e49854, 2012.

MACHADO, M.R.F.; LEAL, L.M.; SASAHARA, T.H.C; OLIVEIRA, F.S.; DUARTE, J.M.B. Morfologia do estômago do cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*, Illiger 1815), *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67, 2, p.424-432, 2015.

MESQUITA, E.Y.E.; SOARES, P.C.; MELLO, L.R.; LIMA, A.R.; GIESE, E.G.; BRANCO, E. Morfologia do esôfago de *Bradypus variegatus* (Schinz, 1825). *Biotemas*, v. 32, n. 3, p. 97-104, 2019.

MORAES-BARROS, N. et al. Comparative phylogeography of the Atlantic forest endemic sloth (*Bradypus torquatus*) and the widespread three-toed sloth (*Bradypus variegatus*) (Bradypodidae, Xenarthra). *Genetica*, v. 126, p. 189-198, 2006.

MORAES-BARROS, N.; MIYAKI, C. Y.; MORGANTE, J. S. Identifying management units in non-endangered species: the example of the sloth *Bradypus variegatus* Schinz, 1825. *Brazilian Journal of Biology*, v. 67, p. 829-837, 2007.

MORAES-BARROS, N.; SILVA, J. A. B.; MORGANTE, J. S. Morphology, molecular phylogeny, and taxonomic inconsistencies in study of *Bradypus* sloths (Pilosa: Bradypodidae). *Journal of Mammalogy*, v. 92, p. 86–100, 2011.

MORAES-BARROS, N; ARTEAGA, M. C. Genetic diversity in Xenarthra and its relevance to patterns of neotropical biodiversity. *Journal of Mammalogy*, v. 96, n. 4, p. 690–702, 2015.

MORENO, S.; PLESE, T. O tráfico ilegal de preguiças e ameaças à sua sobrevivência na Colômbia. *Edentata* v.6, p.10–18, 2006.

MIRANDA, F.R. RÖHE, F.; MORAES-BARROS, N. Avaliação do Risco de Extinção de *Bradypus tridactylus* Linnaeus, 1758 no Brasil. In: Avaliação do Risco de Extinção dos Xenartros Brasileiros – ICMBIO. 2015.

MIRANDA, F.; COSTA, A. M. Xenarthra (tamanduá, tatu, preguiça). In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. (ed.). Tratado de animais selvagens – medicina veterinária. São Paulo: Roca, 2014. p. 402-414.

MURPHY, W.J.; EIZIRIK, E.; JOHNSON, W.E.; ZHANG, Y.P., RYDER, O. A.; O'BRIEN, S.J. Molecular Phylogenetics and origins of the placental mammals. *Nature*, v. 409, n. 6820, p. 614-618, 2001.

MCDONALD, H.G; RINCÓN, A.D.; GAUDIN, T.J. A new genus of megalonychid sloth (Mammalia, Xenarthra) from the Late Pleistocene (Lujanian) of Sierra de Perija, Zulia State, Venezuela. *J. Vert. Paleont.* v.33, p.1226–1238, 2013.

MCKENNA, M.C.; WYSS, A.R.; FLYNN, J.J. Paleogene pseudoglyptodont xenarthrans from central Chile and Argentine Patagonia. *Am. Mus. Novit*, v.3536, p.1–18, 2006.

NOWAK, R. M. Walker's mammals of the world. 6. ed. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 1999.

POUGH, F.H., HEISER, J.B. E MCFARLAND, W.N. A vida dos vertebrados, 1 ed. Editora Atheneu, São Paulo, 798p., 1993.

PUJOS F.; DE IULIIS G.; ARGOT C.; WERDELIN L. A peculiar climbing Megalonychidae from the Pleistocene of Peru and its implications for sloth history. *Zool. J. Linn. Soc.*, v.149, p.179–235, 2007.

PUJOS, F., GAUDIN, T. J., DE IULIIS, G., CARTELLE, C. Recent advances on variability, morpho-functional adaptations, dental terminology, and evolution of sloths. *Journal Mammalia Evolution*, v. 19, p.159–169, 2012.

RUIZ-GARCÍA, M., CHACÓN, D., PLESE, T.; SHOSTELL, J.M. Molecular Phylogenetics of *Bradypus* (Three-Toed Sloth, Pilosa: Bradypodidae, Mammalia) and Phylogeography of *Bradypus variegatus* (Brown-Throated Three-Toed Sloth) with Mitochondrial Gene Sequences. *Journal of Mammalian Evolution*, v. 27, p. 461-482, 2020.

SAMUELSON, D. A. Tratado de histologia veterinária. Rio de Janeiro, Elsevier Academic Press, 321p, 2007.

SARICH, V. M. Xenarthran Systematics Albumin Immunological Evidence. In: MONTGOMERY, G. G. (Ed). *The Evolution and Ecology of Armadillos, Sloths, and Vermilinguas*. Washington and London: Smithsonian Institution Press, Washington and London, 451 p., 1985.

SIMPSON, G. G. Splendid isolation the curious history of South American mammals. New Haven: Yale University Press, 1980.

SONNTAG, C.F. A contribution to the anatomy of the three-toed sloth (*Bradypus tridactylus*). Proc. Zool. Soc. Lond, p.157–177, 1921.

SUPERINA M, PLESE T, MORAES-BARROS M, ABBA AM. The 2010 Slot Red List Assessment. Edentata, v.11, n.2, p.115-134, 2010.

STEVENS, C, E.; HUME, I.D. Comparative physiology of the vertebrate digestive system, New York, Cambridge University Press, 420p, 1995.

STINNESBECK, S.R.; FREY, E.; OLGUÍN, J.A.; STINNESBECK, W.; ZELL, P.; MALLISON, H.; GONZÁLEZ, A.; ACEVES N. E.; VELÁZQUEZ M. A.; TERRAZAS, M. A., BENAVENTE, S.M., HERING, F.; ROJAS, S.C. Xibalbaonyx oviceps, a new megalonychid ground sloth (Folivora, Xenarthra) from the late Pleistocene of the Yucatán Peninsula, Mexico, and its paleobiogeographic significance. Paleozoology, v.91, p. 245-271, 2017.

STUART A.J. Late Quaternary megafaunal extinctions on the continents: a short review. Geology Journal. 50:338–363. 2015.

TAUBE, E.; VIÉ, J. C.; FOURNIER, P.; GENTY, C.; DUPLANTIER, J.M. Distribution of two sympatric species of sloths (*Choleopus didactylus* and *Bradypus tridactylus*) along the Sinnamary River, French Guiana. Biotropica, v. 31, p. 686–691, 1999.

VARELA; L.; TAMBUSO, P. S.; MCDONALD, H. G.; FARIÑA, R. A. Phylogeny, Macroevolutionary Trends and Historical Biogeography of Sloths: Insights From a Bayesian Morphological Clock Analysis, Systematic Biology, v.68, n. 2, p. 204-218, 2019.

VOIRIN, B., SMITH, D., CHIARELLO, A., MORAES-BARROS, N. *Bradypus pygmaeus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014. Acesso em e.T61925A47444229.<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20141.RLTS.T61925A47444229.en>.

XAVIER, G.A.A.; MOURÃO, G.M.; COSTA, J.F.; MORAES-BARROS, N. Avaliação do Risco de Extinção de *Bradypus variegatus* Schinz, 1825 no Brasil. In: Avaliação do Risco de Extinção dos Xenartros Brasileiros – ICMBIO. 2015.

WETZEL, R. M. Systematics, distribution, ecology, and conservation of South American Edentates. In: MARES, M. A.; GENOWAY, H. H. (ed.). Mammalian Biology in South America. Pittsburgh: The University of Pittsburgh, p. 345-375, 1982.

WETZEL, R. M. The identification and distribution of recent *Xenarthra* (Edentata). In: MONTGOMERY, G. G. (ed.). The Evolution and Ecology of Armadillos, Sloths, and Vermilinguas. Washington: Smithsonian Institution Press, p. 5-21, 1985.

CAPÍTULO II

Anatomia topográfica, morfológica e microscópica do estômago da preguiça *Bradypus variegatus*: um estudo atual baseado em dissecação, tomografia e histologia.

(Manuscrito a ser submetido à revista Journal of Anatomy)

Anatomia topográfica, morfológica e microscópica do estômago de *Bradypus variegatus*: um estudo atual baseado em dissecação, tomografia e histologia.

Gilcifran P. de Andrade¹; Priscilla V. de Albuquerque¹; Sandra M. de Torres²; Silvia F. de Alcântara³; Maria Eduarda L. C. de Miranda³; Igor L. C. Máximo⁴; Emanuela P. de Mesquita⁵; Marleyne J.A.A.L. Amorim^{1,3}

¹ Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

² Departamento de Medicina Veterinária Medicina, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

³ Pós-graduação em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

⁴ Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil.

⁵ Departamento de Medicina Veterinária, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Brasil

RESUMO

Estudos passados sugeriram que para superar as adversidades imposta pela folivoria as preguiças de dois e três dedos desenvolveram adaptações anatômicas como um estômago especializado em digerir alimentos fibrosos, mas ao longo do tempo diferentes descrições e classificações são encontradas para o estômago de preguiças *Bradypus spp.*, e ainda se o órgão é primitivo ou evoluído, não havendo concordância entre os estudos. Realizamos um estudo anatômico fundamentado em dissecação, tomografia e microscopia de luz e fornecemos informações descritivas sobre a topografia, sintopia, morfologia e histologia deste órgão em preguiças *B. variegatus*. Evidenciamos um grande estômago localizado na região cranial e média da cavidade abdominal, expandindo-se do antímero esquerdo ao antímero direito, abrangendo as regiões xifóidea, hipocondríaca esquerda, direita, abdominal lateral direita, lateral esquerda e umbilical, mantendo relação sintópica com esôfago, diafragma, fígado, intestinos delgado e grosso, e útero nas fêmeas, vértebras torácicas (T7 a T15), lombares (L1 a L2), costelas (C7 a C15), músculos intercostais internos, baço, pâncreas, rins e a musculatura abdominal. Apresenta dilatações gástricas saculiformes, um apêndice diverticular cônico e um segmento fusiforme dividido em duas regiões anatômicas. Internamente possui inflexões de pilares que delimitam as principais

saculações gástricas e que permitiu propor a divisão deste órgão em saco cranial, saco lateral esquerdo, saco ventral, saco de conexão, saco lateral direito, divertículo, pré-piloro glandular e pré-piloro aglandular, portanto em oito partes anatômicas. De acordo com os arranjos histológicos obtidos propomos que o saco cranial, saco lateral esquerdo, saco ventral e saco de conexão compõem o estômago cárdico aglandular e o saco lateral direito associado ao divertículo concebem o estômago cárdico glandular, enquanto o pré-piloro glandular constitui a região gástrica própria ou fúndica e o pré-piloro aglandular a região pilórica. As particularidades observadas evidenciam adaptações anatômicas do estômago de *B. variegatus* provavelmente associadas ao hábito folívoro.

Palavras-chave: Morfologia, pré-estômago, pluricavitário, preguiças, Bradypodidae.

INTRODUÇÃO

Os bichos-preguiça atuais estão classificados na superordem Xenarthra, um dos cladogramas basais dos mamíferos placentários (Delsuc et al. 2018; Gaudin, 2004), distribuídos nas Famílias Bradypodidae, que compreende quatro espécies de preguiças de três dedos, e Megalonychidae que abrange duas espécies de dois dedos (Gardner, 2008). Representam um dos percursos mais bem-sucedidos de evolução entre os eutérios, aprimorando-se de tamanhos gigantes e terrestres para animais de pequeno porte, dotados de mãos e pés com garras, controle neuromuscular dos membros, permitindo-lhes adotar postura suspensória para hábitos arbóreos (Nyakatura, 2012).

As seis espécies são arborícolas especializadas e subsistem predominantemente da ingestão de folhas nas florestas tropicais da América Central e do Sul (Wetzel, 1982), sobretudo preguiças *Bradypus spp.* que são mais seletivas e preferem espécies botânicas como Cecropia, Clethraceae e Clusiaceae (Urbani & Bosque 2007). O hábito folívoro apresenta implicações importantes para esses animais já que mamíferos são incapazes de digerir carboidratos estruturais por suas enzimas endógenas como a celulose, principal carboidrato componente da parede celular das folhas das florestas tropicais (Van Soest, 1994) e pela presença de compostos xenobióticos que podem ser tóxicos mesmo em pequenas concentrações (Dearing et al. 2005).

Estudos preliminares sugeriram que para superar essas adversidades as preguiças teriam desenvolvido adaptações anatômicas específicas como um estômago especializado em digerir alimentos fibrosos à semelhança dos animais ruminantes (Bauchop, 1978),

porém avaliações posteriores da fisiologia digestiva sugerem função distinta do órgão com ausência de ruminação (Nagy & Montgomery, 1980) e com tempos de retenção de digesta de 150h, a maior entre ou eutérios conhecidos (Foley et al., 1995).

Em relação à anatomia, estudos clássicos descreveram o estômago das preguiças *Bradypus spp.* como um órgão primitivo (Britton, 1941; Wislocki, 1928) e ao longo do tempo distintas descrições e classificações podem ser encontradas para este órgão nos Bradipodídeos quanto ao número de compartimentos gástricos e regiões anatômicas, não havendo concordância entre os estudos realizados até o momento (Bauchop, 1978; Kent, 1954; Mesquita et al., 2015; Mesquita et al., 2020; Rezende et al., 2011).

Tal divergência dá-se talvez porque convencionou-se dividir este órgão baseado na morfologia e revestimento mucoso de um estômago simples (Bauchop, 1978; Sonntag, 1921; Kent, 1954), porém este órgão nas preguiças apresenta-se compartimentado com grandes dilatações, com apêndice cego externamente e segmento tubiforme, levando à inferência de pelo menos três porções anatômicas distintas (Langer, 1988; Wislocki, 1928). Mais recentemente, a partir de achados histológicos, sugeriu-se que este órgão poderia apresentar sete compartimentos em *Bradypus sp.*, porém suas funções fisiológicas não foram completamente esclarecidas (Mesquita et al., 2020).

Sabe-se, porém, que essas câmaras gástricas são as principais regiões anatômicas onde ocorre fermentação por microrganismos simbiotes como bactérias sobre as frações dos alimentos ingeridos (Bauchop, 1978; Foley et al., 1995), sendo, portanto, de grande importância às preguiças, equivalendo entre 37 a 41% do peso corporal desses animais (Britton, 1941; Foley et al., 1995), além de ser o órgão em que relata-se a maior parte dos transtornos digestivos como timpanismo e constipação, necessitando de conhecimento de sua anatomia para intervenções clínico-cirúrgica por médicos veterinários (Riano et al., 2016).

Nesse contexto, por ser um órgão essencial na digestão de preguiças e de interesse clínico-cirúrgico na medicina veterinária, objetivou-se com o presente estudo descrever a anatomia topográfica, sintópica, morfológica e microscópica do estômago na espécie *B. variegatus* a partir de dissecações, análises tomográficas e histologia, afim de gerar mais informações ao entendimento dos processos digestivos que ocorrem neste órgão e para auxiliar em avaliações semiológicas, exames e possíveis intervenções clínico-cirúrgicas em preguiças *Bradypus spp.*

MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos deste estudo foram realizados nos Laboratórios de Dissecções do Setor de Anatomia do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal e Laboratório de Patologia Animal do Departamento de Medicina Veterinária, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife-Brasil, com autorização da Comissão de Ética do Uso de Animais em Experimentação da UFRPE, licença nº 033/2019, Sisbio nº 46665-9 e Sisgen nº A0AFB89. Três cadáveres frescos, após óbito natural, foram dissecados com uma incisão sagital mediana da pele com lâminas e bisturis, seguindo do processo xifóide do osso esterno até a região púbica. Em seguida, com pinças e tesouras, procedeu-se o rebatimento da pele, musculatura ventral e peritônio afim de expor a cavidade abdominal e evidenciar estômago para determinar sua holotopia, topografia e sintopia com outros órgãos e estruturas adjacentes. Estes animais foram considerados como modelos para as análises citadas, e posteriormente 10 cadáveres íntegros de preguiças adultas, 5 machos e 5 fêmeas não grávidas, fixados em formaldeído 20%, cedidos pelo Acervo do Setor de Anatomia -UFRPE foram utilizados para aumentar o número de amostras desta pesquisa.

A localização anatômica deste órgão, sua relação com outros órgãos e estruturas adjacentes foram analisadas *in situ*. A topografia do estômago foi realizada considerando os limites abdominais e suas subdivisões regionais, adaptados de Merighi (2010). Para obtenção do limite cranial do abdômen foram traçados planos oblíquos tangenciando o último par de costelas até o processo xifóide do osso esterno, enquanto o limite caudal foi obtido a partir de planos tangentes obliquamente à margem caudoventral do ílio. Para o limite dorsal foi delineado uma linha longitudinal que une o ângulo caudal da escápula à tuberosidade coxal da pelve. Em seguida, foi traçado um plano transversal que margeia o último par de costelas, obtendo-se a região cranial do abdômen subdividida em regiões xifóidea, hipocondríaca esquerda e direita. De modo similar, foi projetado um plano transversal entre as tuberosidades coxais da pelve para obter a região média do abdômen, dividida em regiões umbilical, abdominal lateral esquerda e direita. Entre esse plano transversal e o plano oblíquo caudoventral do ílio obteve-se a região abdominal caudal, onde encontra-se as regiões inguinais direita, esquerda e púbica. O limite ventral entre as regiões laterais e medianas ventrais foi dado por uma linha longitudinal que passa pela tuberosidade deltoide do úmero.

Para confirmar tais achados exames de tomografia foram realizados em uma preguiça fêmea, saudável, em jejum alimentar de doze horas e hídrico de quatro horas

mantida em condições semicativas no Zoológico do Parque Estadual Dois Irmãos, Recife-Brasil. Esta técnica foi executada em tomógrafo modelo GE de um canal, sendo administrado ao animal um sedativo de Dexmedetomidina alfa-2, na dosagem de 10 micrograma para um bom procedimento do exame e bem-estar animal, que ficou em constante monitoramento. A preguiça foi posicionada e alinhada na mesa do tomógrafo em decúbito ventral, com os membros torácicos deslocados cranialmente e os membros pélvicos caudalmente. A região avaliada incluiu desde o tórax até as vértebras coccígeas, para garantir que toda cavidade abdominal e pélvica fosse incluída no exame e facilitou a visibilidade do estômago.

A descrição morfológica do estômago foi realizada em 3 dos animais frescos e em 2 animais fixados, em que o órgão foi pinçado na porção cárdia e pilórica, e, retirado da cavidade abdominal. Em seguida foram lavados com água corrente e esvaziados do conteúdo gástrico para a avaliação macroscópica das estruturas internas. Para a análise microscópica foram amostradas diferentes partes anatômicas do órgão após a dissecação dos 3 cadáveres frescos de preguiças adultas, em que os estômagos foram lavados com solução fisiológica e acondicionados em recipientes para fixação em formol tamponado por um período de 24 horas e após imersos em álcool 70% por 72 horas. O processamento histológico das amostras seguiu com a diafanização e inclusão em parafina, seguido de cortes em micrótomo manual. As lâminas foram coradas por hematoxilina e eosina (HE) e montadas em lamínulas banhadas em solução gelatinosa de fixação. Após a confecção, as lâminas foram analisadas em microscópio óptico para identificação e descrição das características dos tecidos.

A nomenclatura empregada para as descrições macroscópicas e microscópicas baseou-se na *Nomina Anatomica Veterinaria* (International Committee on Veterinary Gross Anatomical Nomenclature, 2017) e *Nomina Histologica Veterinaria* (International Committee on Veterinary Gross Histological Nomenclature, 2017).

RESULTADOS

Holotopia

A dissecação evidenciou um estômago de grande tamanho no abdômen de machos e fêmeas, situado predominantemente na região cranial e uma pequena porção na região média da cavidade abdominal, estendendo-se totalmente do antímero esquerdo ao direito em todos os espécimes avaliados (Fig. 1a e 2b). Apresentou-se delimitado cranialmente

pelo diafragma e fígado no espaço intratorácico, caudalmente pelos intestinos delgado e grosso, e ainda útero nas fêmeas (Fig. 1b, 1c e 2b). Lateralmente apresentou como limites os arcos costais internos e músculos intercostais da 7ª a 15ª costela no antímero esquerdo e entre a 10ª e 15ª costela no antímero direito (Fig. 2a e 2b). Dorsalmente está delimitado entre a 7ª vértebra torácica e 2ª vértebra lombar, baço e rins e ventralmente tem como limites os músculos oblíquo abdominal interno e reto abdominal (Fig. 1a, 2a e 2d).

Sua posição anatômica é mantida na cavidade abdominal por pregas peritoneais originadas do mesogástrico dorsal como o ligamento gastrofrênico e gastroesplênico, e por pregas do mesogástrico ventral como os ligamentos hepatoduodenal e hepatogástrico e uma lâmina delgada que se continua ao ligamento falciforme que por sua vez se fixa ventrolateralmente à parede abdominal (Figuras 1b, 1c, 1d e 1e). Nota-se também recessos peritoneais que fixam este órgão ventrolateralmente (Figuras 1b e 1d). Observou-se ainda um espaço sem conexão peritoneal entre a margem cranial do saco cranial, centro tendíneo esquerdo do diafragma e porção muscular diafragmática, porém esta região encontrou-se colabada à dissecação, originando uma cavidade omental, voltando a apresentar ligação pelos recessos peritoneais que se fundiam à parede lateral do abdômen (Figuras 1b e 1d).

Topografia

Exibiu três regiões anatômicas: cardíaca, gástrica própria e pilórica. O estômago cárdico constitui-se por uma região aglandular composta pelo saco cranial, saco lateral esquerdo, saco ventral e saco de conexão, e ainda uma região glandular formada pelo saco lateral direito e divertículo. A região gástrica própria compreendeu o pré-piloro glandular e a região pilórica contemplou o pré-piloro aglandular, totalizando, portanto, oito partes anatômicas neste órgão. A topografia regional das partes anatômicas pode ser visualizada nas Figuras 1a, 2b e 2c. O saco cranial situou-se na região xifóidea, desviando-se para a região hipocondríaca esquerda, abrangendo os espaços intercostais entre 7ª e 10ª costelas e o saco lateral esquerdo situa-se entre as regiões xifóidea e hipocondríaca esquerda, encontrando-se nos limites entre a 10ª e 13ª costela, recoberto por uma pequena camada da musculatura abdominal lateral. O saco ventral posicionou-se entre a região xifóidea e umbilical, desviando-se para a região hipocondríaca esquerda a partir do plano mediano. Entre as saculações cranial, lateral esquerdo e ventral observou-se um saco de conexão situado na região xifóidea.

O saco lateral direito localizou-se entre as regiões xifóidea, hipocondríaca direita e abdominal lateral direita, entre os espaços da 11^a e 15^a costelas e na região umbilical. O divertículo tem sua origem na região umbilical, projetando-se transversalmente para a região abdominal esquerda, com seu ápice cônico ascendendo cranioventralmente para a região hipocondríaca esquerda, repousando sobre um sulco entre o saco lateral esquerdo e saco ventral e ainda sobre os pré-píloros glandular e aglandular. O pré-píloro glandular localizou-se na região hipocondríaca esquerda no espaço entre a 10^a e 12^a costelas e o pré-píloro aglandular situou-se entre as regiões hipocondríaca esquerda e abdominal esquerda em uma disposição craniocaudal nos limites entre os espaços costais da 12^a e 15^a costelas, com sua porção final projetando-se transversalmente ao duodeno no plano mediano.

Sintopia

O saco cranial faz sintopia cranialmente com esôfago na região cárdica, diafragma e dorsalmente com as vértebras torácicas (T7 a T10) e idiotopia caudolateralmente com os sacos lateral direito, esquerdo e saco ventral (Figuras 1b, 1c, 1d). O saco lateral esquerdo tem relação sintópica com músculos intercostais entre 10^a e 13^a costelas lateralmente e idiotopia com os sacos cranial e ventral, ápice do divertículo e pé-píloro glandular (Figuras 1d e 1e). O saco ventral mantém sintopia com a musculatura abdominal ventralmente e idiotopia com o saco cranial, sacos lateral esquerdo e direito, divertículo e pré-píloros glandular e aglandular (Figuras 1b e 1e). O saco lateral direito mantém relação sintópica com o fígado cranialmente, com a musculatura intercostal da 11^a e 15^a costelas lateralmente e intestino delgado caudalmente, e mantém relação idiotópica com o saco cranial, saco ventral e divertículo (Figuras 1b, 1c e 1e). O divertículo exibe relação sintópica caudalmente com os intestinos delgado e grosso, mantendo idiotopia com o saco lateral direito, saco ventral, saco lateral esquerdo e pré-píloro glandular. O pré-píloro glandular faz sintopia com a musculatura interna da 10^a a 12^a costelas, cólon descendente e baço através do ligamento gastroesplênico e idiotopia com o saco lateral esquerdo, saco ventral, divertículo e pré-píloro aglandular. Este último faz sintopia dorsalmente com pâncreas, caudalmente com o íleo e medialmente com o duodeno, apresentando ainda idiotopia cranial com pré-píloro glandular e com o saco ventral (Figura 1e).

Morfologia

É um órgão pluricavitário e externamente mostra grandes dilatações saculiformes e arredondadas denominadas nesse estudo de saco cranial, saco lateral esquerdo, saco lateral direito, saco ventral e saco de conexão, possuindo bordas circulares e côncavas na presença de digesta, mas na extremidade caudal do saco lateral direito estreita-se em saco diverticular formando um longo apêndice cônico e o terço final do estômago mostra-se como um segmento fusiforme dividido em duas partes por uma leve constrição medial, que antecede o piloro e duodeno, denominados de pré-piloro glandular e aglandular (Figuras 3a e 3b). As principais saculações são delimitadas por sulcos transversais e longitudinais ainda que poucos pronunciados na face externa. O sulco cranial demarca o saco cranial e o saco de conexão, enquanto o sulco caudal delimita os sacos cranial e lateral esquerdo e um sulco ventral este último e o saco conectivo, que por sua vez se separa do saco ventral por um sulco coronário que o circunda quase que totalmente. O sulco longitudinal baliza os sacos cranial e lateral direito, e este que não possui separação direta com o divertículo. Na junção entre o saco lateral esquerdo e pré-piloro glandular não há sulcos, mas entre este último e o pré-piloro aglandular há uma constrição medial (Figuras 3a e 3b).

Na face interna foram visualizadas inflexões de pilares que delimitam as maiores saculações gástricas e que tornam o órgão compartimentado. A partir destas delimitações internas dos pilares e características observadas microscopicamente neste estudo, propôs-se a divisão deste órgão em saco cranial, saco lateral esquerdo, saco ventral, saco de conexão, saco lateral direito glandular, divertículo glandular, pré-piloro glandular e pré-piloro aglandular. Essas inflexões são visíveis na face externa como sulcos que correspondem à posição de todas essas pregas. O saco cranial, saco lateral esquerdo, saco ventral e saco de conexão exibiram macroscopicamente mucosa mais escurecida, levemente enrugada e pregueada (Figuras 3c e 3d). O saco lateral direito e o divertículo mostraram superfície lisa e clara, e o saco lateral direito expôs ainda na transição com o divertículo pequenos recessos voltados para o lúmen que originam bolsas, enquanto o divertículo exibiu lâminas delgadas que formavam pequenos compartimentos internos (Figuras 3c e 3e). O pré-piloro glandular revelou uma mucosa predominantemente lisa e fina e sua porção cranial com o saco lateral esquerdo possui um sulco ventricular áspero e pregueado, enquanto o pré-piloro aglandular possui mucosa enrugada, áspera e escurecida (Figura 3 f).

Histologia

O saco cranial mostrou uma mucosa constituída por um epitélio estratificado plano queratinizado sobre uma fina lâmina própria de tecido conjuntivo frouxo sem a presença da muscular da mucosa, prosseguida pela submucosa formada de uma delgada camada de tecido conjuntivo denso e mais profundamente por uma espessa camada de músculo liso e seguida por uma camada serosa tecido conjuntivo (Figura 4a). O saco lateral esquerdo revelou a mesma constituição histológica do saco cranial, também com ausência da muscular da mucosa, mas possui uma espessa faixa de queratina (Figura 4b). O saco ventral também exibiu uma mucosa revestida por epitélio queratinizado com baixa estratificação, submucosa delgada, seguida de densa camada de tecido muscular liso disposto em sentido longitudinal, transversal e circular, seguida por uma serosa de tecido conjuntivo denso (Figura 4c). O saco de conexão mostrou epitélio estratificado plano e queratinizado com lâmina própria, submucosa delgada seguida de uma espessa camada muscular, organizadas em sentido transversal e longitudinal e serosa de tecido conjuntivo frouxo (Figura 4d).

O saco lateral direito revelou mucosa de tecido glandular com células produtoras de muco em epitélio colunar simples, com uma delgada muscular da mucosa, seguida de uma submucosa de tecido conjuntivo frouxo, camada muscular organizada em duas faixas, prosseguindo com uma serosa de tecido conjuntivo frouxo (Figuras 5a e 5b). O divertículo possui em sua mucosa vilosidades revestidas por epitélio simples colunar que se projetam em direção à sua lâmina própria, seguida por uma muscular da mucosa densa, submucosa densa e espessa, e ainda muscular organizada em duas camadas e serosa densa mais externamente (Figuras 5c e 5d). No pré-piloro glandular notou-se uma mucosa com invaginações foveolares gástricas constituídas por células oxínticas e zimogênicas. A mucosa é arranjada por uma fina lâmina própria de tecido conjuntivo frouxo e adjacente a esta pode ser observado a camada muscular da mucosa, seguida de submucosa delgada e densa camada muscular (Figuras 6a e 6b). O pré-piloro aglandular apresentou epitélio estratificado queratinizado e lâmina própria de tecido conjuntivo frouxo, submucosa de tecido conjuntivo denso e espesso, e camada muscular organizada de forma longitudinal e transversal (Figura 6c e 6d).

DISCUSSÃO

Alguns aspectos da anatomia macroscópica do estômago de Bradipodídeos foram documentados no passado (Briton, 1941; Mesquita et al., 2015; Rezende et al., 2011; Sonntag, 1921; Wislocki, 1928), entretanto informações da topografia, morfologia e histologia deste órgão ainda careciam de uma abordagem descritiva mais detalhada. O estômago da preguiça *B. variegatus* mostrou-se de grande tamanho, ocupando parte considerável da cavidade abdominal, corroborando com as descrições mais recentes para esta espécie (Mesquita et al., 2015), para outras preguiças *Bradypus* (Briton, 1941; Rezende et al., 2011; Sonntag, 1921; Wislocki, 1928) e ainda para preguiças *Choloepus sp.* (Dennis et al., 1967; Wislocki, 1928). Comparativamente à outros mamíferos herbívoros, o órgão está posicionado no abdômen à semelhança dos grandes estômagos encontrado em ruminantes domésticos (Dyce et al., 2019; Hofmann, 1989), ruminantes silvestres como observado nos cervídeos, antílopes e bisontes (Hofmann, 1989; Langer, 1974), pseudoruminantes como descrito para camelos, lhamas, guanacos, alpacas e vicunhas (Hofmann, 1989; Stevens & Hume, 1995) e ainda folívoros arbóreos como as descrições para macacos colobídeos (Bauchop & Martucci, 1968).

Entretanto, ao estender-se integralmente do antímero direito ao esquerdo nas regiões cranial e média, o estômago da preguiça *B. variegatus* preenche um espaço ainda maior em relação aos ruminantes domésticos e silvestres, onde os estômagos ocupam metade do antímero esquerdo e apenas uma parte do antímero direito no abdômen (Dyce et al., 2019; Hofmann, 1989) e maior ao espaço ocupado nos camelídeos em que este órgão preenche apenas pequena parte do antímero esquerdo e direito na região abdominal cranial e média (Langer, 1974; Langer, 1988; Stevens & Hume, 1995). Broman (1929) evidenciou desenvolvimento alométrico negativo para o fígado e positivo para estômago em *Bradypus sp.*, em que o primeiro cede espaço na região abdominal ao estômago durante a organização visceral ontogenética, o que pode justificar maior ocupação da cavidade abdominal deste órgão.

Está fixado na cavidade abdominal por pregas peritoneais que tem origem a partir do mesogástrico dorsal como os ligamentos gastrofrênico e gastroesplênico e também do mesogástrico ventral como os ligamentos hepatogástrico e hepatoduodenal, à semelhança do que ocorre em outros mamíferos (Dyce et al., 2019), porém, recessos peritoneais fixam este órgão ventrolateralmente à parede do abdômen, algo incomum para os placentários, visto que nas demais espécies a maior parte da fixação deste órgão dá-se por um omento

maior bem visível que se origina dorsalmente no teto da cavidade abdominal e se projeta como uma lâmina sobre o estômago (König & Liebich, 2021). Todavia, a região entre a margem cranial do saco cranial, centro tendíneo esquerdo do diafragma e porção muscular diafragmática encontrava-se colabada à dissecação, originando uma cavidade, voltando a apresentar ligação pelos recessos peritoneais que se fundiam à parede lateral do abdômen (Fig. 1b e 1d).

Concordamos com as proposições mais recentes de Lambertz & Klein (2019) que este espaço representa na verdade a bolsa omental originada da fusão craniana e lateral do omento maior, diafragma e parede lateral do abdômen. Esses achados também corroboram com o estudo de Broman (1929) que demonstrou ontogenia semelhante entre omento maior de preguiças *Bradypus* com outros mamíferos, diferenciando-se apenas na relação que esta estrutura peritoneal mantém com o estômago e fígado. Entretanto, são contrários à outros estudos que relataram ausência de omento maior para preguiças deste gênero (Rezende et al., 2011, Mesquita et al., 2015) e discordam parcialmente de que estas preguiças apresentam aderências fibrinosas únicas (Cliffe et al., 2014), visto que possuem conexões sinapomórficas entre os órgãos citados similares à outros mamíferos, ainda que seja uma característica visando contribuir com a mecânica ventilatória quando assumem posição anatômica invertida (Lambertz & Klein, 2019).

Em uma topografia regional, o saco cranial situa-se na região xifóidea, desviando-se craniolateralmente à esquerda do plano mediano, dispendo-se entre 7^a e 10^a costelas acima do processo xifóide do esterno, semelhantemente a posição ocupada pelo retículo nos ruminantes domésticos e silvestres, porém nestes animais esta porção é recoberta da sexta à oitava costela alçando maior projeção cranial (Dyce et al., 2019; Merighi, 2010). O saco lateral esquerdo acha-se entre a região xifóidea e a região hipocondríaca esquerda, situando-se entre a 10^a e 13^a costelas, recoberto por uma pequena parte da musculatura abdominal similarmente às descrições para *Choloepus sp.* (Wislocki, 1928). Posicionado no plano mediando do abdômen o saco ventral localizou-se predominantemente na região xifóidea e umbilical, ainda que tenha projetado-se para a lateral da região abdominal esquerda. À título de comparação, sua localização assemelhou-se ao saco ventral dos pró-ventrículos em pequenos ruminantes domésticos e silvestres, apesar deste estender-se mais caudalmente no assoalho abdominal nesses animais (Braun et al., 2013; Redondo et al., 2005).

O saco lateral direito encontrou-se entre as regiões xifóidea, hipocondríaca direita e abdominal direita, situado entre a 11^a e 15^a costelas, semelhantemente à posição desta estrutura relatada em *Choloepus sp.* (Wislocki, 1928). A origem do divertículo é na região umbilical, mas projeta-se transversalmente à região abdominal esquerda, com seu ápice cônico ascendendo para a região hipocondríaca esquerda, repousando no sulco entre os sacos lateral esquerdo e ventral e sobre os pré-píloros glandular e aglandular tal qual encontrado em preguiças de dois dedos (Denis et al., 1967; Wislocki, 1928). A posição do pré-píloro glandular em *B. variegatus* foi predominantemente na região hipocondríaca esquerda e assemelhou-se com a observada nas descrições do estômago glandular em carnívoros domésticos, suínos e equinos (Dyce et al., 2019, Merighi, 2010), mas diferente da posição encontrada nos ruminantes domésticos, em que o abomaso abrange metade direita da região xifóidea (Braun et al., 2013; Merighi, 2010). O pré-píloro aglandular situou-se entre as regiões hipocondríaca esquerda e abdominal esquerda, com sua porção final projetando-se transversalmente ao duodeno no plano mediano, diferentemente dos mamíferos carnívoros, onívoros e herbívoros que nesta região encontra-se a alça delgada e base cólon descendente (Dyce et al., 2019).

Em termos de relação com outros órgãos o saco cranial faz sintopia cranialmente com o esôfago, diafragma, dorsalmente com vértebras torácicas e lateralmente com a musculatura intercostal, da mesma forma como o retículo relaciona-se com estes órgãos e estruturas nos ruminantes domésticos (Dyce et al., 2019) e silvestres (Yamamoto et al., 1994). O saco lateral esquerdo relaciona-se com as costelas e músculos intercostais (C10 e C13), corroborando com as descrições para as preguiças de dois dedos (Wislocki, 1928). O saco ventral faz sintopia com a musculatura abdominal ventralmente à semelhança do que ocorre em preguiças *Choloepus sp.* (Denis et al., 1967) e da relação que o saco ventral do rúmen assume em ruminantes com o assoalho abdominal (Braun et al., 2013).

O saco lateral direito mantém relação sintópica com o fígado cranialmente, tal como a relação existente do saco dorsal e fígado em ruminantes domésticos (Dyce et al., 2019; Braun, 2009), apesar de que nestes animais o fígado é maior proporcionalmente, abrangendo maior sintopia do que observamos em preguiças. Essa relação é menor visto que o fígado mostra-se de tamanho diminuído em *Bradypus sp.*, uma vez que cede espaço na cavidade abdominal ao estômago em sua ontogenia (Broman, 1929) e está totalmente no antímero direito destas preguiças (Fig. 1c e 1d). O pré-píloro glandular faz sintopia com a musculatura interna da 10^a a 12^a costelas, cólon descendente e baço, este último mais intimamente através do ligamento gastroesplênico tal como evidenciado na maioria

dos animais domésticos (Dyce et al., 2019), porém diferentemente dos ruminantes domésticos onde o estômago glandular não faz sintopia com o baço. O pré-piloro aglandular faz sintopia dorsal com o pâncreas, caudalmente com o íleo e medialmente com o duodeno, já que é a última região anatômica do estômago na transição com o intestino delgado assim como na maioria das espécies (König & Liebich, 2021).

Em sua morfologia externa apresenta a maioria das saculações distendidas e arredondadas, similares às dilatações saculiformes encontradas na preguiça *Choloepus sp.* (Wislocki, 1928), macacos colobídeos (Bauchop & Martucci, 1968), nos ruminantes domésticos e silvestres (Dyce et al., 2019; Green & Baker, 1996; Hofmann, 1989; Machado et al., 2015), entretanto difere de hipopótamos e camelídeos, cujos sacos do estômago são alongadas e em alguns casos sigmoidais (Langer, 1974; Stevens & Hume, 1995). Tais saculações são delimitadas por sulcos transversais e longitudinais de modo similar aos proventrículos de ruminantes domésticos (König & Liebich, 2021) e silvestres (Machado et al., 2015).

Apresentam um considerável segmento diverticular cônico, tal como um apêndice tubiforme encontrado no estômago saciforme de cangurus vermelhos (Shoeib et al., 2015) e no estômago compartimentado dos peixes-boi e dugongos (Stevens & Hume, 1995), embora para tais animais este apêndice esteja situado na região cárdica e não como um prolongamento caudal, além de mostrarem menor tamanho comparado às preguiças deste estudo. Essa estrutura também é maior que a encontrada em preguiças *Choloepus sp.* (Wislocki, 1928) e pode estar associada com maior capacidade para retenção (Nagy & Montgomery, 1980), colonização e fermentação de digesta (Mesquita et al., 2020) ou para absorção de ácidos voláteis da fermentação como discutido mais adiante. O terço final do estômago mostra-se como um segmento fusiforme que antecede o piloro e duodeno, tal como nos animais domésticos e silvestres (König & Liebich, 2021; Stevens e Hume 1995), porém nestes arborícolas há uma constrição dividindo esta região em duas partes, assim como observado nas preguiças *Choloepus sp.* (Wislocki, 1928), denominadas neste estudo de pré-piloro glandular e pré-piloro aglandular.

A face interna do órgão mostrou inflexões de pilares que delimitavam as maiores saculações gástricas, tal como observado em bovinos, caprinos e ovinos (Dyce et al., 2019; König & Liebich, 2021) e ruminantes selvagens (Machado et al., 2015; Stafford, 1995). Porém, na porção caudal do saco lateral direito foi visualizado pequenos recessos voltados para o lúmen que originam pequenas bolsas que ainda não haviam sido relatadas

em estudos anteriores, assim como o divertículo exibiu lâminas que formam pequenos compartimentos, característica incomum à ruminantes domésticos ou selvagens (Dyce et al., 2019; Machado et al., 2015; Stafford, 1995), até mesmo para o divertículo de primatas colubídeos que realiza processo fermentativo análogo às preguiças (Bauchop & Martucci, 1968).

As saculações cranial, lateral esquerdo, ventral e de conexão apresentaram mucosa escura, levemente enrugada e pregueda, com ausência de macropapilas, enquanto o saco lateral direito e divertículo mostraram superfícies mais lisa e clarificada, o que difere do observado em ruminantes domésticos e silvestres, que possuem em suas câmaras gástricas estruturas como cristas, pregas laminares e papilas bem proeminentes (Agungpriyono et al., 1992; Dyce et al., 2019, Machado et al., 2015). Com uma mucosa predominantemente delgada e lisa o pré-piloro glandular diferenciou-se macroscopicamente da mucosa do estômago dos mamíferos domésticos que é pregueada em sua maior parte (Dyce et al., 2019; König & Liebich, 2021) ainda que possua um sulco ventricular áspero e pregueado na sua porção cranial na transição com o saco lateral esquerdo, ao passo que o pré-piloro aglandular possui mucosa enrugada, áspera e escurecida que contrasta com a mucosa dos antro-piloros encontrada nos variados estômagos dos mamíferos domésticos (Dyce et al., 2019; König & Liebich, 2021) e silvestres (Machado et al., 2015; Perez & Ungerfeld, 2012; Sarma & Bhattacharya, 1997).

Neste estudo, a histologia revelou que os sacos cranial, lateral esquerdo, ventral e conexão possuem mucosa constituída por epitélio estratificado plano queratinizado com ausência de células secretoras e muscular da mucosa, seguida de uma submucosa delgada e com espessa camada muscular, semelhantemente ao encontrado nos proventrículos dos ruminantes domésticos e selvagens (Kitamura et al., 2003), camelídeos (Wang, 2003) e na região cárdica aglandular de equinos e suínos (Dyce et al., 2019) e cangurus (Shoeib et al., 2015). Em alguns animais, como nos ruminantes essas saculações desempenham funções de proteção contra injúrias mecânicas do alimentos grosseiros e microrganismos patogênicos e são as câmaras de fermentação bacteriana para digestão de carboidratos estruturais como a celulose, a qual constitui uma grande parte de sua dieta resultando em produção de ácidos graxos de cadeia curta de importância metabólica (Clauss et al., 2009).

Em acordo a isso, estudos demonstraram elevada atividade fermentativa nessa região em preguiças *Bradypus* (Dill-Mcfarland et al., 2016; Foley et al., 1995). Todavia,

as mucosas dessas câmaras gástricas exibiram apenas discretas evaginações para a luz do órgão (Fig. 5a e 5 d), indicando haver ausência ou atenuada absorção de produtos da fermentação, como ácidos de cadeia curta, diferente do que ocorre nos proventrículos dos ruminantes que ostentam pronunciadas evaginações epiteliais que chegam a ser visíveis como papilas (Kitamura et al., 2003), que não foi evidenciado nas preguiças deste estudo.

Em contrapartida, o saco lateral direito e o divertículo revelaram mucosa de tecido glandular com células produtoras de muco em epitélio colunar simples, característico de um estômago cárdico (Dyce et al., 2019; Langer, 1984). Por esta razão, sugerimos que este saco lateral direito receba a nomenclatura de saco cárdico glandular, diferente da empregada atualmente frequentemente chamada de saco fúndico (Briton, 1941, Langer, 1984; Mesquita et al., 2015; Mesquita et al., 2020; Rezende et al., 2011), uma vez que nesta câmara gástrica não foram visualizados células oxínticas ou parietais e zimogênicas que são características de um estômago fúndico (Eurell & Frappier, 2006).

No estômago cárdico dos mamíferos as células produtoras de muco secretam mucinogênio para proteger o revestimento gástrico de lesões devido ao pH ácido derivado da secreção ácida das células parietais no estômago fúndico, e ainda secretam íons bicarbonato que são diretamente transportados para dentro das camadas mais profundas do revestimento superficial da mucosa, sendo capazes de manter um pH relativamente neutro na sua interface com a membrana plasmática das células que revestem a superfície (Gartner & Hiatt, 2007). Propomos que esta última parece ser a função mais plausível desta região visto que o pH das câmaras estomacais de preguiças *Bradypus* apresenta valor próximo de 6, beneficiando bactérias fermentadoras de celulose e hemicelulose que compõe predominantemente suas dietas (Foley et al., 1995) mas não possuem grande secreção de saliva (Quintarelli & Dellovo, 1969) que comumente contribui para manter a basicidade do pH nos proventrículos em outros fermentadores pré-gástricos (Clauss & Hummel, 2017).

Essas células também são reconhecidas por secretarem lisozimas no estômago de mamíferos (Jollès et al., 1989), e no caso dos fermentadores gástricos modificadas para função digestiva do corpo celular de bactérias no estômago ácido (Dobson et al., 1984), porém, com base na grande quantidade de glândulas nesta região do estômago cárdico concordamos com as proposições de Pacheco et al. (2007) que sugeriram que as lisozimas dessa câmara gástrica em *B. variegatus* desempenham um papel mais de defesa contra bactérias estranhas do que digestiva, protegendo o equilíbrio na comunidade bacteriana

simbiótica, visto que suas isoformas mostraram atividade enzimática específica três vezes maior nas saculações aglandulares que no pré-píloro glandular ácido, principalmente em pH entre 5,5 a 7,7.

O divertículo parece ser uma extensão do estômago cárdico nas preguiças assim como se observa com o apêndice gástrico na região cardíaca de suínos (Dyce et al., 2019) ou cangurus (Shoeib et al., 2015). Porém, a mucosa do divertículo das preguiças possui grandes vilosidades revestidas por epitélio simples, que postulamos estar associada à absorção de ácidos voláteis da fermentação provenientes das câmaras mais craniais. As estruturas do divertículo e suas funções não são claras para as preguiças, em que o papel mais aceito está relacionado a maior capacidade de reter a digesta (Nagy & Montgomery, 1980), mas, estudos fisiológicos em outras espécies mostram que o divertículo sempre contém gases da fermentação e ocasionalmente ingesta (Bauchop & Martucci, 1968; Wood & Kidder, 1982), apoiando nossas proposições. Em adição, internamente este apêndice exibe algumas pregas que assemelham-se as projeções laminares encontradas no que constitui o omaso de ruminantes especializado em absorção de ácidos voláteis (Peters et al., 1990), porém estudos adicionais necessitam comprovar esta hipótese.

Em seu primeiro segmento fusiforme o estômago apresentou uma mucosa com as invaginações gástricas constituídas por células oxínticas e zimogênicas, características de um estômago gástrico próprio ou fúndico (Langer, 1984; Samuelson, 2007). As células oxínticas ou parietais predominaram na metade superior das glândulas gástricas, maiores e arredondadas, com núcleo esférico e central, enquanto as zimogênicas foram abundantes na metade inferior das glândulas, de tamanhos menores que as células oxínticas e formato cilíndrico, à similaridade do que ocorre no estômago fúndico ou químico dos mamíferos (Eurell & Frappier, 2006). Consideramos, portanto, esta região o “estômago verdadeiro” da preguiça *B. variegatus*. Nos demais mamíferos as células parietais secretam o ácido clorídrico do suco gástrico e o fator intrínseco, uma glicoproteína que se liga à vitamina B12 para facilitar a sua absorção no intestino delgado, enquanto as zimogênicas secretam a enzima inativa pepsinogênio que é rapidamente convertido na enzima pepsina após ser secretado no ambiente ácido do estômago, ambas imprescindíveis à digestão de proteínas (Gartner & Hiatt, 2007), o que pode ocorrer em *B. variegatus*.

Na sua porção caudal o seguimento fusiforme estomacal revelou uma mucosa aglandular constituída por epitélio estratificado queratinizado, tal qual a constituição das saculações craniais já descritas. Apesar da semelhança com uma região queratinizada do

piloro de pangolins (Xu et al., 2020) não encontramos arranjo histológico análogo em nenhum outro mamífero herbívoro que pudesse ser comparado às preguiças ou oferecer subsídio para uma discussão mais aprofundada. Até mesmo entre os demais Xenarthra como tamanduás, onde ocorre um espessamento da camada muscular, o piloro não é queratinizado e existe formação das fossetas gástricas longas e células secretoras de muco (Pinheiro et al., 2014), ou ainda no tatu que apresenta estreitamento tubiforme muscular do piloro mas mucosa constituída de células produtoras de muco, oxínticas e zimogênicas, e, sem queratinização (Cavalcante et al., 2021), o que torna essa região anatômica na preguiça *B. variegatus* própria desses animais e deve estar relacionada com seu hábito alimentar que é majoritariamente baseado em folhas.

CONCLUSÃO

O estômago da preguiça *B. variegatus* é pluricavitário, de grande tamanho e ocupa a porção cranial e média da cavidade abdominal, compreendendo as regiões xifóidea, hipocondríaca esquerda e direita, abdominal lateral direita, lateral esquerda e umbilical apontando significância para os processos digestivos nesses animais. Considerando as delimitações internas geradas pelas inflexões dos pilares e características microscópicas propomos dividir este órgão em oito partes anatômicas, onde o saco cranial, saco lateral esquerdo, saco ventral e saco de conexão compõem o estômago cárdico aglandular e o saco lateral direito associado ao divertículo concebem o estômago cárdico glandular, enquanto o pré-piloro glandular constitui a região gástrica própria ou fúndica e o pré-piloro aglandular a região pilórica.

Considerando ainda os achados histológicos, por apresentarem mucosa de epitélio estratificado queratinizado as saculações da região cardíaca aglandular sugerem que são os principais locais de fermentação aloenzimática, e por revelarem mucosa glandular e células produtoras de muco sugerimos que o saco lateral direito secreta possivelmente mucinôgenio para manter o pH básico e também lisozimas, características evidenciadas em estudos prévios. Também baseada na histologia postulamos que o divertículo pode estar associado à absorção de ácidos voláteis da fermentação provenientes das câmaras craniais devido sua mucosa possuir grandes vilosidades revestidas por epitélio simples de caráter absorptivo, porém estudos adicionais necessitam comprovar esta hipótese.

REFERÊNCIAS

- Agungpriyono, S.; Yamamoto, Y., Kitamura, N., Yamada, J., Sigit, K. & Yamashita, T. (1992). Morphological study on the stomach of the lesser mouse deer (*Tragulus javanicus*) with special reference to the internal surface. *Journal of Veterinary Medical Science*, 54, 1063-1069.
- Bauchop T & Martucci, R.W. (1968). Ruminant-like digestion of the langur monkey. *Science*, 167, 698-700.
- Bauchop, T. (1978). Digestion of leaves in vertebrate arboreal folivores. In Montgomery, G.G. (Editor), *The ecology of arboreal folivores*. United States of America, Smithsonian Institution Press, p.193–204.
- Braun, U. (2009). Ultrasonography of the gastrointestinal tract in cattle. *Veterinary Clinics of North America*, 25(3), 567-590.
- Braun, U., Jacquat, D. & Steininger, K. (2013). Ultrasonographic examination of the abdomen of the goat. I. Reticulum, rumen, omasum, abomasum and intestines. *Schweiz Arch Tierheilkd*, 155(3), 173-184.
- Britton, S.W. (1941). Form and function in the sloth. *Quarterly Review of Biology*, 16, 196-207.
- Broman, I., (1929). Über die angeblich “einzig ‘dastehenden’ mesogastrien’ und leberligamente bei den faultieren. In: Von Eggeling, H. (Ed.), *Verhandlungen der anatomischen gesellschaft auf der achtunddreißigsten versammlung in tübingen vom 17. bis 20. Anatomischen (Ergänzungsheft)*, 67, p58–63.
- Cavalcante, M.M.A.S., Fonseca, C.M.B., Silva, A. B. S., Mendonça, T.G.S., Rizzo, M.S. et al. (2021). Structural cells identification in armadillo stomach: an opportunity to know about its digestion. *International Journal of Development Research* ,11(01),432-439.
- Clauss, M. & Hummel, J. (2017). Physiological adaptations of ruminants and their potential relevance for production systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46 (7), 606-613.
- Clauss, M., Fritz, J., Bayer, D., Nygren, K., Hammer, S. & Hatt, J. M. (2009). Physical characteristics of rumen contents in four large ruminants of different feeding type, the addax (*Addax nasomaculatus*), bison (*Bison bison*), red deer (*Cervus elaphus*) and moose (*Alces alces*). *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 152, 398-406.
- Cliffe, R. N., Avey-Arroyo, J. A., Arroyo, F. J., Holton, M. D., & Wilson, R. P. (2014). Mitigating the squash effect: sloths breathe easily upside down. *Biology letters*, 10 (4), 10: 20140172.

- Dearing, M. D., Foley, W.J., & McLean, S. (2005). The influence of plant secondary metabolites on the nutritional ecology of herbivorous terrestrial vertebrates. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 36, 169-189.
- Delsuc, F., Kuch, M., Gibb, G.C., Hughes, J. & Szpak, P. (2018). Resolving the phylogenetic position of Darwin's extinct ground sloth (*Myiodon darwini*) using mitogenomic and nuclear exon data. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 16 (285), 1-10.
- Denis, C., Jeuniaux, C., Gerebtzoff, M. A. & Goffart, M. (1967). La digestion stomacale chez un paresseux: l'anaou *Choloepus hoffmanni* Peters. *Annales de la Societe Royale Zoologique de Belgique*, 97, 9-29.
- Dill-Mcfarland, K. A., Weimer, P. J., Pauli, J. N., Peery, M. Z. & Suen, G. (2016). Diet specialization selects for an unusual and simplified gut microbiota in two- and three-toed sloths. *Environment Microbiology*. 18 (5), 1391-1402.
- Dobson, D.E., Prager, E.M. & Wilson, A.C., (1984). Stomach lysozymes of ruminants. I. Distribution and catalytic properties. *The Journal of Biological Chemistry*, 259, 11607-11616.
- Dünner, C. & Pastor, G. (2017). Manual de manejo, medicina y rehabilitación de perezosos. Chile, Fundación Huálaro, pp. 78.
- Dyce, K. M., Wensing, C. J. G. & Sack, W. O. (2019). Tratado de Anatomia Veterinária, Rio de Janeiro, 5th ed., Elsevier, 872p.
- Eurell, J. & Frappier, B. L. (2006). The digestive system. In: Dellmann's Textbook of Veterinary Histology. Iowa, 6th ed., Wiley-Blackwell, pp 176.
- Foley, W. J., Engelhardt, W.V. & Charles-Dominique, P. (1995). The passage of digesta, particle size, and in vitro fermentation rate in the three-toed sloth *Bradypus tridactylus* (Edentata: Bradypodidae). *Journal of Zoology*, 236, 681-696.
- Gardner, A. L. (2008). Mammals of South America: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats. Chicago: University of Chicago Press, 690p.
- Gartner, L. P. & Hiatt, J.L. (2007). Atlas Colorido de Histologia. Rio de Janeiro, 4th ed., Guanabara Koogan, pp. 76.
- Gaudin, T. J. (2004). Phylogenetic relationships among sloths (Mammalia, Xenarthra, Tardigrada): the craniodental evidence. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 140, 255-305.
- Green, E. D. R. & Baker, C. (1996). The surface morphology of the omasum of the African goat. *Journal Soul African Veterinary Association.*, 67, p.117-122.
- Hofmann, R. R. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78, 443-457.

International Committee On Veterinary Gross Anatomical Nomenclature (2017). *Nomina Anatomica Veterinaria*. Hannover, 6th ed., Editorial Committee, 178p.

International Committee on Veterinary Histological Nomenclature (2017). *Nomina Histologica Veterinaria*. Hannover, 1th ed., Editorial Committee, 78p.

Jollès, J., Jollès, P., Bowman, B.H., Prager, E.M. & Stewart, C., (1989). Episodic evolution in the stomach lysozymes of ruminants. *Journal of Molecular Evolution*, 28, 528–535.

Kent, G. C. (1954). Digestive system. In G. C. Kent (Ed.): *Comparative anatomy of the vertebrates*. New York: McGraw-Hill Book Company, 305-329.

Kitamura, N., Yoshiki, A., Sasaki, M., Baltazar, E.T., Hondo, E. & Agungpriyono, S. (2003). Immunohistochemical evaluation of the muscularis mucosae in the ruminant forestomach. *Anatomia Histologia Embryologia*, 32(3), 175-178.

König, H.E. & Liebich, H.G. (2021). *Anatomia dos Animais Domésticos: Texto e Atlas Colorido*, Artmed; 7th ed, 856p.

Lambertz, M., & Klein, W. (2019). Functional morphology and ventilatory implications of the intracoelomic organization of three-toed sloths. *Mammalian Biology*, 97, 36-46.

Langer, P. (1974). Stomach evolution in the Artiodactyla. *Mammalia*, 38 (2), 295-314.

Langer, P. (1984). Comparative anatomy of the stomach in mammalian herbivores. *Quarterly Journal of Experimental Physiology*, 69 (3), p.615-25.

Langer, P. (1988). *The mammalian herbivore stomach. Comparative Anatomy, Function and Evolution*. New York, Gustav Fischer, 557p.

Merighi, A. (2010). *Anatomia Topográfica Veterinária*. Editora: Revinter, 356p.

Machado, M.R.F., Leal, L.M., Sasahara, T.H.C, Oliveira, F.S. & Duarte, J.M.B (2015). Morfologia do estômago do cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*, Illiger 1815), Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 67, 2, 424-432.

Mesquita, E.P., Albuquerque, P. V., Santos, F. C., Nascimento, J. C. S. & Amorim, M. J. A. A. L. (2015). An anatomical study of the stomach in *Bradypus variegatus* Schinz, 1825 (Mammalia, Xenarthra). *Veterinary Science in the Tropics Journal*, 18, 295-298.

Mesquita, E.Y.E., Soares, P.C., Mello, L.R., Freire, E.C.B. & Lima, A.R, (2021). Sloths (*Bradypus variegatus*) as a polygastric mammal. *Microscopy Research & Technique*, 84 (1), 79-88.

Nagy, K. A. & Montgomery, G. G. (1980). Field metabolic rate, water flux, and food intake in three-toed sloths (*Bradypus variegatus*). *Journal of Mammalogy*, 61, 465-472.

- Nyakatura, J.A. (2012). The convergent evolution of suspensory posture and locomotion in tree sloths. *Journal of Mammalian Evolution*, 19, 225–234.
- Pacheco, M. A, Concepción, J.L., Rangel, J.D.R., Ruiz, M.C. & Michelangeli, F. (2007). Stomach lysozymes of the three-toed sloth (*Bradypus variegatus*), an arboreal folivore from the neotropics. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 147(3), 808-819.
- Perez, W. & Ungerfeld, R. (2012). Gross anatomy of the stomach of the pampas deer, *Ozotoceros bezoarticus* (Artiodactyla: Cervidae). *Zoologia*, 29 (4), 337-342.
- Peters, J.P., Shen, R.Y.W. & Chester, S.T. (1990). Propionic acid disappearance from the foregut and small intestine of the beef steer. *Journal Animal Science*, 68, 3905-3913.
- Pinheiro, A. C. O., Lima, A. R., Carvalho, A. F., Pereira, L. C. & Branco, E. (2014). Macroscopic and microscopic morphological aspects of lesser anteater stomach (*Tamandua tetradactyla*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 66 (4), 1089-1096.
- Quintarelli, G. & Dellovo, M.C. (1969). Studies on the exocrine secretions. *Histochemie*, 19, 199–223.
- Redondo, E., Franco, A.J., Masot, A.J. (2005). Morphometric and immunohistochemical study of the omasum of red deer during prenatal development. *Journal of Anatomy*, 206 (6), 543-55.
- Rezende, L.C., Monteiro, J.M., Carvalho, P., Ferreira, J.R. & Miglino, M.A. (2011). Morphology and vascularization of the gastric compartments in three-toed sloth (*Bradypus torquatus* Illiger, 1811). *International Journal of Morphology*, 29, 1282-1290.
- Riaño, D. M. D., Villamizar, N. P. & Rico, C. I. B. (2016). Casuística de perezosos (*Bradypus variegatus* y *Choloepus hoffmanni*) recibidos en la Unidad de Rescate y Rehabilitación de Animales Silvestres de la Universidad Nacional de Colombia entre 2005 y 2010. *Edentata*, 17, 34-40.
- Samuelson, D. A. (2007). Tratado de histología veterinária. Rio de Janeiro, Elsevier Academic Press, pp 245.
- Sarma, K. & Bhattacharya, M. (1997). Comparative gross anatomy of abomasum of mithun (*Bos frontalis*), yak (*Bos grunniensis*) and zebu (*Bos indicus*). *Indian Journal of Animal Science*, 67, 876-877.
- Shoeib, M.B., Hassanin, A., Elnasharty, M. (2015). Morphological and morphometric characteristics of gastric mucosa in western grey kangaroo (*Macropus fuliginosus*). *Journal Advanced Veterinary an Animal Resesarch*, 2 (1), 40-48.
- Sonntag, C.F. (1921). A contribution to the anatomy of the three-toed sloth (*Bradypus tridactylus*). *Proceedings of the Zoological Society of London*, 157-177.

Stafford, K.J. (1995). The Stomach of the sambar deer (*Cervus unicolor unicolor*). *Anatomia Histologia Embryologia*, 24, 241-249.

Stevens, C. E., & Hume, I.D. (1995). Comparative physiology of the vertebrate digestive system, New York, Cambridge University Press, 420p.

Urbani, B. & Bosque, C. (2007). Feeding ecology and postural behaviour of the three-toed sloth (*Bradypus variegatus flaccidus*) in northern Venezuela. *Mammalian Biology*, 72, 321-329.

Van Soest, P.J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca, Cornell University Press, 122p.

Wang, W.H. (2003). Observations on aggregated lymphoid nodules in the cardiac glandular areas of the Bactrian camel (*Camelus bactrianus*). *Veterinary Journal*, 166, 205-209.

Wetzel, R. M. (1982). Systematics, distribution, ecology, and conservation of South American Edentates. In: Mares, M. A.; Genoway, H. H. (ed.). *Mammalian Biology in South America*. Pittsburgh: The University of Pittsburgh, 345-375.

Wislocki, G.B. (1928). Observations on the gross and microscopic anatomy of the sloths (*Bradypus griseus* Gray and *Choloepus hoffmanni* Peters). *Journal of Morphology and Physiology*, 46, 317-397.

Wood, A. K.W. & Kidder, D. E. (1982). Radiologic observations of gastric mixing and emptying of food in growing pigs. *American Journal of Veterinary Research*, 43, 1401-1408.

Xu, N., Min, Y., Wu, S. & Zhang, F. (2020). The stomach morphology and contents of the chinese pangolin (*Manis pentadactyla*), 3 (1), 13-20.

FIGURAS

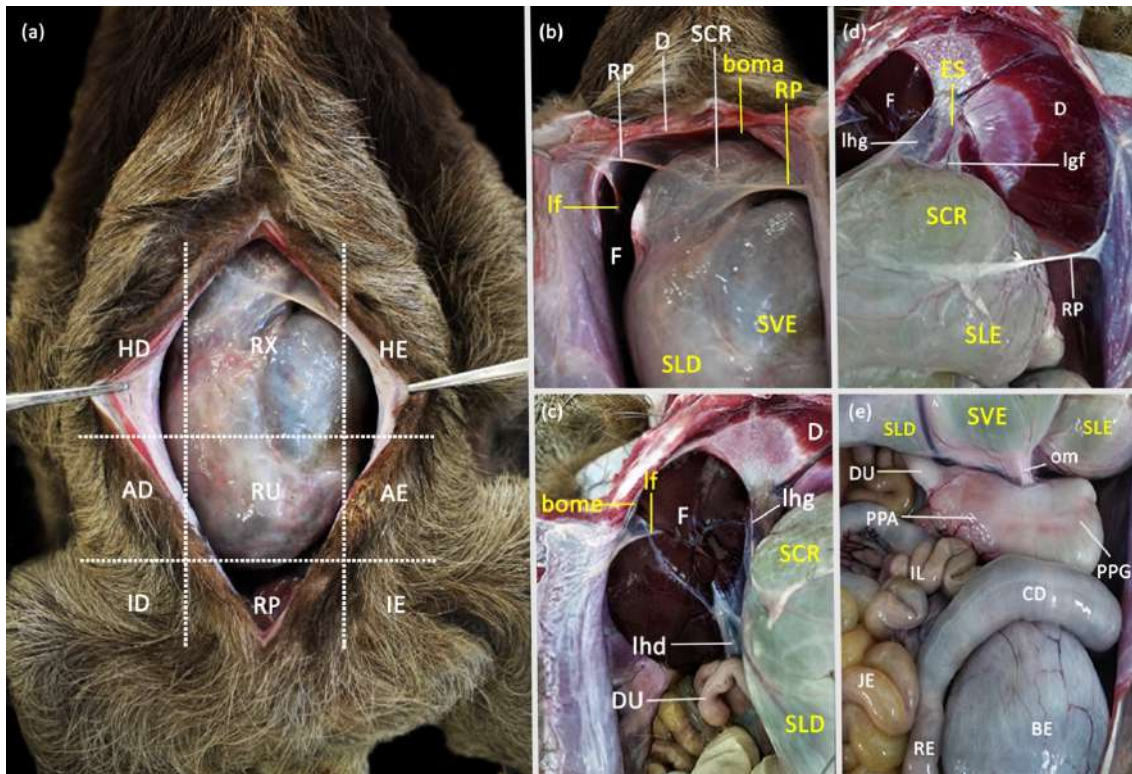


Figura 1. Fotomacrografia dos aspectos anômicos do estômago de *Bradypus variegatus*: **(a)** Visualização ventral da localização e topografia superficial do estômago na cavidade abdominal: RX (região xifoidea), HD (região hipocondríaca direita), HE (região hipocondríaca esquerda), AD (região abdominal lateral direita), AE (região abdominal lateral esquerda), RU (região umbilical); ID (região inguinal direita); IE (região inguinal direita) e RP (região púbica); **(b)** Visualização ventral dos limites craniais e pregas peritoneais que fixam o órgão ventrolateralmente: SCR (saco cranial), SVE (saco ventral), RP (recesso peritoneal), D (diafragma), F (fígado), boma (bolsa omental maior), If (ligamento falciforme); **(c)** Visualização ventrolateral da sintopia craniolateral e pregas peritoneais que fixam o órgão dorsalmente: SCR (saco cranial), SLD (saco lateral direito), D (diafragma), F (fígado), DU (duodeno), bome (bolsa omental menor), If (ligamento falciforme), lhg (ligamento hepatogástrico), lhd (ligamento hepatoduodenal); **(d)** Visualização ventrolateral da sintopia craniolateral e pregas peritoneais que fixam o órgão dorsalmente e ventrolateralmente: SCR (saco cranial), SLE (saco lateral esquerdo), D (diafragma), F (fígado), ES (esôfago), RP (recesso peritoneal), lhg (ligamento hepatogástrico), lgf (ligamento gastrofrênico); **(e)** Visualização ventrocaudal dos limites e sintopia caudal do estômago: SLD (saco lateral direito), SVE (saco ventral), SLE (saco lateral esquerdo) PPG (pré-piloro glandular), PPA (pré-piloro aglandular), DU (duodeno), IL (íleo), JE (jejuno), CD (cólon descendente), RE (reto), BE (bexiga), om (omento menor).

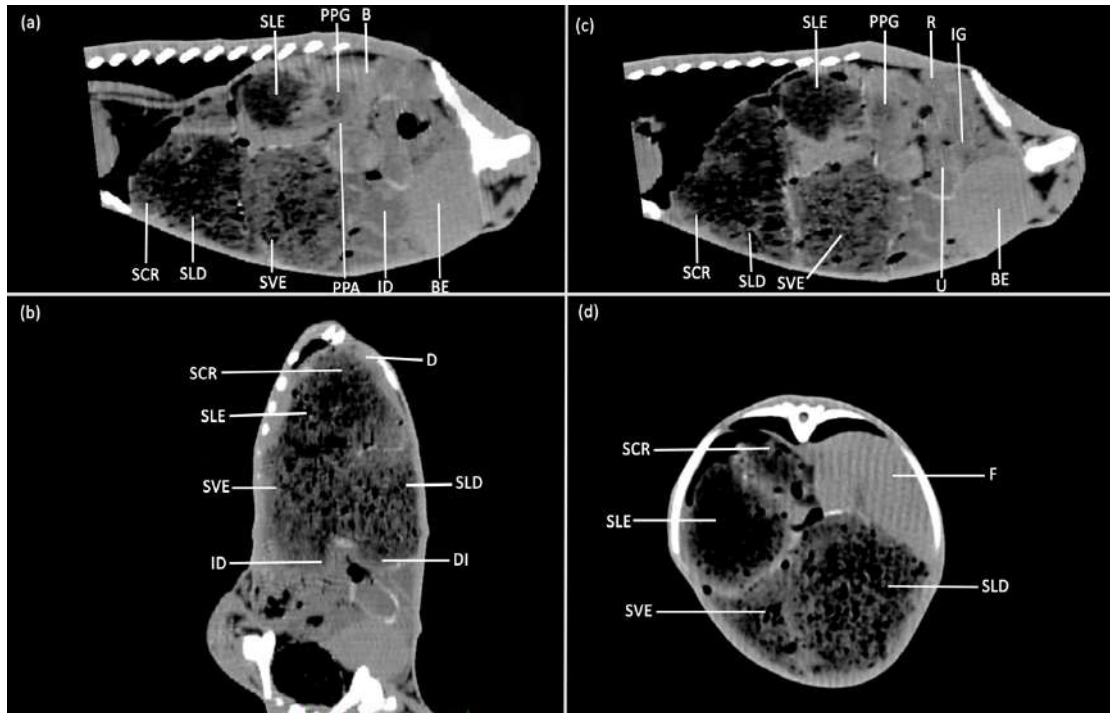


Figura 2. Tomografias do abdômen de *Bradypus variegatus* evidenciando a topografia e sintopia do estômago: **(a)** Secção parasagital da cavidade abdominal e pélvica: SCR (saco cranial), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SLD (saco lateral direito), PPG (pré-piloro glandular), PPA (pré-piloro aglandular), B (baço), ID (intestino delgado), BE (bexiga); **(b)** Secção em plano dorsal do abdômen: SCR (saco cranial), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SLD (saco lateral direito), DI (divertículo), D (diafragma), ID (intestino delgado); **(c)** Secção parasagital da cavidade abdominal e pélvica: SCR (saco cranial), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SLD (saco lateral direito), PPG (pré-piloro glandular), R (rim esquerdo), IG (intestino grosso), U (útero), BE (bexiga); **(d)** Secção transversal do abdômen ao limite da 10 vertebra torácica: SCR (saco cranial), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SLD (saco lateral direito), F (fígado).

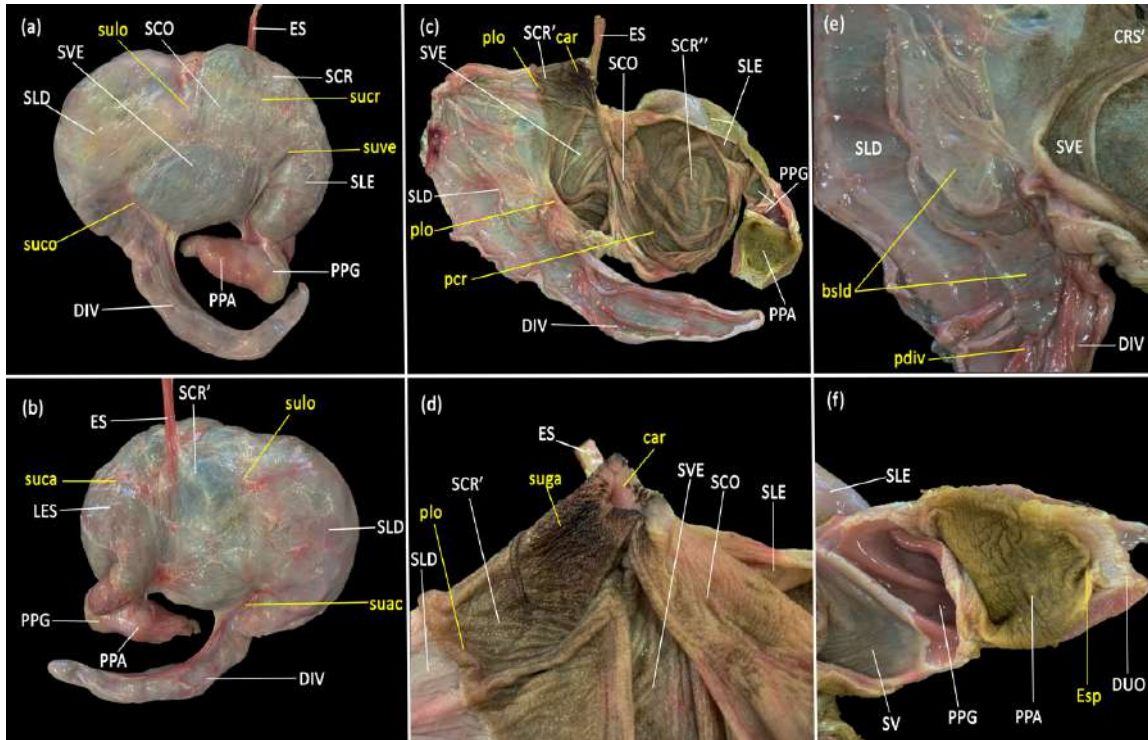


Figura 3. Fotomicrografias da morfologia externa e interna das partes anatômicas do estômago de preguiças *Bradypus variegatus*: **(a)** Vista ventral; **(b)** Vista dorsal, SCR (saco cranial), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SCO (saco de conexão), SLD (saco lateral direito), DIV (divertículo), PPG (pré-piloro glandular), PPA (pré-piloro aglandular), ES (esôfago), sucr (sulco cranial), sulo (sulco longitudinal), suve (sulco ventral), suco (sulco coronário), suca (sulco caudal), suac (sulco acessório); **(c)** Mucosa interna, SCR' (saco cranial dorsal), SCR'' (saco cranial parte ventral), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SCO (saco de conexão), SLD (saco lateral direito), DIV (divertículo), ES (esôfago), pcr (pilar cranial), plo (pilar longitudinal), car (cárdia); **(d)** Mucosa interna, SCR' (saco cranial parte dorsal), SLE (saco lateral esquerdo), SVE (saco ventral), SCO (saco de conexão), SLD (saco lateral direito), ES (esôfago), plo (pilar longitudinal), car (cárdia), suga (sulco gástrico); **(e)** Mucosa interna do saco lateral direito, SLD (saco lateral direito), SCR' (saco cranial parte dorsal), SVE (saco ventral), DIV (divertículo), bsld (bolsas do saco lateral direito), pdiv (pregas diverticulares); **(f)** Mucosa interna dos pré-piloros, PPG (pré-piloro glandular), PPA (pré-piloro aglandular), SLE (saco lateral esquerdo), SV (sulco ventricular), DUO (duodeno), Esp (esfincter pilórico).

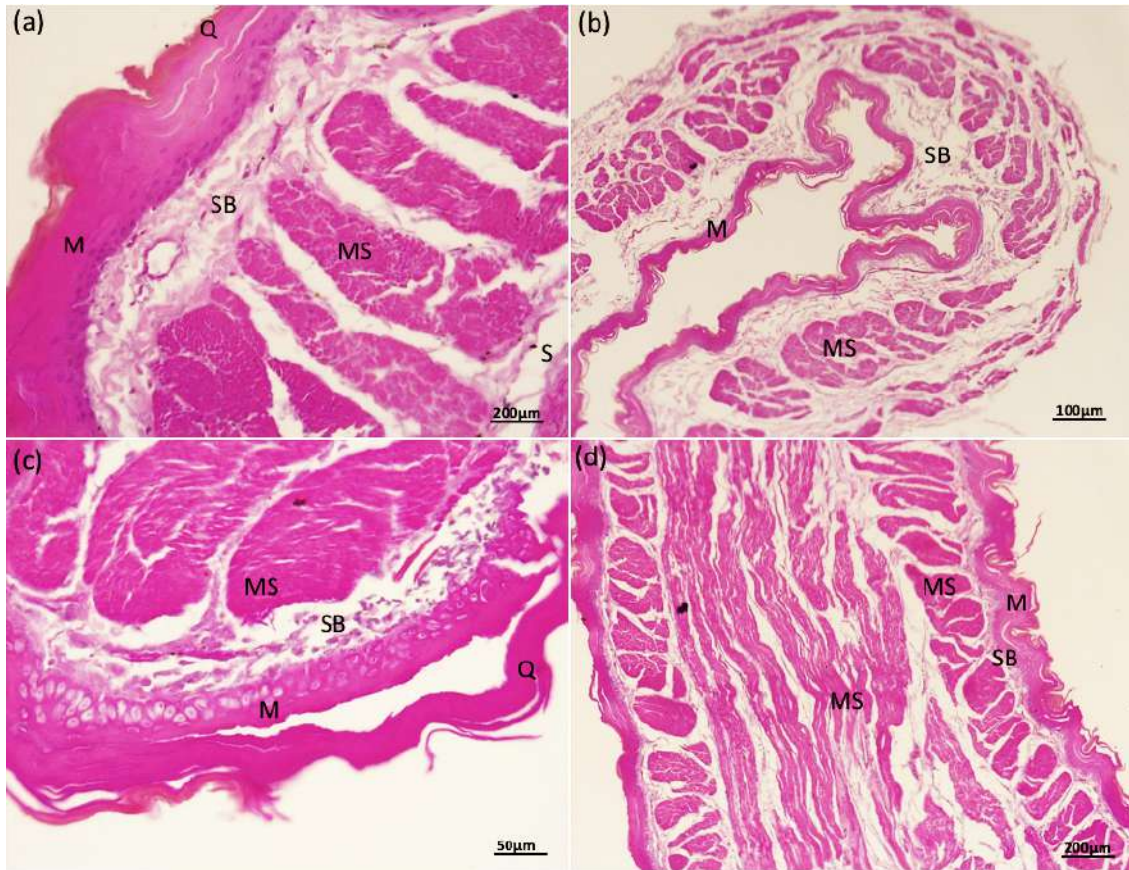


Figura 4. Fotomicrografias do estômago cárdico aglandular de *Bradypus variegatus*: **(a)** saco cranial: mucosa (M) com epitélio estratificado plano queratinizado (Q), repousando sobre uma fina lâmina própria de tecido conjuntivo frouxo, com ausência da muscular da mucosa, seguido de uma submucosa (SB) delgada de tecido conjuntivo e espessa camada de músculo liso (MS) e delgada camada serosa (S); **(b)** saco lateral esquerdo: mucosa (M) com epitélio estratificado com espessa faixa de queratina (Q), ausência da muscular da mucosa, submucosa (SB) delgada e fina camada de músculo liso (MS); **(c)** saco ventral: mucosa (M) revestida por epitélio queratinizado (Q) com baixa estratificação, submucosa (SB) delgada, densa camada de tecido muscular (MS) disposto em sentido longitudinal, transversal e circular; **(d)** saco de conexão: mucosa (M) de epitélio estratificado plano e queratinizado com lâmina própria, submucosa (SB) delgada, espessa camada muscular (MS) em sentido transversal e longitudinal.

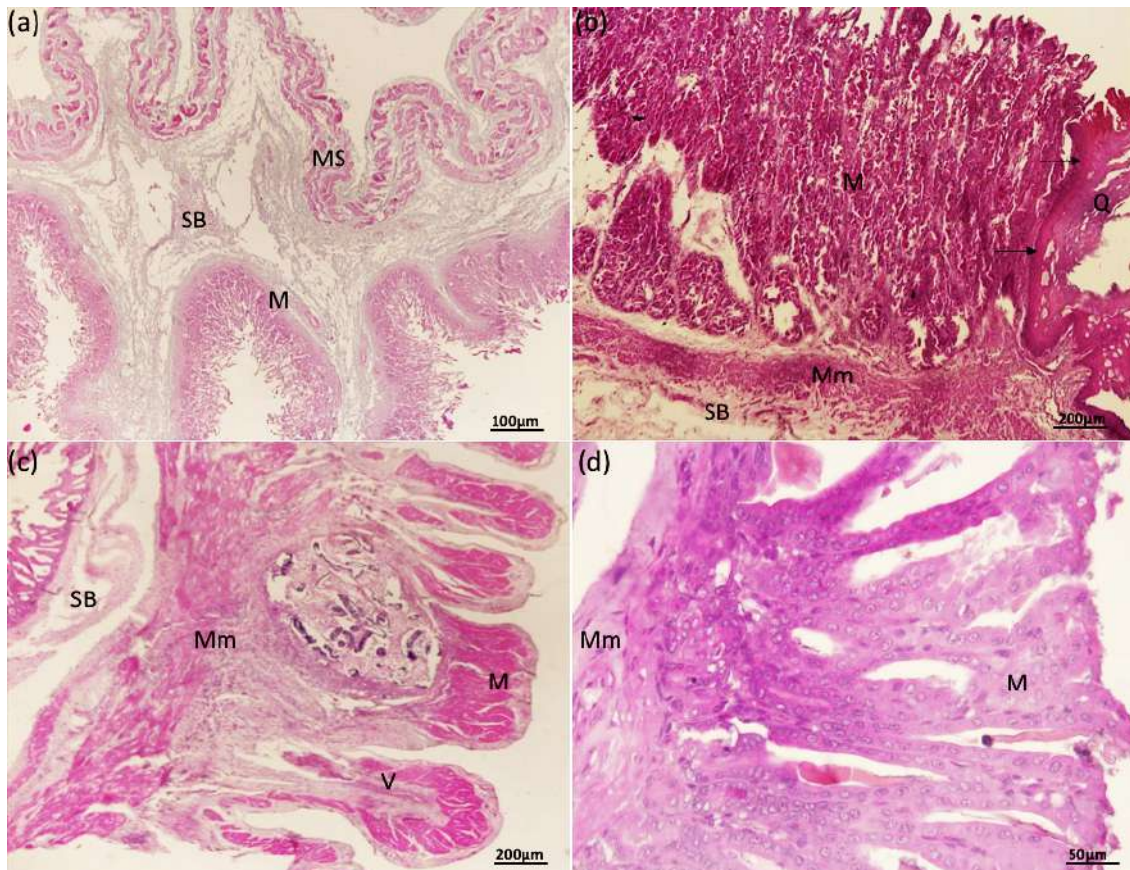


Figura 5. Fotomicrografias do estômago cárdico glandular de *Bradypus variegatus*: **(a)** saco lateral direito: mucosa (M) com epitélio colunar simples de tecido glandular e células produtoras de muco, com muscular da mucosa (Mm) delgada, submucosa (SB) de tecido conjuntivo frouxo, camada muscular (MS) em organização dupla; **(b)** visibilizar transição (setas pretas) do epitélio queratinizado (Q) aglandular do saco cranial e epitélio colunar glandular do saco lateral direito **(c)** divertículo: mucosa (M) de epitélio colunar simples com vilosidades (V) projetadas em direção à lâmina própria, seguida por uma muscular da mucosa (Mm) densa, submucosa (SB) espessa, e ainda muscular (MS) organizada em duas camadas; **(d)** visibilizar as vilosidades (V) projetadas em direção à lâmina própria.

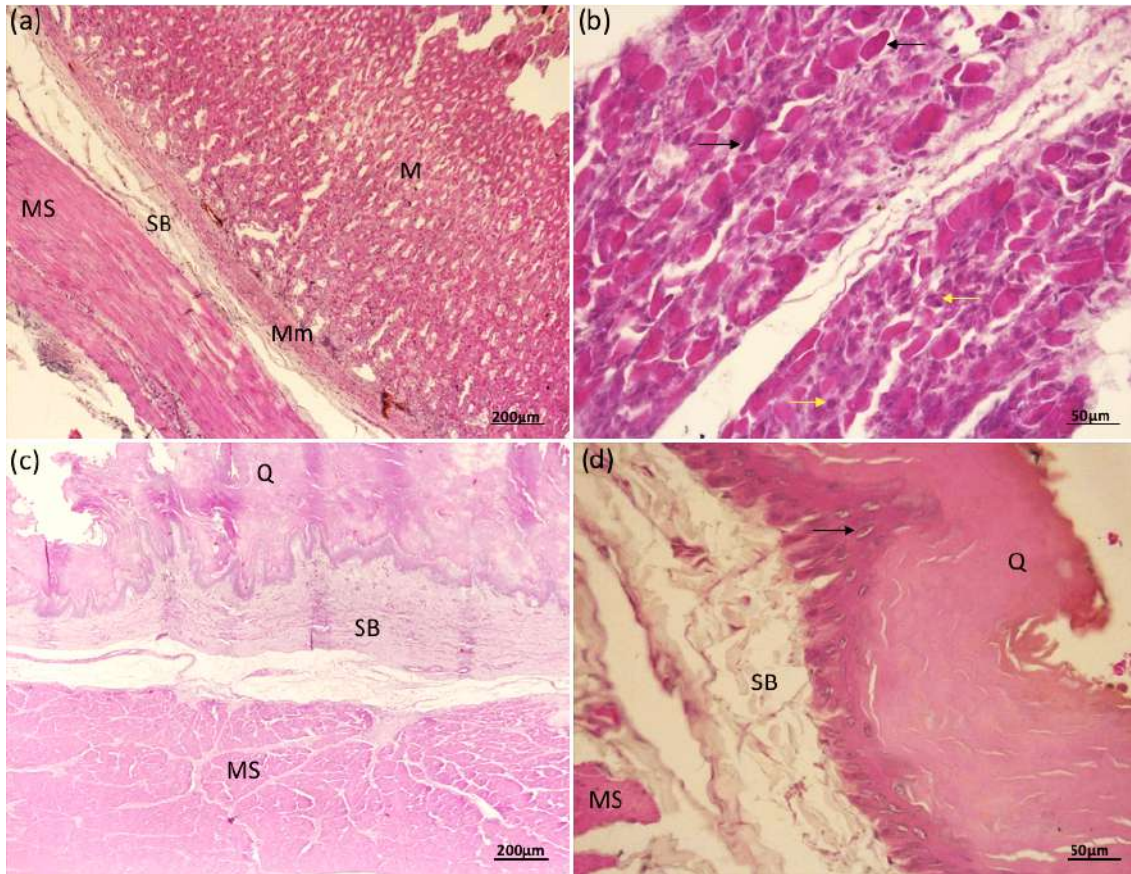


Figura 6. Fotomicrografias da região pilórica do estômago de *Bradypus variegatus*: **(a)** pré-piloro glandular: mucosa (M) de epitélio colunar simples com tecido glandular que formam as fossetas gástricas, muscular da mucosa (Mm) fina, submucosa (SB) de tecido conjuntivo frouxo e camada muscular (MS) densa; **(b)** visibilizar as células oxínticas ou parietais (setas pretas) presentes na metade superior das glândulas gástricas e no colo e zimogênicas ou principais (setas amarelas) contidas na metade inferior das glândulas; **(c)** pré-piloro aglandular: mucosa (M) de epitélio estratificado queratinizado (Q), submucosa (SB) de tecido conjuntivo denso e muscular (MS) com arranjo longitudinal e transversal; **(d)** visibilizar epitélio estratificado queratinizado (Q) com uma faixa densa e espessa com lâmina própria de tecido conjuntivo frouxo (seta preta).

CAPÍTULO III

Dietas com diferentes teores de FDN e lignina influenciam o consumo, digestibilidade, trânsito de digesta e energia digestível por preguiças *Bradypus variegatus* em cativeiro.

(Manuscrito a ser submetido à revista Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition)

Dietas com diferentes teores de FDN e lignina influenciam o consumo, digestibilidade, trânsito de digesta e energia digestível por *Bradypus variegatus* em cativeiro.

Gilcifran P. de Andrade¹; Priscilla V. de Albuquerque¹; Mauricéa C. Tschá²; Silvia Fernanda de Alcântara³; Maria Eduarda L. C. de Miranda³; Júlio C. S. Nascimento⁴; Nathália Fernanda. J. de Barros⁵; Marleyne J. A. A.L. Amorim^{1,3}

¹ Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

² Departamento de Saúde, Centro Universitário Facol Pernambuco, Brasil

³ Pós-graduação em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

⁴ Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

⁵ Bióloga, Zoológico do Parque Estadual de Dois Irmãos, Pernambuco, Brasil

RESUMO

Avaliou-se consumo, digestibilidade, trânsito de digesta e energia digestível em cinco preguiças de três dedos (*Bradypus variegatus*) alimentadas com duas dietas baseada em folhas contendo diferentes teores de fibra em detergente neutro (FDN) e lignina. A ingestão de matéria seca total (iMS), e em relação ao peso corporal e ao peso vivo metabólico foi maior para a dieta mista com menor teor de FDN baseada em *Pterondon sp. + Inga sp.* (46,54g dia⁻¹, 16,41g Kg⁻¹ e 21,27g Kg^{-0,75}) comparada ao tratamento com maior teor de FDN a partir de *Cecropia pachystachya* (37,13g dia⁻¹, 13,59g Kg⁻¹ e 17,82g Kg^{-0,75}). As digestibilidades da matéria seca (dMS), fibra em detergente neutro (dFDN), carboidratos não fibrosos, proteína bruta e lipídios foram maiores na dieta mista, 60,03%, 61,10%, 60,69%, 58,54% e 52,94%, respectivamente. Em decorrência disso houve maior provimento de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) na dieta *Pterondon sp. + Inga sp.*, 220,86 e 198,78 KJ Kg^{-0,75} dia⁻¹, respectivamente, suprimindo a exigência média de energia de 184,59 KJ Kg^{-0,75} dia⁻¹ EM estimada para as preguiças deste estudo. Ao contrário a dieta com *C. pachystachya* gerou um déficit de 31,37 KJ Kg^{-0,75} dia⁻¹ EM. Houve correlação entre a iMS e dFDN (r=0,9455), e entre dFDN e dMS (r=0,9878) nos tratamentos. Os tempos médios de retenção (TMRs) para Co-EDTA e Cr-FDN foram menores na dieta mista, 136,4h (T_{xp}= 0,73% h⁻¹) e 148,2h (T_{xp}=0,67% h⁻¹) e maiores na dieta controle com maior FDN, 153,3h (T_{xp}= 0,65% h⁻¹) e 162,6h (T_{xp}= 0,61% h⁻¹). Evidenciou-se que dietas com diferentes teores de FDN e lignina afetam

a ingestão, digestibilidade, energia digestível e taxa de passagem em *Bradypus variegatus*. Sugerimos que essas preguiças realizam lavagem da digesta para aumentar a taxa de passagem e incrementar o rendimento microbiano no estômago para maximizar a digestão da FDN e MS.

Palavras-chaves: Bradipodidae, nutrição cativa, fibra dietética, preguiças, energia metabolizável

1. INTRODUÇÃO

As preguiças *Bradypus sp.* em vida livre são essencialmente arborícolas e estritamente folívoras quanto ao hábito alimentar (Montgomery e Sunquist, 1978; Gilmore et al., 2001), apresentando maior seletividade alimentar em comparação às preguiças *Choloepus sp.* (Mendoza et al., 2015). Alguns estudos relataram para preguiças de três dedos preferência por folhas das famílias Moraceae, Apocynaceae e Sapotaceae (Chiarello, 1998) ou Cecropiaceae, Clethraceae e Clusiaceae (Urbani & Bosque, 2007). Em condições *ex situ* essa característica torna-se ainda mais evidente, como nos programas de reabilitação ou conservação em que preguiças *Bradypus sp.* não se adaptam facilmente ao manejo em cativeiro, na maioria dos casos associados à necessidade por alimentos específicos, onde muitas das espécies vegetais preferidas por estes animais nem sempre estão disponíveis ao consumo (Raines, 2005). O déficit nutricional é responsável por 45,7% de todos os distúrbios clínicos severos observados em preguiças cativas (Diniz & Oliveira, 1999).

Ainda que preguiças *Bradypus sp.* apresentem preferências alimentares por algumas espécies vegetais a dieta mais comum é baseada em folhas de *Cecropia sp.* nas condições de cativeiro (Avey-Arroyo, 2002; Raines, 2005), em que são observados baixos valores de ingestão de matéria seca (Foley, Engelhardt & Charles-Dominique, 1995). Esse manejo alimentar persistiu por muito tempo talvez pela ideia de associação entre preguiças e esta planta que foi considerada a única fonte de alimento para esses animais no passado (Beebe 1926, Goffart 1971), ou ainda pelo argumento de que preguiças de três dedos podem morrer de fome mesmo com o estômago cheio, no caso de escolha errada do alimento, devido à lenta digestão de folhas no estômago (Montgomery e Sunquist, 1975).

Apesar de possuírem taxas de digestão mais lentas, um raro estudo demonstrou razoável eficiência pra aproveitamento de nutrientes mesmo a partir de *Cecropiaceae*, em que foi observado elevada

proporção de ácidos graxos de cadeia curta no estômago de preguiças *Bradypus sp.*, semelhante ao observado em outros fermentadores pré-gástricos que consomem dietas fibrosas (Foley et al., 1995). Porém, esses autores atribuíram a menor digestão em parte à lignina presente nas folhas com que os animais foram alimentados. Isso sugere que a composição fibrosa deste alimento, comumente empregado à preguiças de três dedos em cativeiro, pode influenciar não só a digestão mas também o consumo de matéria seca e nutrientes, já que consumo e digestibilidade mantêm íntima relação nos animais (Conrad, Pratt, & Hibbs, 1964).

Os escassos trabalhos que apontam baixa ingestão de alimentos por preguiças *Bradypus sp.* justificam que essa característica dá-se pela sua baixa taxa metabólica (Nagy & Montgomery, 1980; Cliffe, Haupt, Avey-Arroyo & Wilson, 2015), que foi proposta entre 40 à 74% daquela esperada para um mamífero placentário de peso corporal semelhante (Irving, Scholander & Grinnel, 1942; McNab, 1978). Outros estudos propõem que essa característica pode estar atrelada ao fato de folhas possuírem componentes tóxicos, o que justificaria ainda maior tempo de retenção para digestão a fim de diminuir absorções de substâncias tóxicas (Cork & Foley, 1991; Strier, 1992). E mais recentemente foi sugerido que a taxa de ingestão de alimentos nesses animais é afetada pela temperatura ambiente com aumento do consumo nos dias mais quentes, embora esse comportamento esteja em contraste com a maioria dos mamíferos e as vantagens ainda não estejam totalmente esclarecidas (Cliffe et al., 2015).

Entretanto, nenhum estudo relacionou níveis de ingestão em preguiças *Bradypus spp.* com o teor de fibra dos alimentos, ainda que esta encontre-se em maiores concentrações nas folhas das plantas tropicais que são consumidas majoritariamente por estas preguiças em vida livre (Chiarello, 1998) e em cativeiro (Avey-Arroyo, 2002). Da mesma forma, não há estudos avaliando a digestibilidade da fibra e seus componentes em dietas fornecidas à estes animais, apesar das observações de seleção por folhas jovens que seriam mais digestíveis (Montgomery & Sunquist, 1978; Chiarello, 1998). O teor de fibra nos alimentos pode ser uma entidade nutricional importante porque preguiças são incapazes de digerir componentes estruturais como a celulose e hemicelulose, sendo dependentes da ação de enzimas de microrganismos com quem mantêm simbiose no estômago para digerir nutrientes (Dill-McFarland et al., 2016). Em adição, o conteúdo de fibra dos alimentos é um dos principais reguladores do consumo

em fermentadores gástricos por causar enchimento físico no trato digestivo (Mertens, 1994; Allen, 1996).

Por ser a nutrição um dos fatores vitais para a reabilitação e manutenção com sucesso de preguiças de três dedos em programas de conservação *ex situ*, torna-se importante averiguar respostas dos animais perante aos alimentos que consomem, bem como buscar alternativas nutricionais que atendam suas exigências de energia. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o consumo, a digestibilidade, o trânsito de digesta e a energia digestível em preguiças da espécie *Bradypus variegatus* alimentadas em cativeiro com folhas de *Cecropia pachystachya* e uma dieta mista baseada em folhas de *Pterondon sp.* + *Inga sp.*

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local, Animais e Dietas

Os métodos de execução deste estudo foram autorizados pela Comissão de Ética no Uso de Animais, entidade pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, sob registro nº 033/2019. A pesquisa foi desenvolvida no Zoológico do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife-Pernambuco, Brasil (8°7'30"S e 34°52'30"W). Quatro preguiças jovens, 2 fêmeas e 2 machos com peso corporal médio de 2,86±0,10 Kg, da espécie *B. variegatus* foram submetidos à dois ensaios de consumo e digestibilidade *in vivo* com duas dietas em dois períodos sequenciais. As dietas consistiram de folhas jovens de *Cecropia pachystachya* (Cecropiaceae) no primeiro ensaio e folhas jovens de *Pterondon sp.* + *Inga sp.* (Fabaceae) no ensaio subsequente.

2.2. Taxa Metabólica e Requerimento de Energia Metabolizável

A taxa metabólica basal foi estimada pela fórmula $TMB = K \times PC^{0,75} \times 0,40$; sendo K a constante de Hainsworth para mamíferos com temperatura central de 35°C, PC a massa corporal em Kg elevada à potência 0,75 para unidade de peso metabólico de Kleiber (Pachaly, 2006) e 0,40 a porcentagem da taxa metabólica equivalente para preguiças *Bradypus spp.* em relação a um mamífero de massa corporal equivalente (Mcnab, 1978). O requerimento de energia metabolizável para as preguiças foi aferido

segundo a equação: $REM = TMB \times 1,2$, em que TMB é a taxa metabólica e 1,2 o fator de ajuste para condição fisiológica de crescimento.

2.3. Ensaio de Consumo, Digestibilidade e Cinética da Digesta

O primeiro ensaio procedeu-se com uma dieta controle ofertada individualmente aos animais baseada em folhas de *C. pachystachya* durante 14 dias de adaptação e 21 dias de fornecimento para coleta de dados. Após esse período, a primeira dieta foi substituída por uma dieta mista baseada em folhas de *Pterondon sp.* + *Inga sp.*, para adaptação de 14 dias, sendo fornecida integralmente também por 21 dias neste segundo ensaio. As dietas foram ofertadas *in natura* diariamente, às 08:00 da manhã e 16:00 da tarde. Ainda que não seja comum a ingestão voluntária de água por preguiças esta foi ofertada *ad libitum*. O consumo das dietas foi determinado através de mensurações individuais após as duas ofertas diárias, onde as folhas frescas eram pesadas antes do fornecimento, assim como as sobras não ingeridas. A ingestão de matéria seca (iMS) foi calculado pela equação: $iMS = \{MS \text{ ofertada}_{(g)} - MS \text{ sobras}_{(g)}\}$. O consumo também foi relacionado ao peso corporal ($g \text{ Kg}^{-1} \text{ PC}$) e peso vivo metabólico ($g \text{ Kg}^{-0,75}$). Amostras representativas das dietas e sobras foram coletadas e acondicionadas à -20°C para fins de análises químico-bromatológicas. Para avaliar a digestibilidade da matéria seca e nutrientes e energia digestível das dietas foram coletadas as fezes dos animais individualmente após excreção na serapilheira que reveste o piso do recinto. Por apresentarem-se com aspecto seco e consistente as fezes foram coletadas integralmente, pesadas, identificadas e armazenadas em freezer à temperatura -20°C para análise de composição químico-bromatológicas.

A cinética de passagem da digesta pelo trato digestório foi realizada por estimativa do tempo médio de retenção da digesta (TMR), da taxa de passagem (T_{xp}) e do tempo de trânsito (TT) em um mesmo animal para a dieta controle e dieta mista. Para isso foram utilizados dois marcadores, o cobalto fixado ao ácido etilenodiaminotetracético (Co-EDTA) para rastrear os solutos da digesta e o cromo mordente fixado na fibra em detergente neutro (Cr-FDN) para marcar passagem das partículas e ambos foram preparados segundo Udén, Colucci & Van Soest (1980). Os marcadores foram fornecidos no primeiro dia do período de coleta às 8h da manhã antes das dietas. O Co-EDTA foi aplicado por seringas de plástico na cavidade oral (0,50g) e o Cr-FDN foi fornecido junto às folhas trituradas com peneiras de

1,5 mm (2,5g), seguido do fornecimento das dietas *in natura*. Amostras de fezes foram coletadas à medida que o animal excretava no tempo decorrido após aplicação. As concentrações de Co e Cr foram analisadas digerindo-se 0,25-0,30g de fezes secas e moídas com uma mistura de ácido perclórico e nítrico em forno microondas de alta pressão. As digestões foram filtradas e analisadas em equipamento de espectroscopia de absorção (modelo AA-7000).

O tempo médio de retenção da digesta em todo o trato digestório foi calculado pela equação proposta por Faichney (1975): $TMR \text{ (horas)} = \sum mi \times ti / \sum mi$, em que mi é a quantidade de indicador excretado no i intervalo de tempo e ti , o intervalo de tempo entre o fornecimento do indicador e i tempo de coleta fecal. A taxa de passagem da digesta em todo o trato digestório foi estimada como o inverso da TMR, ou seja, $Txp \text{ (\% h}^{-1}\text{)} = 1/TMR$. O tempo de trânsito da digesta (TT) foi considerado como o intervalo de tempo entre o fornecimento do indicador e o aparecimento inicial nas fezes.

2.4. Análises químico-bromatológicas das dietas, sobras e fezes

As amostras das dietas, sobras e fezes foram pré-secas em estufa de ventilação forçada à 55°C por 72 horas e moídas finamente em moinhos de faca tipo Wiley. As determinações dos nutrientes seguiram os procedimentos da AOAC (2000), incluindo matéria seca (MS) (método 934.01), proteína bruta (PB) (método 968.06), matéria mineral (MM) (método, 942.05) e extrato etéreo (EE) (método 920.39). As frações da fibra dietética foram quantificadas em fibra detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) (Van Soest, Robertson & Lewis, 1991), sendo a FDN corrigida para cinzas e proteínas (Mertens, 2002). A lignina foi determinada pelo método do permanganato (Van Soest & Wine, 1968).

A hemicelulose (HEM) foi calculada pela equação: $HEM = \{FDN_{(g \text{ Kg}^{-1}MS)} - FDA_{(g \text{ Kg}^{-1}MS)}\}$; a celulose (CEL) pela equação: $\{CEL = FDA_{(g \text{ Kg}^{-1}MS)} - \text{lignina}_{(g \text{ Kg}^{-1}MS)}\}$. O quantitativo de carboidratos não-fibrosos (CNF) foi estimado de acordo a equação: $CNF = \{100 - (PB_{g \text{ Kg}^{-1}MS} + FDN_{g \text{ Kg}^{-1}MS} + EE_{g \text{ Kg}^{-1}MS} + MM_{g \text{ Kg}^{-1}MS})\}$. A energia bruta (EB) das dietas foi determinada queimando-se um grama (1g) de amostra em um calorímetro adiabático de Parr.

2.5. Estimativa da Digestibilidade, Energia Digestível e Metabolizável

A digestibilidade aparente da matéria seca (dMS) foi calculada a partir da diferença entre a MS consumida e a excretada nas fezes conforme equação: $dMS (\%) = \{(MS \text{ ingerida}_{(g)} - MS \text{ excretada}_{(g)} / MS \text{ ingerida}_{(g)} \times 100)\}$. A partir destes valores foram calculados os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta (dPB), lipídios (dEE), fibra em detergente neutro (dFDN), carboidratos não fibrosos (dCNF), celulose (dCEL) e hemicelulose (dHEM), considerando o teor do nutriente consumido em relação a quantidade excretada nas fezes pela equação $dN = \{(MS \text{ ingerida}_{(g)} \times \text{nutriente}_{(g \text{ Kg}^{-1} \text{ MS})} - (MS \text{ excretada}_{(g)} \times \text{nutriente}_{(g \text{ Kg}^{-1} \text{ MS})}) / (MS \text{ ingerida}_{(g)} \times \text{nutriente}_{(g \text{ Kg}^{-1} \text{ MS})}) \times 100\}$. A energia digestível (ED) foi calculada pela digestibilidade da energia bruta (EB) fornecida por cada dieta e a energia metabolizável (EM) foi estimada multiplicando-se a ED pelo fator 0,90 considerando as perdas de produção de gases de fermentação e urina para folívoros arbóreos (Nagy & Milton, 1979; Nagy & Montgomery, 1980).

2.6. Análise estatística

Os dados amostrais foram avaliados através do programa estatístico Biostat 5.3. Os valores de consumo e digestibilidade foram considerados correlacionados, supondo o modelo $D_i \sim N(\mu_D, S_D^2)$, onde o efeito produzido para o i -ésimo indivíduo pode ser representado pela equação $D_i = X_i - Y_i$. O parâmetro μ_D foi estimado pela média amostral das diferenças, segundo a equação $D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n D_i$, enquanto que o desvio padrão das diferenças calculado pela equação $S_D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (D_i - D)^2$. A normalidade dos valores obtidos foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk a 0,05 de significância. As diferenças encontradas entre as médias foram analisadas pelo teste t de Student para amostras pareadas a significância de 5%. As correlações entre digestibilidade da FDN e consumo matéria seca, e ainda a relação entre dFDN com a digestibilidade da MS foram executadas usando a correlação de Pearson e regressão linear.

3. RESULTADOS

Os dados de composição químico-bromatológico dos nutrientes na Tabela 1 mostram que as dietas fornecidas *in natura* apresentaram concentrações semelhantes de matéria seca, 385,1g Kg⁻¹ e

367,1g Kg⁻¹, respectivamente, além de serem isonitrogenadas com valores médios de 95,4g Kg⁻¹ MS de proteína bruta para *C. pachystachya* e 97,5g Kg⁻¹ MS para a dieta mista. Além disso mostraram-se isoenergéticas, 17,24kJ g⁻¹ MS e 17,48kJ g⁻¹ MS, respectivamente. Entretanto, o teor da fibra em detergente neutro (FDN) das folhas de *C. pachystachya* apresentaram-se superiores ao encontrado na dieta mista *Pterondon sp. + Inga sp.*, 404,2g Kg⁻¹ MS e 321,7g Kg⁻¹ MS, respectivamente. Do total de FDN das folhas de *C. pachystachya* 212,7 g Kg⁻¹ MS correspondeu ao carboidrato celulose, 146,6g Kg⁻¹ MS de hemicelulose e 45,2g Kg⁻¹MS à lignina, enquanto que 144,3g Kg⁻¹ MS de celulose, 164,3g Kg⁻¹ MS de hemicelulose e 13,1g Kg⁻¹MS de lignina constituíram a FDN da dieta mista. A concentração dos carboidratos não fibrosos (CNF) foi superior na dieta mista (496,4g Kg⁻¹MS), frente aos 367,2 g Kg⁻¹MS encontrados nas folhas de *C. pachystachya*.

Observou-se maior consumo de matéria seca (iMS) quando as preguiças foram alimentadas com a dieta mista baseada em *Pterondon sp. + Inga sp.*, onde a ingestão dos animais apresentou média de 46,54g dia⁻¹, enquanto que na dieta controle com folhas de *C. pachystachya* obteve-se em média consumo de 37,13g dia⁻¹ (Tabela 2). O consumo em relação ao peso corporal (iPC) e ao peso vivo metabólico (iPVM) também foi maior na alimentação com a dieta mista, correspondendo à 16,41g Kg⁻¹ dia⁻¹ e 21,27g Kg^{-0,75} dia⁻¹, perante aos menores valores de 13,98g Kg⁻¹ dia⁻¹ e 17,82g Kg^{-0,75} dia⁻¹ obtidos na dieta controle (Tabela 2). Em consequência disso, as preguiças ingeriram maior quantidade de energia bruta na dieta mista, cerca de 371,54KJ, ante aos 304,63 KJ na dieta controle.

A Tabela 3 evidencia os coeficientes de digestibilidade aparente obtidos nas duas condições dietéticas em que os animais foram submetidos. A digestibilidade da matéria seca (dMS) foi superior na alimentação com *Pterondon sp. + Inga sp.*, média de 60,03%, frente aos valores de 52,71% quando consumiram a dieta controle. A fração fibrosa das dietas correspondente a FDN exibiu maior digestibilidade para a dieta mista (61,10%), já para *C. pachystachya* o coeficiente foi menor (51,08%). Em relação aos componentes da FDN, a digestibilidade da celulose e hemicelulose foi maior para a dieta *Pterondon sp. + Inga sp.*, valor médio de 51,76% e 54,72%, na dieta controle essa digestibilidade foi de 45,51% e 45,79%, respectivamente. Os carboidratos não fibrosos da dieta mista apresentaram maior digestibilidade em relação à *C. pachystachya*, 60,69% e 45,79% respectivamente. Os valores obtidos para digestibilidade da proteína bruta foi maior nas folhas de *Pterondon sp. + Inga sp.*, em média

58,54%, enquanto que para a PB encontrada nas folhas de *C. pachystachya* foi obtido valor de 45,79%. Houve digestibilidade superior para os lipídios na segunda dieta ofertada, valor de 52,94% frente aos 47,04% da dieta controle. Em razão da maior digestibilidade de nutrientes e matéria seca na dieta mista observou-se maior ingestão de energia digestível e metabolizável neste tratamento, 220,86KJ Kg^{-0,75} dia⁻¹ e 198,78 KJ Kg^{-0,75} dia⁻¹, contra 162,36 KJ Kg^{-0,75} dia⁻¹ e 146,12 KJ Kg^{-0,75} dia⁻¹ na dieta com *C. pachystachya*, respectivamente.

Ao analisar-se os dados agrupados de consumo em relação a digestibilidade da FDN, observou-se correlação entre estas variáveis nas preguiças deste estudo (F=50,1045, p-valor=0,0008, r²= 0,8932, r= 0,9450), onde nos animais em que houve maior digestibilidade da fração fibrosa das dietas a ingestão de matéria seca tendenciou a ser mais elevada (Figura 1a). O aumento da digestibilidade da FDN também apresentou tendência de correlação com a digestibilidade da MS (F=31,1633, p-valor=0,0019, r²=0,9758, r=0,9878) (Figura 1b). Os padrões de excreção fecal dos marcadores de soluto (Co-EDTA) e partículas (Cr-FDN) mostraram picos distintos nas duas dietas, em que o Co-EDTA foi excretado mais rapidamente que o Cr-FDN, onde apresentaram tempos médios de retenção de digesta (TMR) de 153,3h e 162,6h na dieta com *C. pachystachya*, respectivamente, enquanto na dieta com *Pterondon sp. + Inga sp.* os TMRs para esses marcadores foram 136,4h e 148,2h, respectivamente. Assim, na dieta controle a taxa de passagem para o Co-EDTA foi de 0,65% h⁻¹ e Cr-FDN de 0,61% h⁻¹ e na dieta mista de 0,73% h⁻¹ e 0,67% h⁻¹, respectivamente.

4. DISCUSSÃO

4.1. Consumo

Os valores médios de consumo de matéria seca obtidos neste estudo corroboram com relatos anteriores que preguiças *Bradypus sp.* possuem baixa ingestão diária de alimento (Nagy & Montgomery, 1980; Cliffe et al., 2015). O principal fator argumentado para justificar essa característica é a baixa taxa metabólica, e, portanto, conseguiriam sobreviver com uma dieta pobre em energia (Irving et al., 1942; McNab, 1978; Nagy e Montgomery, 1980). Porém, observamos diferentes níveis de ingestão por preguiças *B. variegatus* alimentadas com duas dietas isoenergéticas, sugerindo que outros fatores podem ser responsáveis pelas diferenças observadas, visto que consumo de matéria seca por animal na dieta

com *Pterondon sp. + Inga sp.* foi em média 9,13g dia⁻¹ maior em comparação ao tratamento *C. pachystachya* (Tabela 2).

Atribuímos essa diferença no consumo de matéria seca às distintas concentrações da fibra em detergente neutro (FDN) das dietas, sendo mais elevada nas folhas de *C. pachystachya* (404,2g Kg⁻¹ MS) em relação à dieta *Pterondon sp. + Inga sp.* (321,6g Kg⁻¹ MS), uma diferença de 82,6g Kg⁻¹ MS de FDN (Tabela 1). A FDN é considerada um dos principais reguladores da ingestão nos animais por causar enchimento físico no trato gastrointestinal, pois estimula receptores na camada muscular das câmaras fermentativas que são excitáveis à estímulos mecânicos, respondendo à distensão física e determinando o final de um período de alimentação (Mertens, 1994). Tal efeito é mais proeminente à medida que o teor de fibra aumenta nas dietas quando a energia não é limitante (Allen, 1996).

Diante disso, ao apresentar maior concentração de FDN em sua composição as folhas de *C. pachystachya* podem ter gerado distensão física de modo mais acentuado, não permitindo maiores valores de consumo de matéria seca, já que neste tratamento a ingestão de FDN correspondeu em média à 40% do consumo de toda a matéria seca. Em contrapartida, por possuir menor concentração de FDN a dieta com folhas *Pterondon sp. + Inga sp.* possibilitou maior capacidade de ingestão de matéria seca. A ingestão média de 46,53g dia⁻¹ obtida neste tratamento também foi superior ao valor de 38,56g dia⁻¹ aferido para preguiças *B. tridactylus* com massa corpórea de 2,40Kg consumindo *C. palmata* em cativeiro, contendo 391g Kg⁻¹ MS de FDN (Foley et al., 1995). A estimativa mais baixa de ingestão obtida por esses autores é similar ao encontrado para *C. pachystachya* de nosso estudo que foi de 37,13g dia⁻¹ para animais de 2,76Kg PC, indicando que dietas à base de folhas, sobretudo plantas do gênero *Cecropia*, contendo teor de FDN próximo à 400g Kg⁻¹ MS causam efeitos de repleção em preguiças *B. variegatus* cativas quando fornecidas isoladamente, afetando o consumo.

No presente estudo, o consumo em relação à massa corporal na dieta mista correspondeu à 16,41g Kg⁻¹ dia⁻¹ em média, valor mais próximo ao estimado para preguiças *Bradypus sp.* em vida livre estimado em 15g Kg⁻¹dia⁻¹ (Nagy & Montgomery, 1980), enquanto que no tratamento com folhas de *C. pachystachya* a ingestão foi de 13,98g Kg⁻¹dia⁻¹, valor inferior comparado até mesmo a outro folívoro arbóreo de peso similar que ingere cerca de 15,6g Kg⁻¹ dia⁻¹ (Cork e Hume, 1987). Quando associado ao peso metabólico as diferenças na ingestão também foram significativas, compreendendo em média à

17,82g Kg^{-0,75} dia⁻¹ na dieta com *C. pachystachya* e 21,27g Kg^{-0,75} dia⁻¹ no tratamento com *Pterondon sp. + Inga sp.* Esta última é semelhante ao valor de 21,22g Kg^{-0,75} dia⁻¹ estimado a partir da mensuração da produção de CO₂ para preguiças *Bradypus sp.* (Nagy & Montgomery, 1980). Tal valor também é equivalente ao observado em preguiças de dois dedos onde o consumo mensurado foi em média de 22,0g Kg^{-0,75} dia⁻¹ para uma dieta generalista de baixa FDN (Vendl et al., 2016). Na maioria dos fermentadores pré-gástricos a capacidade de ingestão máxima de FDN é estimada em até 1,3% em relação ao peso corporal, equivalendo ao valor de 12,0g de FDN por Kg de peso corpóreo (Mertens, 1987). Porém, em nosso estudo os animais consumiram apenas metade desse valor, cerca de 6,0g Kg⁻¹ PC, indicando que o efeito de distensão física gerada pela matéria fibrosa pode ser mais exacerbado em preguiças de três dedos consumindo dietas fibrosas.

4.2. Digestibilidade

Em dietas fibrosas a digestibilidade da FDN torna-se imprescindível para não haver limitação de consumo já que sua degradação é mais lenta em relação à outros nutrientes, além de ocupar volume no trato gastrointestinal (Mertens, 1994; Allen, 1996). Assim, se a FDN for mais digestível pode-se estimular o consumo pelo aumento da taxa de passagem no trato gastrointestinal, criando espaço para outra refeição. Neste estudo, a digestibilidade da FDN (dFDN) mostrou-se em média mais elevada para as folhas de *Pterondon sp. + Inga sp.* (61,10%) em relação à *C. pachystachya* (51,08%), corroborando com esses pressupostos visto que o consumo de MS foi superior para a dieta mista como evidenciado anteriormente. O valor de 60,03% para digestibilidade da matéria seca (dMS) na dieta com *Pterondon sp. + Inga sp.* foi semelhante aos 64% determinada para preguiças *Bradypus sp.* em vida livre a partir da recuperação de manganês nas fezes (Nagy & Montgomery, 1980). Ao agruparmos os dados de cada indivíduo, verificamos correlação entre consumo de matéria seca e digestibilidade da FDN nos tratamentos (Figura 1a), em que o consumo de matéria seca aumentou à medida que a digestibilidade dessa fibra insolúvel também elevou-se. Comportamento semelhante ocorreu para digestibilidade de MS total (dMS) quando a FDN foi digerida em maiores proporções (Figura 1b). Apesar do pequeno tamanho amostral, a relação resultante permanece clara e se manifesta em magnitudes equivalentes para cada animal estudado, já que esse comportamento foi similar dentro dos tratamentos.

Os distintos coeficientes de digestibilidade observados nas dietas também podem ser atribuídos às diferentes composições da FDN nos dois alimentos. A FDN é constituída pelos carboidratos celulose e hemicelulose além do composto indigerível lignina (Allen, 1996) e tais carboidratos só podem ser digeridos por enzimas bacterianas nos herbívoros (Van Soest, 1994), e a associação desses carboidratos fibrosos com a lignina podem afetar a digestão da FDN (Mertens, 1994). Assim, ainda que preguiças *Bradypus sp.* possuam alta atividade fermentativa no estômago (Dill-McFarland et al., 2016) até para maximizar a digestão da fibra e nutrientes (Bauchop, 1978) a limitação imposta pela lignina não pode ser superada. Em nossas análises, as folhas de *C. pachystachya* apresentaram 32,13g a mais de lignina em relação à *Pterondon sp. + Inga sp.* (Tabela 1), indicando que essa característica contribuiu para diferenças de dFDN nos alimentos consumidos. Em consonância com esses achados, Foley et al. (1995) ao avaliarem a produção de gases *in vitro* a partir da microbiota do estômago em *B. tridactylus* relataram menor fermentação atribuindo em parte esse efeito à lignina das folhas de *C. palmata* fornecidas aos animais. Adicionalmente, as folhas de *Pterondon sp. + Inga sp.* apresentaram menor concentração de celulose e maior de hemicelulose (Tabela 1) e apesar do mesmo grupo de bactérias serem responsáveis por suas degradações esta última apresenta maior solubilidade, portanto com potencialidade de ser digerida mais intensivamente em relação a celulose (Van Soest, 1994; Nússio, Campos & Lima, 2011). Em acordo à isso, a hemicelulose teve digestibilidade mais elevada que a celulose neste tratamento, característica que possivelmente contribuiu para elevar a digestibilidade de FDN na dieta mista.

Em outros herbívoros que realizam fermentação da matéria vegetal nos pré-estômagos estudos mostram que a celulose e hemicelulose são a principal fonte para obtenção de energia líquida na forma de ATP em dietas fibrosas, utilizada para manutenção e crescimento das bactérias e organismo animal (Bergmann, 1990; Nússio, Campos & Lima, 2011). Esse fato pode ser importante para preguiças *B. variegatus*, porque a disponibilidade de energia favorece a digestão de outros nutrientes de importância metabólica como as proteínas, lipídios e açúcares solúveis encontrados no interior das células vegetais, que só podem ser acessadas com a digestão da parede celular vegetal que é constituída principalmente por celulose e hemicelulose (Van Soest, 1994). Em concordância, encontrou-se maior digestibilidade da proteína bruta (dPB), em média 58,54%, quando os animais foram alimentados com *Pterondon sp. + Inga sp.*, enquanto que nas folhas de *C. pachystachya* foi obtido valor de 45,79% (Tabela 2). Estudos

com animais de sistema gástrico similar mostram que a utilização desse nutriente é primordial para síntese de proteína microbiana, e sua eficiência está associada a digestão dos carboidratos fibrosos já que são a principal fonte de energia nesse tipo de dieta (Russell et al., 1992; Stevens & Hume, 1995). Assim, a maior digestibilidade da PB observada na dieta mista ocorreu provavelmente porque houve maior aporte de energia às bactérias devido a maior digestibilidade da FDN deste alimento.

Nossos dados se sustentam ao corroborar com estudos sobre preferência alimentar por preguiças de três dedos em vida livre, como os observados por Chiarello (1998) que identificou seletividade por folhas jovens de algumas espécies vegetais, associando ao fato de que contém menos componentes tóxicos e elementos fibrosos, o que facilitaria a digestão das folhas selecionadas. Montgomery & Sunquist (1978) também relataram que preguiças de três dedos aparelhadas com fistula estomacal digeriram mais facilmente folhas jovens em relação às maduras, que comumente contém maior teor de FDN e impede maiores taxas de digestão, o que permite sugerir que a FDN pode ter sido principal fator das diferenças de digestibilidade deste estudo visto que as folhas fornecidas aos animais eram preferencialmente jovens nos dois tratamentos.

4.3. Trânsito da digesta e Tempo médio de retenção (TMR)

Neste estudo empregamos o marcador Co-EDTA para avaliar a passagem de solutos e Cr-FDN para o trânsito das partículas maiores (Úden et al., 1980) e obtivemos diferentes tempos para trânsito, TMRs e taxas de passagem para as duas dietas. O tempo médio de retenção de digesta (TMR) para esses marcadores foram menores na dieta mista, 136,4h e 148,2h, respectivamente, enquanto que na dieta *C. pachystachya* os TMRs foram de 153,3h e 162,6h. Este é o primeiro estudo de passagem da digesta em preguiças *Bradypus spp.* alimentadas com dietas naturais contendo diferentes níveis de fibra e usando marcadores digestivos recomendados para solutos e partículas maiores da digesta. Nossos resultados corroboram com evidências anteriores para preguiças *Choloepus sp.* que mostraram diferentes TMRs para marcadores de solutos e partículas em três animais consumido níveis semelhantes ao computado neste estudo ($22,30\text{g Kg}^{-0,75}$) a partir de uma dieta de menor FDN ($180\text{-}240\text{g Kg}^{-1}$ MS), sendo mais prolongado para partículas de Cromo, em média 142h, e mais curto para Co-EDTA, cerca de 104h (Vendl et al., 2016). Entretanto, contrasta com as proposições de Foley et al. (1995), que

sugeriram não haver diferenças na cinética de excreção de marcadores de sólidos e solutos em *B. tridactylus*, aferindo TMR entre 147-150h. É importante salientar que esses autores usaram como marcadores de partículas apenas lantanídeos de terras raras, e estes ligam-se à partículas extremamente finas e podem migrar de partículas marcadas para outras não marcadas (Hartnell & Satter, 1979; Teeter et al, 1984), além disso o trânsito de partículas finas ocorre de modo semelhante aos solutos (Sakaguchi & Hume, 1991), o que pode ter gerado os TMRs similares.

Concordamos com a proposição de Vendl et al. (2016) de que preguiças podem usar uma estratégia de lavar a digesta, onde o soluto mais fluido passa através do tampão de digesta particulada, como ocorre em outros fermentadores pré-gástricos (Clauss et al., 2004; Przybyło et al., 2019). A taxa de passagem mais rápida da fase líquida poderia beneficiar às preguiças por aumentar o rendimento microbiano das câmaras estomacais, visto que um fluxo constante manteria a população microbiana em seu estágio de crescimento, selecionando cepas de desenvolvimento mais rápido e, por conseguinte, maximizaria a digestão da FDN (Muller et al. 2011), e assim aumentar a ingestão de matéria seca, o que pode ter ocorrido de maneira mais evidente na dieta mista.

Alguns herbívoros respondem à dietas ricas em fibras aumentando o TMR do alimento afim de aumentar a digestibilidade (Kuijper et al., 2004). Essa proposição também é sustentada para preguiças onde uma taxa de digestão e passagem mais baixa poderia ser benéfica por fornecer energia gradual e mais prolongada devido seu baixo gasto energético (Foley et al., 1995). Nossos dados contrastam com essas suposições, em que observou-se diferentes taxa de passagem para as dietas analisadas, sendo maiores na dieta *Pterondon sp.* + *Inga sp.* que continha menor teor de FDN (321,7g Kg⁻¹ MS), tanto para os marcadores de soluto (0,73% h⁻¹) quanto para partículas maiores (0,67% h⁻¹). No estudo com preguiças *Choloepus sp.* de Vendl et al. (2016) estimamos a partir dos TMRs as taxas de passagem, obtendo-se também taxas mais rápidas para solutos e partículas, 0,96% h⁻¹ e 0,70% h⁻¹ para uma dieta com FDN entre 180-240g Kg⁻¹ MS em comparação com a dieta *C. pachystachya* (404,2g Kg⁻¹ FDN) que mostrou valores para os mesmos marcadores de 0,65% h⁻¹ e 0,62 % h⁻¹.

Em adição, o benefício energético de aumentar o TMR não é de forma contínua, uma vez que a energia liberada de uma determinada unidade alimentar por meio da digestão diminui com o tempo (Steuer et al., 2011). Ressalta-se ainda que os maiores TMRs em preguiças *Bradypus sp.* deve-se ao

grande volume de fezes que estocam no reto que pode chegar à 7 dias (Montgomery e Sunquist, 1975). Em suas análises Foley et al. (1995) relataram que os marcadores de solutos e partículas menores da digesta já encontravam-se acumuladas no reto entre 60 e 120 horas, sendo excretados a partir desse tempo. O tempo de trânsito entre o fornecimento e primeiro aparecimento nas fezes dos marcadores Co-EDTA e Cr-FDN na dieta *Pterondon sp.+Inga sp.* foi de 73h, enquanto na alimentação com *C. pachystachya* foi de 94 h para ambos marcadores, evidenciando diferentes taxas de passagem entre as dietas. Assim, uma maior retenção da digesta em preguiças não parece ser apenas uma estratégia fisiológica para maximizar a extração de nutrientes gradualmente (Foley et al., 1995), ou ainda desintoxicar compostos secundários (Cork & Foley, 1991; Strier, 1992) devido ao baixo metabolismo, mas também uma influência da composição de FDN dos alimentos sobre as taxas de digestão.

4.4. Energia Digestível (ED) e Metabolizável (EM)

No tocante à energia digestível das dietas, em razão da maior digestibilidade de nutrientes e matéria seca na *Pterondon sp. + Inga sp.* houve maior ingestão de energia digestível neste tratamento, 220,86KJ Kg^{-0,75} dia⁻¹. Quando decomposta em energia metabolizável, esse dado correspondeu em média à 198,78 KJ Kg^{-0,75} dia⁻¹, valor levemente superior à exigência de EM para esses animais que foi calculada em 184,59 KJ Kg^{-0,75} dia⁻¹ (Tabela 3). Ao contrário, a ingestão de ED no tratamento com *C. pachystachya* foi de apenas 162,36 KJ Kg^{-0,75} dia⁻¹, valor que equivale em média à 146,13 KJ Kg^{-0,75} dia⁻¹ de energia metabolizável, portanto, um déficit em 31,37 KJ Kg^{-0,75} de energia. Nesse sentido, é possível inferir que o maior conteúdo de FDN nesta dieta provavelmente trouxe prejuízos nutricionais à estes animais, visto que a ingestão máxima observada não foi capaz de atender as exigências básicas de energia desses animais. Esse fato contraria a premissa de que preguiças *Bradypus spp.* podem subsistir consumindo apenas folhas pobres em energia devido a seu baixo metabolismo (McNab, 1978; Nagy e Montgomery, 1980; Cliffe et al., 2015).

Assim, sugerimos que ao formular dietas baseadas em folhas para preguiças de três dedos em cativeiro é importante considerar que os níveis de FDN dos alimentos não excedam os 400 g Kg⁻¹ MS e a digestibilidade da matéria seca e FDN seja no mínimo de 60% para folhas contendo em média 17 KJ g⁻¹ de energia bruta. É importante ressaltar que as folhas de *Pterondon sp. + Inga sp.* apresentaram maior

teor de carboidratos não fibrosos (Tabela 1), que em plantas tropicais incluem a pectina, glucanas e açúcares simples, que são mais rapidamente digeridos por fermentadores pré-gástricos podendo contribuir mais facilmente para atender a exigência energética (Van Soest, 1994), fato que pode ter ocorrido nesta dieta. A energia assimilada a partir da dieta mista foi em média 10,50 KJ g⁻¹ de matéria seca ingerida, valor mais próximo do aporte energético observado em preguiças *Bradypus sp.* de vida livre, aferido em 10,40 KJ g⁻¹ (Nagy e Montgomery, 1980). Ao contrário disso, na dieta controle a contribuição foi de 9,5 KJ g⁻¹ de matéria seca consumida, uma diferença de 1,4 KJ g⁻¹ MS em relação ao encontrado no estudo supracitado.

5. CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que a ingestão e digestibilidade da matéria seca, taxa de passagem da digesta e energia digestível em preguiças da espécie *B. variegatus* são influenciados pela concentração de FDN e lignina das dietas que consomem. Evidenciamos que uma dieta baseada em folhas com teor de FDN próximo a 400g Kg⁻¹ MS e 45g Kg⁻¹ MS de lignina pode limitar o consumo possivelmente por causar distensão física no trato gastrointestinal, por provocar menor digestibilidade da MS e FDN, aumentar o TMR e diminuir a taxa de passagem. Ao mesmo tempo, demonstramos que uma dieta com teor de FDN próximo a 300g Kg⁻¹ MS e 13g Kg⁻¹ MS de lignina promoveu aumento na ingestão e digestibilidade de MS, reduziu o TMR, aumentou a taxa de passagem e favoreceu o suprimento em energia metabolizável. Sugerimos que preguiças *Bradypus variegatus* realizam lavagem da digesta provavelmente para aumentar a taxa de passagem e incrementar o rendimento microbiano no estômago e maximizar a digestão da FDN, com trânsito de solutos mais rapidamente que partículas.

Apesar da ausência de análise do teor de compostos secundários nas folhas dos alimentos fornecidos neste estudo não relacionamos as diferenças dos valores de consumo e digestibilidade à efeitos de toxicidade à microbiota ou organismo animal. Nas folhas de *C. pachystachya* são comumente relatadas pequenas concentrações de alcaloides, taninos condensados e saponinas (Pilatti, Fortes, Jorge & Boiago, 2019) porém com ausência de toxicidade à microorganismos (Souza et al., 2014). Além disso, folhas de *Cecropia spp.* fazem parte das poucas plantas que animais *Bradypus* aceitam consumir em cativeiro (Avey-Arroyo, 2002). Dentre os elementos químicos encontrados nas folhas de *Pterondon sp.*

com potencial tóxico estão o γ -muuroлено e o biciclogermacreno (Polo et al., 2004; Dutra, Leite & Barbosa, 2008), entretanto estes conferiram baixa toxicidade contra diferentes bactérias (Santos et al., 2010) e não causaram alterações clínicas em ensaios de intoxicação em outros animais (Sabino et al., 1999). Para as folhas de *Inga sp.* compostos já foram identificados como ácidos fenólicos e flavanóis como catequina e proantocianidinas com potencial tóxico para microorganismos (Souza, et al., 2007), contudo, análises verificaram efeitos apenas contra alguns os microorganismos testados (Pistelli et al., 2009), sem efeito tóxico para animais e ainda recomendado para alimentação animal (Gunasekaran, Viswanathan & Bandeswaran, 2014).

6. REFERÊNCIAS

- AOAC (2000). Official Methods of Analysis (17th ed). The Association of Official Analytical Chemists, EUA.
- Allen, M.S. (1996). Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal Animal Science*, 74, 3063-3075.
- Avey-Arroyo, J. (2002). Sloths. In: Gage, L.J.(Ed), Hand-rearing wild and domestic mammals (pp. 81-89). United States of America, Iowa State University Press
- Bauchop, T. (1978). Digestion of leaves in vertebrate arboreal folivores. In Montgomery, G.G. (Ed), The ecology of arboreal folivores (pp.193–204). United States of America, Smithsonian Institution Press.
- Beebe, W. (1926). The three-toed sloth. *Zoologica*, 7, 1-67.
- Bergman, E.N. (1990). Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiology Review*, 10, 567- 589.
- Conrad, H.R., Pratt, A.D. & Hibbs, J.W. (1964). Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of Dairy Science*, 47, 54-62.
- Cork, S.J. & Foley, W.J. (1991). Digestive and metabolic strategies of arboreal mammalian folivores in relation to chemical defenses in temperate and tropical forests. In: Palo, R.T.; Robbins, C.T. (Eds.) Plant defenses against mammalian herbivory (p.133-166). United States of America, CRC Press.
- Chiarello, A.G. (1998). Diet of the Atlantic forest maned sloth *Bradypus torquatus* (Xenarthra: Bradypodidae). *Journal of Zoology*, 246, 11-19.

- Clauss, M.; Schwarm, A.; Ortmann, S.; Alber, D.; Flach, E. J.; Kuhne, R. & Hummel, J.; Streich, W. J.; Hofer, H., 2004: Intake, ingesta retention, particle size distribution and digestibility in the hippopotamidae. *Comparative Biochemistry and Physiology*, A, 139, 449–459.
- Cliffe, R.N., Haupt, R.J., Avey-Arroyo, J.A. & Wilson, R.P. (2015). Sloths like it hot: ambient temperature modulates food intake in the brown-throated sloth (*Bradypus variegatus*). *Peerj*. doi 10.7717/peerj.875
- Dutra, R.C., Leite, M.N. & Barbosa, N.R (2008). Quantification of phenolic constituents and antioxidant activity of *Pterodon emarginatus* Vogel. *International Journal of Molecular Sciences*, 9, 606-614.
- Dill-Mcfarland, K. A., Weimer, P. J., Pauli, J. N., Peery, M. Z. & Suen, G. (2016). Diet specialization selects for an unusual and simplified gut microbiota in two- and three-toed sloths. *Environment Microbiology*. v.18, n.5, p.1391-1402.
- Diniz, L.S. & Oliveira, P.M. (1999). Clinical problems of sloths (*Bradypus sp.* and *Choloepus sp.*) in captivity. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 30, 76-80.
- Faichney, G.J (1975). The use of markers to partition digestion within the gastrointestinal tract. In: MacDonald, I.W. e Warner, A.A.I. (Eds.). *Digestion and metabolism in the ruminant* (p. 277-291), University of New England Publishing Unit. Armidale.
- Foley, W.J. & Hume, I.D. (1987). Digestion and metabolism of high-tannin eucalyptus foliage by the brushtail possum (*Trichosurus vulpecula*) (Marsupialia: Phalangeridae). *Journal of Comparative Physiology*, 157, 67-76.
- Foley, W. J., Engelhardt, W.V. & Charles-Dominique, P. (1995). The passage of digesta, particle size, and in vitro fermentation rate in the three-toed sloth *Bradypus tridactylus* (Edentata: Bradypodidae). *Journal of Zoology*, 236, 681-696.
- Gilmore, D.P., Da Costa, C.P. & Duarte, D.P.F. (2001). Sloth biology: an update on their physiological ecology, behavior and role as vectors of arthropods and arboviruses. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 34, 9–25.
- Goffart, M. (1971). *Function and form in the sloth*. Oxford, Pergamon Press.
- Gunasekaran, S., Viswanathan, K & Bandeswaran, C. (2014). Selectivity and palatability of tree fodders in sheep and goat fed by cafeteria method. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 3, 5, 1767 -1771.
- Hartnell, G.F. & Satter, L.D. (1979). Determination of rumen fill, retention time and ruminal turnover rates of ingesta at different stages of lactation in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 48, 2, 381-392.
- Irving, L.; Scholander, P. F.; Grinnel, S. & W. (1942) Experimental studies of the respiration of sloths. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, 20, 189–210.
- Kuijper, D.P.J., Van Wieren, S.E., Bakker, J.P. (2004) Digestive strategies in two sympatrically occurring lagomorphs. *J Zool* 264:171–178

- Mendoza, J.E., Peery, M. Z., Gutiérrez, G.A, Herrera, G. & Pauli, J.N (2015). Resource Use by the Two-toed Sloth (*Choloepus hoffmanni*) and the Three-toed Sloth (*Bradypus variegatus*) Differs in a Shade-grown Agro-ecosystem. *Journal of Tropical Ecology*, v.31, p.49-55.
- Mertens, D.R. (1994). Regulation of forage intake. In: Fahey, G.C. (ed). Forage quality, evaluation, and utilization (pp.450-493). Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.
- Mertens, D.R. (1987). Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, 64, 1548-1558.
- Mertens, D.R. (2002). Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 85, 1217-1240.
- McNab, B.K. (1978). Energetics of arboreal folivores: physiological problems and ecological consequences of feeding on an ubiquitous food supply. In: Montgomery GG (Ed), *The Ecology of Arboreal Folivores* (pp.153-162). Smithsonian University Press.
- Montgomery, G.G. & Sunquist, M.E. (1975). Impact of sloths on Neotropical forest energy flow and nutrient cycling. In: Medina, E. & Golly, F. (Eds), *Trends in Tropical Ecology* (pp.69-98). Springer Verlag, New York.
- Montgomery GG & Sunquist ME (1978). Habitat selection and use by two-toed and three-toed sloths. In: Montgomery GG (Editor), *The Ecology of Arboreal Folivores* (pp.329-359). Smithsonian University Press.
- Muller, D. W. H.; Caton, J.; Codron, D.; € Schwarm, A.; Lentle, R.; Streich, W. J.; Hummel, J.& Clauss, M. (2011): Phylogenetic constraints on digesta separation: variation in fluid throughput in the digestive tract in mammalian herbivores. *Comparative Biochemistry and Physiology*, A, 160, 207–220.
- Nagy, K.A. & Montgomery, G.G (1980). Field metabolic rate, water flux, and food consumption in three-toed sloths (*Bradypus variegatus*). *Journal of Mammalogy*, 61, 465–472.
- Nagy, K.A. & Milton, K. 1979. Energy metabolism and food consumption by wild howler monkeys (*Alouatta palliata*). *Ecology*, 60, 475-480
- Nússio, L. G.; Campos, F. T. & Lima, M. L. M. (2011). Structural carbohydrate metabolism. In: Berchielli, T. T.; Pires, A. V. & Oliveira, S. G. (Ed.). *Nutrition of ruminants* (pp. 193-238). Jaboticabal, Brazil, Funep.
- Pachaly, J.R (2006). Terapêutica por extrapolação alométrica. In: Cubas, Z.S. et al. *Tratado de animais selvagens* (p.1215-1223). Ed. Roca, São Paulo, Brazil.
- Polo, M., Carvalho, J.C.T., Mesquista, J.M.O, Sarti, S.J., Santos-Filho, D. & Sertiê, J.A.A. (2004). Phytochemical characterization of the hexanic crude extract and essential oil of the fruits of the species *Pterodon emarginatus* Vogel. *School Journal of Pharmacy and Dentistry of Alfenas*, 26, 45-49.

- Pilatti, D.M., Fortes, A.M.T., Jorge, T.C.M. & Boiago, N.P. (2019). Comparison of the phytochemical profiles of five native plant species in two different forest formations. *Brazilian Journal of Biology*, 79, 233-242.
- Pistelli, L., Bertoli, A., Noccioli, C., Mendez, J., Musmanno, R.A., Di Maggio, T. & Coratza, G. (2009). Antimicrobial activity of *Inga fendleriana* extracts and isolated flavonoids. *Natural Product Communications*, 4, 12, 1679-1683
- Przybyło, M., Hummel, J., Ortmann, S., Codron, D., Kohlschein, G.M., Kilga, D., Smithyman, J., U, Przybyło U., Świerk, S., Hammer, S., Hatt, J.M., Górka, P. & Clauss, M. (2019). Digesta passage in nondomestic ruminants: Separation mechanisms in 'moose-type' and 'cattle-type' species, and seemingly atypical browsers. *Comparative Biochemistry and Physiology*, A, 235, 180-192.
- Raines, J. (2005). Captive health and husbandry of the Bradypodidae. *Zoo Biology*, 24, 557-568.
- Russell, J. B.; O'Connor, J. D.; Fox, D. G.; Van Soest, P. J. & Sniffen, C. J. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *Journal Animal Science*, 70, 3551-3561.
- Sabino, K.C.C., Gayer, C.R.M., Vaz, L.C.A., Santos, L.R.L., Felzenszwalb, I., Coelho, M.G.P. (199). *In vitro* and *in vivo* toxicological study of the *Pterodon pubescens* seed oil. *Toxicology Letters*, 108, 27-35.
- Santos, A.P, Zatta, D.T., Moraes, W.F., Bara, M.T.F., Ferri, P.H., Silva, M.R.R., & Paula, J.R. (2010). Chemical composition, antimicrobial activity of essential oil and the occurrence of steroids in the leaves of *Pterodon emarginatus* Vogel, Fabaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 20, 6, 891-896.
- Sakaguchi, E. & Hume, I. D. (1991). Digesta retention and fibre digestion in brushtail possums, ringtail possums and rabbits. *Comparative biochemistry and physiology*, 96, 351-354.
- Souza, J. N. S.; Silva. E. M.; Silva, M. N.; Arruda, M. S. P.; Larondelle, Y.; Rogez, H. (2007). Identification and antioxidant activity of several flavonoids of *Inga edulis* leaves. *Journal Brazilian Chemical Society*, 18 (6): 1276-1280.
- Souza, D.O., Tintino, S.R., Figueredo, F.G., Borges, M.C.M., Braga, M.F.B.M, Felipe, C.F.B., Da Costa, J.G.M., Coutinho, H.D.M., De Menezes, I.R.A. & Kerntopf, M.R. (2014). Antibacterial and modulating activity of *Cecropia pachystachya* Trécul on the action of aminoglycosides. *Cuban Journal of Medicinal Plants*, 19, 121-132.
- Stevens, E. & Hume, ID (1995). The mammalian gastrointestinal tract. In *Comparative physiology of the vertebrate digestive system* (pp. 65-67). Cambridge University Press.
- Steuer, P., Südekum, K.H., Müller, D.W.H., Franz, R., Kaandorp, J., Clauss, M. & Hummel, J. (2011). Is there an influence of body mass on digesta mean retention time in herbivores? A comparative study on ungulates. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 60, 3, 355-364.

Strier, K.B. (1992). Atelinae adaptations: behavioral strategies and ecological constraints. *American Journal of Physical Anthropology*, 88, 515–524.

Teeter, R.G.; Owens, F.N.; Mader, T.L. (1984). Ytterbium chloride as a marker for particulate matter in the rumen. *Journal of Animal Science*, 58, 465-473.

Udén, P., Colucci, P.E. & Van Soest, P. J. (1980). Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *Journal Science Food Agricultural*, 31, 7, 625-632.

Urbani, B. & Bosque, C (2007). Feeding ecology and postural behaviour of the three-toed sloth (*Bradypus variegatus flaccidus*) in northern Venezuela. *Mammalian Biology*, 72, 321–329.

Van Soest, P.J. & Wine, R.H. (1968) Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. *Journal of the Official Analytical Chemists*, 50, 50-55.

Van Soest, P.J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca, Cornell University Press.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.

Vendl, C., Frei, S., Dittmann, M.T., Furrer, S., Osmann, C., Ortmann, S., Munn, A; Kreuzer, M. & Clauss, M. 2016. Digestive physiology, metabolism and methane production of captive Linné's two-toed sloths (*Choloepus didactylus*). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100, 552-564.

Tabela 1. Composição de matéria seca, nutrientes e energia bruta das duas dietas ofertadas às preguiças *Bradypus variegatus* em cativeiro.

<i>Cecropia pachystachya</i>											
Animais	MS (gKg ⁻¹ MN)	PB (gKg ⁻¹ MS)	FDN (gKg ⁻¹ MS)	FDA (gKg ⁻¹ MS)	EE (gKg ⁻¹ MS)	CNF (gKg ⁻¹ MS)	MM (gKg ⁻¹ MS)	CEL (gKg ⁻¹ MS)	HEM (gKg ⁻¹ MS)	LIG (gKg ⁻¹ MS)	EB (KJ g ¹ MS)
1	385,10	94,85	404,60	256,55	36,85	367,95	97,75	212,90	145,80	45,30	17,21
2	385,25	95,45	404,10	257,85	36,54	367,20	96,85	212,55	146,95	45,75	17,23
3	384,95	95,65	404,20	258,45	37,45	366,75	97,85	213,10	146,35	45,10	17,27
4	385,35	95,30	403,51	256,75	37,96	367,32	97,35	212,15	146,90	45,15	17,25
Média	385,18	95,38	404,15	257,30	37,15	367,26	97,55	212,70	146,60	45,23	17,29
<i>Pterondon sp. + Inga sp.</i>											
1	366,90	97,56	321,80	156,58	43,80	497,30	23,75	143,76	164,15	12,97	17,33
2	367,45	97,91	321,70	157,57	44,56	495,85	24,12	144,45	164,35	13,15	17,47
3	366,20	97,43	321,80	157,35	44,56	496,50	23,95	144,65	164,35	13,05	17,48
4	367,20	97,35	322,60	157,85	43,65	496,30	23,56	144,20	164,30	13,20	17,55
Média	367,00	97,50	321,78	157,46	43,73	496,40	23,85	144,30	164,33	13,10	17,47

Abreviações: MN (alimento *in natura*) MS (Matéria Seca); PB (Proteína bruta); FDN (Fibra em detergente neutro); FDA (Fibra em detergente ácido); EE (Extrato etéreo); CNF (Carboidratos não fibrosos); MM (Matéria Mineral); CEL (Celulose); HEM (Hemicelulose); LIG (Lignina); EB (Energia Bruta).

Tabela 2. Média e desvio padrão das diferenças de consumo de matéria seca total e em relação à massa corporal e peso vivo metabólico por preguiças *Bradypus variegatus* alimentadas com 2 dietas contendo diferentes teores de NDF e lignina.

<i>Cecropia pachystachya</i>							
Animais	PC (Kg)	PVM (Kg ^{0.75})	CMS (g dia ⁻¹)	CPC (g Kg ⁻¹)	CPVM (g Kg ^{-0.75})	CEB (KJ Kg ^{-0.75})	FD (n/dia)
1	2,15	1,77	32,73	15,22	18,43	317,19	0,19
2	2,68	2,09	36,77	13,71	17,55	302,44	0,24
3	2,84	2,18	38,69	13,62	17,68	305,43	0,19
4	3,02	2,29	40,35	13,36	18,48	303,82	0,14
<i>Pterondon sp.+ Inga sp.</i>							
1	2,39	1,92	42,09	17,61	21,89	379,50	0,14
2	3,00	2,28	48,69	16,23	21,36	373,16	0,19
3	2,95	2,22	46,12	15,90	20,75	362,79	0,14
4	3,10	2,33	49,24	15,88	21,07	369,91	0,10
MD	-0,175	-0,102	-9,400	-2,426	-3,451	-64,114	0,50
DPD	0,125	0,074	1,870	0,114	0,302	5,673	0,002
<i>p-value</i>	0,068	0,069	0,002	0,001	0,001	<0,001	0,004

Abreviações: PC (Peso corporal); PVM (Peso vivo metabólico); CMS (Consumo de matéria seca); CPC (Consumo em relação ao peso corporal); CPVM (Consumo em relação ao peso vivo metabólico); CEB (Consumo de energia bruta); FD (frequência de defecações); MD (Média das diferenças; DPD (Desvio padrão das diferenças).

Tabela 3. Média e desvio padrão da digestibilidade da matéria seca, nutrientes, energia digestível e metabolizável em preguiças *B. variegatus* alimentadas com 2 dietas contendo diferentes teores de NDF e lignina.

Animais	<i>C. pachystachya</i>										
	dMS (%)	dPB (%)	dEE (%)	dFDN (%)	dCNF (%)	dHEM (%)	dCEL (%)	ED (KJ Kg ^{-0,75})	EM [†] (KJ Kg ^{-0,75})	NEM (KJ Kg ^{-0,75})	Déficit
1	51,04	43,57	44,50	48,45	45,04	45,23	43,46	161,91	145,72	145,60	0,11
2	52,13	45,13	47,13	49,52	45,08	44,97	46,18	157,67	141,90	171,77	-29,87
3	53,30	46,68	47,31	52,65	46,47	46,34	46,35	162,82	146,54	179,40	-32,87
4	55,45	48,97	49,45	54,56	48,83	45,79	44,85	168,48	151,63	187,86	-36,24
<i>Pterondon sp. + Inga sp.</i>											
F1	57,66	51,03	50,72	59,87	55,66	50,23	48,46	211,25	190,12	157,63	+32,49
F2	59,21	58,54	53,34	60,35	60,79	53,21	51,80	220,96	198,86	186,93	+11,93
M1	60,85	58,49	54,44	61,85	60,55	56,23	51,71	220,77	198,69	182,24	+16,45
M2	61,56	58,85	52,54	62,90	61,09	57,13	54,33	227,72	204,94	191,58	+13,36
MD	-6,338	-11,285	-6,287	-9,947	-13,812	-8,340	-6,365	-57,452	-51,707	-8,436	-
DPD	1,292	2,629	0,634	1,424	2,225	2,390	2,092	5,868	5,281	6,103	-
<i>p-valor</i>	0,002	0,003	0,001	0,008	<0,001	0,001	0,008	<0,001	<0,005	0,069	-

Abreviações: dMS (Digestibilidade da matéria seca (%)); dPB (Digestibilidade da proteína bruta); DMM: dEE (Digestibilidade de lipídios); dFDN (Digestibilidade da fibra detergente neutro); dCNF (Digestibilidade dos carboidratos não fibrosos); dHEM (Digestibilidade da hemicelulose); dCEL (Digestibilidade da celulose); ED (Energia digestível); EM (Energia Metabolizável); MD (Média das diferenças); DPD (Desvio padrão das diferenças); † (Calculado: 0,90*ED).

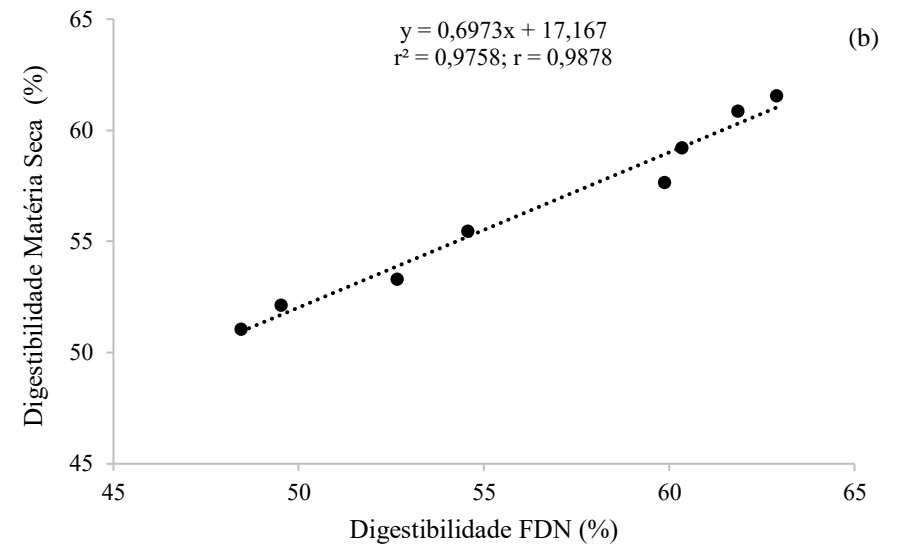
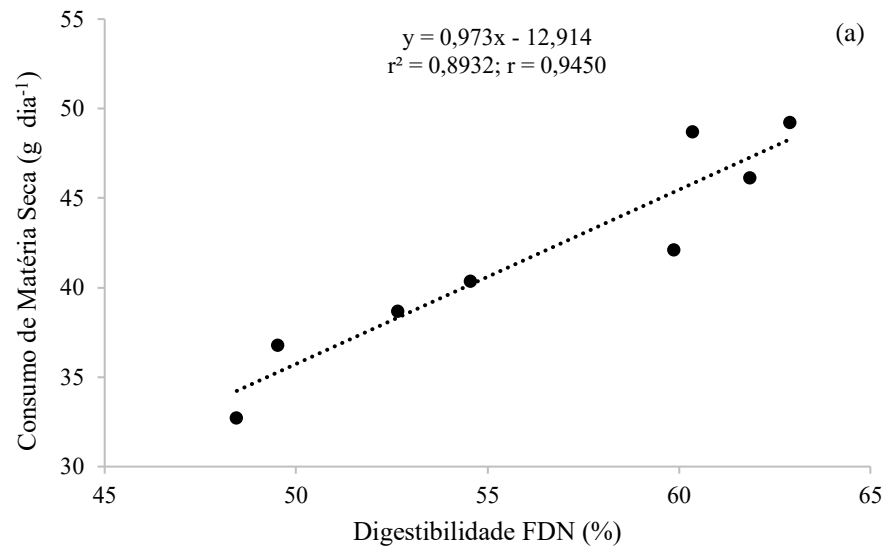


Figura 1. Correlação entre consumo (a) e digestibilidade aparente de matéria seca (b) por preguiças *B. variegatus* em função da digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) das dietas.

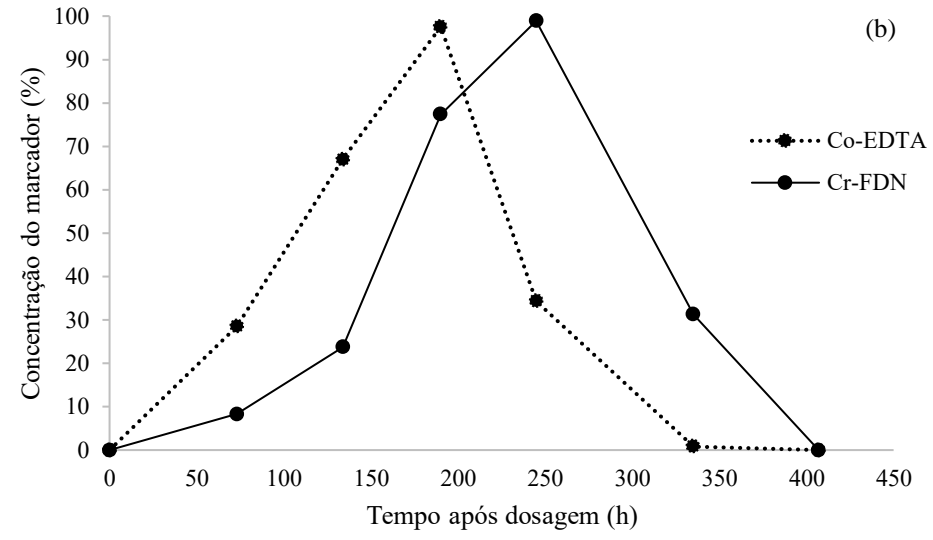
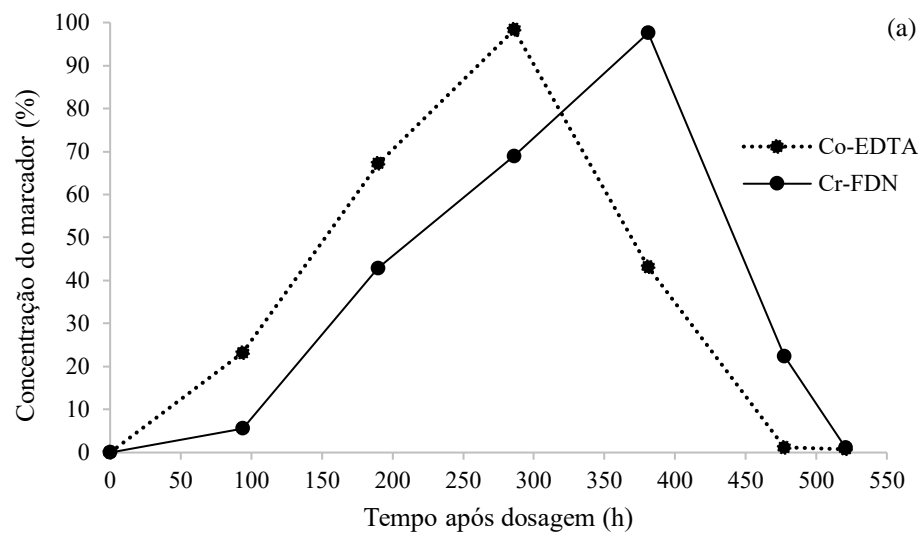


Figura 2. Padrão de excreção fecal dos marcadores de partículas líquidas (Co-EDTA) e sólidas (Cr-FDN) em preguiças *B. variegatus* alimentadas com *C. pachystachya* (a) e *Pterondon sp. + Inga sp.* (b).

CAPÍTULO IV

Parâmetros da fermentação gástrica e metabólicos em *Bradypus variegatus* ex situ

(Manuscrito a ser submetido à revista Zoo Biology)

Parâmetros da fermentação gástrica e metabólicos em *Bradypus variegatus* ex situ

Gilcifran P. de Andrade¹; Priscilla V. de Albuquerque¹; Mauricéa C. Tschá²; Silvia Fernanda de Alcântara³; Maria Eduarda L. C. de Miranda³; Júlio C. S. Nascimento⁴; Nathália Fernanda. J. de Barros⁵; Marleyne J. A. A.L. Amorim^{1,3}

¹ Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

² Departamento de Saúde, Centro Universitário Facol Pernambuco, Brasil

³ Pós-graduação em Biociência Animal, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

⁴ Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

⁵ Bióloga, Zoológico do Parque Estadual de Dois Irmãos, Pernambuco, Brasil

RESUMO- Avaliou-se em preguiças *Bradypus variegatus* o pH da região estomacal, produtos da fermentação gástrica e indicadores sanguíneos do metabolismo energético e proteico. Os dados foram mensurados em sete preguiças que foram alimentadas com *Cecropia pachystachya* em cativeiro. De três animais foram amostradas alíquotas da digesta para mensuração de pH, amônia e ácidos voláteis no *pos-mortem*, e em quatro animais fez-se a colheita de sangue para determinação de indicadores bioquímicos. As câmaras gástricas apresentaram pH entre 5,2 e 6,2 e os pré-píloros glandular e aglandular exibiram pH de 2,3. As maiores concentrações de ácidos graxos voláteis foram para acetato (54,75mM/mL), propionato (10,79mM/mL) e butirato (5,25mM/mL) e as menores concentrações para os ácidos iso-butírico (0,67mM/mL), n-valérico (0,55mM/mL) e iso-valérico (0,27 mM/mL). Houve, porém, elevada concentração de amônia (15,46mg/dL). As análises bioquímicas mostraram teores para glicose de 70,72mg/dL, de 82,15mg/dL para triglicerídeos e 121,54mg/dL de colesterol. As lipoproteínas HDL, VLDL e LDL apresentaram valores de 58,65mg/dL, 50,16mg/dL e 16,43mg/dL, respectivamente. A albumina mostrou valor de 30,48g/dL, enquanto a uréia exibiu concentração de 35,81mg/dL. A concentração de acetato pode estar relacionada à dieta que apresentou elevado teor de celulose e hemicelulose, podendo ser uma fonte de energia aos tecidos desses animais. O propionato pode ser um precursor de glicose, visto que esta mostrou valores consideráveis no sangue não associados à efeitos de estresse. Os valores de amônia no estômago sugere elevada fermentação de proteínas, porém deficiência de energia para aproveitamento do nitrogênio por bactérias. A uréia exibiu altas concentrações sanguíneas, sugerindo grande síntese no fígado, provavelmente

a partir da amônia proveniente do estômago como possível estratégia para diminuir efeitos de toxicidade e reciclar o nitrogênio.

Palavras-chave: Bradipodydae; preguiças; manejo; fisiologia digestiva; bioquímica sérica.

INTRODUÇÃO

O entendimento da fisiologia animal é imprescindível na conservação das espécies mantidas nas condições *ex situ* afim de aprimorar estratégias de manejo nutricional, e a busca por parâmetros de referência são cruciais para promoção da saúde e bem-estar das espécies cativas (Reading, Kenny & Fitzgerald, 2013). Os Bradipodídeos apresentam distribuição biogeográfica extensiva, alcançando áreas desde a América Central até a América do Sul, subsistindo do consumo de folhas em copa de árvores (Albuquerque et al., 2019). Todavia, nas condições *ex situ* preguiças *Bradypus* não se adaptam facilmente ao manejo em cativeiro, sobrevivendo por poucas semanas (Cliffe, Haupt, Avey-Arroyo & Wilson, 2015). Por serem arborícolas e folívoros estritos em vida livre alimentam-se de uma menor variedade de espécies de vegetais, como plantas da família Cecropiaceae (Urbani & Bosque, 2007), o que dificulta estratégias de manejo alimentar em cativeiro. Tal preferência alimentar pode estar relacionado à questão nutricional e metabolismo, já que mamíferos são incapazes de digerir a celulose, polissacarídeo componente da parede celular das folhas e ainda pela presença de compostos secundários que podem ser tóxicos mesmo em quantidades pequenas para estes animais (Cork & Foley, 1991; Dearing, Foley, & McLean, 2005).

Especula-se que para superar tais adversidades, essas preguiças desenvolveram várias adaptações anatômicas e fisiológicas, como um estômago pluricavitário composto por câmaras digestivas (Bauchop, 1978) onde parece ocorrer fermentação por microorganismos simbioses como bactérias celulolíticas (Foley, Engelhardt & Charles-Dominique, 1995). Apesar dessas características parecerem vantajosas, tais animais são conhecidos por taxa digestiva lenta e baixa ingestão quando comparada à outros mamíferos que possuem um sistema gástrico semelhante (Pauli; Mendoza & Steffan, 2014). Na literatura não há consonância para explicar essa característica peculiar. Alguns autores afirmam que a lenta passagem da digesta pelo trato gastrointestinal pode ser consequência da baixa taxa metabólica, estimada em 42% do valor esperado para seu peso corporal, com gasto médio de energia em 95,5 Kcal por dia (Mcnab, 1978). Outros propõem que o metabolismo lento é decorrência da alimentação estritamente folívora ter sido energeticamente desfavorável à contribuição metabólica no seu processo

adaptativo, e assim tiveram que diminuir suas demandas de energia (Nagy & Montgomery, 1980; Foley et al., 1995).

Apesar disso, são escassos e incompletos os relatos de como ocorre a digestão no estômago das preguiças, quais nutrientes das plantas e produtos da fermentação possuem valor nutricional e metabólico para esses animais. Assim, objetivou-se com este estudo determinar pH, amônia e ácidos graxos voláteis do estômago e indicadores sanguíneos do metabolismo nutricional energético e proteico na preguiça *B. variegatus* em cativeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Os métodos de execução deste estudo foram autorizados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CEUA/UFRPE), sob licença nº 033/2019, contando ainda com autorização Sisbio nº 46665-9 e Sisgen nº A0AFB89. Neste estudo foram usadas 7 preguiças jovens da espécie *B. variegatus*, com peso médio de 2,93 Kg (DP=1,23). Destes, 3 animais (2 fêmeas e 1 macho) eram cadáveres frescos que vieram à óbito por causas naturais e que eram alimentados com folhas de *Cecropia pachystachya* em recintos do Centro de Triagem para Animais Silvestres, Recife-Pernambuco, que foram amostradas e acondicionadas a -20°C para análises bromatológicas posteriormente. Tais cadáveres foram dissecados com uma incisão sagital mediana na cavidade abdominal com auxílio de lâminas, bisturis, pinças e tesouras para retirada completa do estômago. Após, as regiões anatômicas que compõe este órgão foram esvaziadas separadamente com uma incisão no saco cranial, saco lateral direito, saco lateral esquerdo, saco ventral, saco diverticular, pré-piloro glandular e pré-piloro aglandular. Em seguida, coletou-se alíquotas do conteúdo da digesta para mensuração do pH dessas câmaras gástricas utilizando-se um potenciômetro digital.

Ao esvaziamento gástrico foram coletadas amostras da digesta de cada segmento, filtradas com tecidos de algodão e obtidos cerca de 20 mL de fluidos líquidos. Posteriormente foram transferidas para recipientes contendo 1 mL de ácido clorídrico e acondicionadas em freezer à -20°C para determinação de amônia (N-NH₃) e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Para a quantificação da amônia as amostras foram descongeladas, e à 10mL de fluido líquido foram adicionados 1mL ácido tricloroacético e centrifugados por 15 minutos à 3000rpm. O material sobrenadante foi separado em tubos de ensaios e destilado com 10mL de ácido de hidróxido de potássio. O nitrogênio amoniacal N-NH₃ foi retirado usando-se um erlenmeyer com 10mL de ácido bórico até alcançar 50mL de solução. Após esta solução foi titulada com ácido clorídrico padrão de concentração 0,1N. Para o cálculo do N amoniacal usou-se o fator

de correção 5,75. Para determinação dos ácidos graxos de cadeia curta, cerca de 10 mL de fluidos estomacais foram centrifugados a 4000rpm por 35 minutos e posteriormente analisadas por cromatografia gasosa (cromatógrafo CG 207, coluna Carbowax 30m e temperatura de forno de 120°C). Para as leituras dos ácidos orgânicos foram preparados padrões para os principais ácidos. Após obtidas as curvas padrão dos ácidos voláteis as amostras foram injetadas para leituras individuais no tempo de 5 minutos, comparando às curvas padrão.

Outros 4 animais jovens (2 fêmeas e 2 machos) foram mantidos e alimentados com *C. pachystachya* em um recinto, provido de enriquecimento ambiental, no Zoológico do Parque Estadual de Dois Irmãos, Recife-Pernambuco. As folhas frescas eram pesadas e fornecidas duas vezes ao dia e água *ad libitum*. Amostras das dietas foram acondicionadas a -20 °C para análises químico-bromatológicas. Em cada animal cerca de 3 mL de sangue foi coletado, em período de jejum, através de punção da veia cefálica do membro torácico. As amostras foram recolhidas em tubos vacutainers contendo anticoagulante EDTA e outros sem anticoagulantes. Após foram centrifugados a 2.500 rpm para obtenção de alíquotas de soro e plasma. Em seguida foram transferidos em ependorffs para dosagens bioquímicas para determinação de indicadores do metabolismo energético como glicose, triglicerídeos, colesterol e do metabolismo proteico como albumina e nitrogênio uréico plasmático. A LDL e VLDL foram obtidas de acordo com Friedewald et al. (1972).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observa-se que as dietas à base de folhas de *C. pachystachya* ofertadas às preguiças apresentaram concentrações semelhantes de água, matéria seca e nutrientes. O teor de água foi em média 61,19%, enquanto a matéria seca apresentou cerca de 38,76% da matéria natural. O teor médio de proteína bruta foi 9,43%, valor superior aquele considerado mínimo para fornecer nitrogênio (N) para fermentadores pré-gástricos que é 7% (Medeiros & Marino, 2015). A concentração da fibra dietética (FDN) das folhas de *C. pachystachya* foi em média de 40,11%. Dessa totalidade, corresponderam aos carboidratos fibrosos celulose e hemicelulose, 21,10% e 14,82%, respectivamente. O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi de 36,87%.

O valor de pH obtido no saco cranial foi em média de 5,6, enquanto que o sacos lateral e de conexão apresentaram valor de 5,5. O saco lateral direito e o saco ventral exibiram medidas de 6,2 e 5,2, respectivamente, ao passo que o divertículo mostrou 5,6 em média (Tabela 2). Tais valores são próximos, porém inferiores àqueles reportados para outros fermentadores pré-gástricos como ruminantes, que mostram em suas câmaras valores de 6 a 7 (Russel et al., 1992).

Nesses animais a maioria das bactérias que degradam celulose e hemicelulose são sensíveis à pH abaixo de 5,0 e também acima de 6,5 (Zhang et al., 2017), fato que também pode ocorrer em *B. variegatus*, o que justificaria os valores de pH entre 5,2 e 6,2, possivelmente como estratégia fisiológica para maximizar digestão de suas dietas fibrosas. Ao contrário das câmaras, os pré-píloros glandular e aglandular revelaram menores valores de pH, 2,3 e 2,4 (Tabela 2), respectivamente, sugerindo provável atividade enzimática endógena nessas regiões, sobretudo enzimas para digestão proteica, visto que a maioria destas são ativadas em pH ácido, como observado no estômago glandular de mamíferos em geral (Jollès et al., 1990). Nossos dados corroboram com os achados de Pacheco et al. (2007) que examinando atividade de lisozimas no estômago de preguiças *Bradypus* identificaram pH 6 nas câmaras gástricas e pH 2 nos pré-píloros supracitados.

As concentrações de ácidos graxos de cadeia curta determinadas no estômago de *B. variegatus* assemelharam-se aqueles reportados à outros fermentadores pré-gástricos (Tabela 3), como ruminantes domésticos (Stevens e Hume, 1995), cervídeos (Huazhe et al., 2021) e macacos probóscides (Matsuda et al., 2017), sugerindo que preguiças utilizam suas fontes alimentares à semelhança destes animais, uma vez que esses produtos são comumente gerados a partir da fermentação de açúcares solúveis e de carboidratos estruturais, como celulose e hemicelulose, por bactérias anaerófilas em dietas fibrosas (Van soest, 1994).

Tais carboidratos fibrosos são os principais componentes da FDN que apresentou concentração média de 40,11% da matéria seca nas folhas de *C. pachystachya* fornecidas à estas preguiças em cativeiro (Tabela 1), fato que explicaria a presença desses ácidos voláteis. Já foi demonstrado em outros herbívoros que realizam fermentação da matéria vegetal nos pré-estômagos que as hexoses e pentoses geradas pela hidrólise da celulose e hemicelulose são a principal fonte de energia líquida na forma de ATP, sendo utilizadas para crescimento das bactérias e os ácidos orgânicos usados pelo organismo animal como energia (Hungate, 1966). Assim como observado em outros fermentadores pré-gástricos, o acetato está em maior concentração em relação aos demais ácidos orgânicos, analisado neste estudo em valor médio de 54,75mM/mL (Tabela 3), porém este valor é menor quando comparado com à ruminantes, de 71mM/mL (Bergmann, 1990).

A maior concentração de acetato nos fermentadores pré-gástricos alimentados com dietas fibrosas está associada à estratégias de sobrevivência das bactérias celulolíticas visto que dentre os ácidos voláteis produzidos o acetato é o mais oxidado e sua formação resulta em rendimento máximo para a bactéria produtora em que a oxidação completa de uma molécula de glicose produz duas moléculas de acetato e 4 ATPs (Resende, Teixeira & Fernandes, 2010),

característica que também pode ocorrer em preguiças *Bradypus*. Apesar do acetato está em maior concentração no estômago dessas preguiças não está claro seu papel nestes animais. Em outros fermentadores pré-gástricos o acetato é a principal fonte de energia para os tecidos periféricos, sobretudo aos epitélios do estômago, intestino grosso e vísceras drenadas pela veia porta, glândulas mamárias e tecido adiposo, sendo este último maior responsável pela conversão de acetato em Acetil-CoA, por conseguinte, o maior sintetizador de ácidos graxos na lipogênese (Bergmann, 1990; Kozloski, 2009).

Entretanto, preguiças não apresentam deposições de gordura nos tecidos periféricos ou órgãos como a maioria dos mamíferos (Rezende et al., 2011), e provavelmente não devem utilizar o acetato para esta finalidade, em contrapartida, seu uso no metabolismo visceral por outros órgãos não pode ser descartado. De forma semelhante a outros fermentadores pré-gástricos que consomem dietas fibrosas a concentração de propionato de 10,79mM/mL foi menor no estômago, podendo estar relacionada pela baixa concentração de carboidratos não fibrosos nas folhas de *C. pachystachya* (Tabela 1), que geralmente são digeridos por bactérias amilopectinolíticas e favorecem a síntese deste ácido (Bergmann, 1990; Hungate, 1966). Em adição à isso, o pH das câmaras fermentativas estava tendendo a neutralidade (Tabela 2) e ainda que houvesse presença de H₂ no meio e redução do piruvato à lactato e propionato nessas condições (Resende et al., 2010) tal efeito não deve ter sido significativo para aumentar a concentração de propionato. O butirato apresentou-se em níveis mais baixos que os ácidos supracitados assim como nos ovinos, caprino, bovino, em média 5,25mM/mL (Bergmann, 1990; Resende et al., 2010), que pode ser justificado pelo fato de sua síntese depender do acetil-CoA que predominantemente é direcionada para síntese de acetato por estratégia da maioria das bactérias celulolíticas, sendo provavelmente sintetizada por um pequeno grupo de bactérias e através de beta-oxidação, enquanto a produção dos ácidos anteriores deve ocorrer por mais vias metabólicas, assim como em outros fermentadores pré-gástricos (Church, 1993).

Os ácidos iso-butírico, n-valérico e iso-valérico apresentaram-se em concentrações mais baixas comparados a outros fermentadores pré-gástricos, média de 0,67mM/mL, 0,55mM/mL e 0,27mM/mL (Tabela 3), o que pode demonstrar baixa digestão de aminoácidos específicos, já que o ácido iso-butírico é originado da deaminação do aminoácido leucina, o iso-valérico a partir da valina, enquanto o n-valérico tem origem na prolina, lisina e arginina (Santos & Mendonça, 2010). Em concordância à estes dados, Foley et al. (1995) também identificaram baixo teor de ácido iso-butírico e iso-valérico na digesta em *B. tridactylus* alimentadas com folhas de *C. palmata*, porém as causas não foram justificadas. Em contrapartida, a concentração de amônia no estômago dos animais deste estudo, em média 15,46mg/dL (Tabela 3), foi mais

elevada em comparação à outros fermentadores pré-gástricos (Bergmann, 1990; Stevens & Hume, 1995) sugerindo desequilíbrio na relação entre energia e proteína no meio fermentativo, isso porque a amônia predominante nesse tipo de ambiente é originada da degradação das proteínas e utilizada por bactérias na síntese de aminoácidos em um processo que requer energia e na ausência desta a utilização da amônia não é maximizado, acumulando-se em grandes concentrações (Church, 1993). Tais valores poderiam justificar ainda as menores concentrações de acetato em relação a outros mamíferos herbívoros citados anteriormente. Tal fato se justifica, pois bactérias fermentadoras de celulose e hemicelulose são altamente dependentes da amônia como fonte de nitrogênio e esqueletos carbônicos dos iso-ácidos ao produzir seus aminoácidos (Hungate, 1966; Resende et al., 2010) e havendo déficit desses compostos a fermentação pode deprimir a síntese desse ácido graxo. Esses achados corroboram para sustentar uma proposição anterior levantada por Pauli, Mendoza & Steffan (2014) que ao avaliarem interações ecológicas entre preguiças de vida livre com outras espécies encontraram grandes concentrações de NH_4^+ e biomassa de algas *Trichophilus sp.* na pelame dos animais e elevada concentração dessa alga verde na digesta do estômago de preguiças de dois e três dedos, sugerindo que estes animais suplementam sua dieta restrita à folhas ingerindo algas para benefício nutricional. Estes autores estimaram que preguiças de vida livre abrigam em média 125,5g de biomassa microbiana de algas verdes em seu pelame, contendo cerca de 5% de proteína e capaz de produzir 24,4mg de ácidos graxos voláteis.

Quanto aos indicadores bioquímicos, o teor de glicose nas preguiças jovens foi em média 70,72mg/dL (Tabela 4), valor inferior ao relatado para outras preguiças *Bradypus* de idade semelhante em vida livre que mostram média de 89mg/dL (Kinney et al., 2013), porém é superior aos valores reportados à preguiças jovens do gênero *Choloepus sp.* que comumente apresentam 61mg/dL para animais cativos (Wallace & Oppenheim, 1996) e 64mg/dL em ambiente livre (Kinney et al., 2013). Esse valor é comparável aqueles reportados para outras espécies fermentadoras no pré-estômago como bovinos e ovinos que apresentam médias de 72,5mg/dL e 74,3mg/dL, respectivamente (Kaneko, Harvey & Bruss, 2008), guanacos (*Lama guanicoe*), alpacas (*Lama pacos*) e camelos (*Camelus bactrianus*) com médias de 70,9mg/dL, 71,5mg/dL e 72,1mg/dL, respectivamente (Zapata et al., 2000; Davies et al., 2007). Apesar da glicose ser sensível à mecanismos hormonais e estresse, esse metabólito pode indicar uma clara relação do estado nutricional e o balanço de energia dos animais (Payne & Payne, 1987; Kaneko et al., 2008). Nesse sentido, observando os dados de glicemia sugere-se que a preguiça *B. variegatus* é dependente de gliconeogênese assim como ocorre com outros fermentadores pré-gástricos, já que sua dieta baseou-se em folhas contendo elevado teor de FDN, constituída

principalmente por celulose e hemicelulose (Tabela 1). Estes carboidratos estruturais só podem ser digeridos por enzimas de bactérias mantidas no estômago de alguns mamíferos herbívoros e esses açúcares não contribuem diretamente com a glicose circulante, mas com ácidos graxos voláteis devido à alta fermentação dessas hexoses por bactérias anaerófilas e protozoários neste tipo de ambiente (Hungate, 1966; Van soest, 1994).

Assim como em outros fermentadores pré-gástricos é possível que parte da glicose circulante em *B. variegatus* tenha origem no ácido propiônico, já que na digesta do estômago a concentração deste ácido foi similar à de ruminantes domésticos e silvestres (Tabela 3). Nestes animais, a maior parte do propionato é absorvido no epitélio das câmaras fermentativas, passando para a circulação portal e em seguida ao fígado onde é convertido a Succinil-CoA, forma ao qual o propionato ingressa no ciclo de Krebs dos hepatócitos, e com a formação do fosfoenolpiruvato segue para a gliconeogênese, que fornece cerca de 90% da glicose circulante destes herbívoros (Kozloski, 2009; Murray et al., 2012), rota metabólica que também poderia ocorrer em preguiças. É pouco provável que a glicose tenha origem nos açúcares simples diretamente a partir da dieta, visto que o teor de carboidratos não fibrosos nas folhas de *C. pachystachya* foi baixo (Tabela 1), e ainda que disponíveis no meio provavelmente foram fermentados já que são mais solúveis e mais facilmente digeridos por bactérias (Van Soest, 1994). Portanto, nessas condições era esperado que poucos açúcares simples chegassem ao intestino delgado para sofrer ação de enzimas e contribuísse para a glicose circulante após absorção no lúmen intestinal, como ocorre na maioria dos mamíferos (Kozloski, 2009).

A concentração média de 82,15mg/dL de triglicerídeos no sangue das preguiças *B. variegatus* foi inferior ao reportado como referência à preguiças juvenis de dois dedos que apresentam níveis de 107mg/dL (Wallace & Oppenheim, 1996), apesar dos machos terem exibido valores 99,34 e 101 mg/dL. Ainda assim, esse valor médio é mais elevado que o teor considerado padrão normal para outros fermentadores pré-gástricos jovens como bovinos, entre 12 a 16mg/dL (Kaneko et al., 2008), e ovinos que possuem média de 28 a 30 mg/dL (Araújo & Silva, 2008). Isso pode ser indício de maior síntese de triglicerídeos em preguiças de dois e três dedos, com finalidade ainda a ser esclarecida visto que os triglicerídeos são a principal forma de armazenar energia nos mamíferos (Nelson & Cox, 2006), mas em preguiças comumente não são encontradas deposições de tecido adiposo (Rezende et al., 2011).

Adicionalmente, preguiças em geral apresentam uma das taxas metabólicas mais baixas entre os mamíferos, cerca de 40% do valor esperado para sua massa corporal (Mcnab, 1978) e suas necessidades diárias em energia podem ser atendidas ingerindo pequena quantidade de alimentos (Coley & Barone, 1996), além disso exibem flutuações diárias na temperatura central

em até 10°C (Pauli et al., 2014), e talvez, por isso, não necessitam depositar triglicerídeos na forma de gordura periférica ou visceral. Não é plausível inferir que a elevada concentração de triglicerídeos nestes animais tenham origem na dieta após absorção nos enterócitos, já que as folhas de *C. pachystachya* continham baixo teor de lipídios em sua composição (Tabela 1) e a ingestão diária de matéria seca foi baixa, em torno de 42g/dia por animal, e ainda que essa pequena quantidade apresentasse alta absorção seria uma quantidade insuficiente para elevar o nível deste metabólito no sangue. Ademais, a colheita do sangue se deu em jejum, reiterando que os lipídios das dietas pouco interferiram nos níveis de triglicerídeos observados.

Nesse sentido, é possível sugerir que sua produção deve ocorrer principalmente no fígado à semelhança de outros mamíferos (Nelson & Cox, 2006; Bruss, 2008), mas ao contrário dos animais ruminantes em que 90% da síntese de triglicerídeos ocorre no tecido adiposo (Kozloski, 2009). Em adição à hipótese de síntese hepática, as lipoproteínas de densidade muito baixa (VLDL) mostraram valores elevados (Tabela 4) e esta é a responsável por transportar os triglicerídeos do fígado para o tecido adiposo nos mamíferos (Nelson & Cox, 2006; Kozloski, 2009). Por outro lado, não se pode afirmar que o acetato é o precursor de ácidos graxos para a síntese de triglicerídeos no fígado de preguiças, já que a enzima Acetil-CoA sintetase apresenta baixa atividade nos hepatócitos dos fermentadores pré-gástricos (Kozloski, 2009). Da mesma forma é precipitado inferir que a síntese de triglicerídeos nesses animais deve ocorrer a partir da glicose como na maioria dos mamíferos (Nelson & Cox, 2006) uma vez que a principal fonte de glicose nesses animais aparentemente é o propionato e este apresentou níveis menores no estômago, ainda que a glicose circulante estivesse em teores elevados.

O nível de colesterol de 121,54mg/dL encontrado neste estudo foi inferior ao reportado como referência para preguiças de dois dedos que é de 159mg/dL (Wallace & Oppenheim, 1996), porém foi superior em relação aos valores normais de pequenos ruminantes 52-76 mg/dL e próximo das variações observadas em bovídeos 80-120mg/dL (Kaneko et al., 2008). Em geral, o colesterol circulante nos mamíferos pode ser de origem exógena a partir dos alimentos ingeridos ou endógena através da síntese nas células nucleadas do organismo (González & Silva, 2006). Esta última parece ser a explicação mais razoável para os valores encontrados no sangue dos animais avaliados, uma vez que estes consumiram apenas folhas de *C. pachystachya* e vegetais não produzem moléculas de colesterol (Nelson & Cox, 2006), portanto não poderia haver contribuição dietética pós-absortiva.

Assim, o colesterol circulante nestes animais deve ter origem possivelmente a partir do acetil-CoA nos intestinos, gônadas, glândulas adrenais e fígado, principais órgãos sintetizadores desta molécula em mamíferos (Nelson & Cox, 2006), e pode estar associado aos maiores níveis

de acetato nas câmaras fermentativas dessas preguiças. Em fermentadores pré-gástricos, o acetato é absorvido pelo epitélio das câmaras fermentativas e transformado a acetil-CoA por meio de oxidação dentro da mitocôndria, e após disponibilizada para a síntese de colesterol nos tecidos periféricos (Nascimento et al., 2008), o que poderia ocorrer em bichos-preguiças, porém esses dados precisam ser confirmados.

De todo modo, a concentração média de 58,65mg/dL da lipoproteína de alta densidade (HDL) foi elevada nesses animais e esta efetua o transporte do colesterol dos tecidos periféricos para o fígado nos mamíferos (González & Silva, 2006, Bruss, 2008) o que pode sugerir maior produção de colesterol nos tecidos extra-hepáticos em preguiças. Em consonância a isso, a lipoproteína de baixa densidade (LDL) que transporta o colesterol sintetizado no fígado para as células do corpo apresentou valores baixos, em média 16,43mg/dL, sugerindo que este órgão não é o principal produtor desta molécula. O transporte de colesterol para o fígado justifica-se pois este é utilizado na síntese de sais biliares nos hepatócitos dos mamíferos (McDonald et al., 2010; Lieberman & Marks, 2013).

Em relação à indicadores de metabolismo proteico verificou-se que a concentração de albumina, média de 30,48g/dL (Tabela 4), foi menor aos valores obtidos para preguiças de dois dedos, de 43g/dL (Vogel et al., 1999) e ainda inferior à outros fermentadores pré-gástricos como bovinos e ovinos, médias de 38g/dL e 42g/dL. Esses dados podem indicar menores absorções de aminoácidos por preguiças, já que são os precursores para a síntese desta proteína no fígado (González & Silva, 2006). Desse modo, pode-se sugerir que o aporte proteico que chegou aos intestinos foi deficitário, possivelmente devido à um baixo aproveitamento de compostos nitrogenados na síntese de proteína microbiana no estômago a partir da dieta fornecida, uma vez que na maioria dos fermentadores pré-gástricos conhecidos a proteína de origem bacteriana é responsável por 90% do fornecimento aminoacídico no estado pós-absortivo do intestino delgado (Kozloski, 2009).

Em concordância, os ácidos iso-butírico, n-valérico e iso-valérico no estômago desses animais mostraram concentrações mais baixas do que a encontrada em outros fermentadores pré-gástricos (Bergmann, 1990) e os esqueletos carbônicos desses ácidos são utilizados pela maioria das bactérias na síntese de aminoácidos microbianos (Hungate, 1966; Kozloski, 2009) e possivelmente não tiveram expressiva contribuição com aminoácidos após passagem da digesta pelas câmaras fermentativas e pré-píloros. Em adição, como demonstrado anteriormente a outra fonte usada por bactérias para síntese proteica é a amônia oriunda da fermentação da proteína bruta, contudo esta apresentou alta concentração no estômago (Tabela 3), indicando baixo aproveitamento e síntese proteica por microrganismos. Talvez, por isso foi sugerido que

preguiças em vida livre tendem a compensar um possível déficit proteico ao consumirem algas verdes, contribuindo com 5% de proteína e capaz de produzir 24,4mg de ácidos graxos voláteis (Pauli et al., 2014).

Por outro lado, os menores níveis de albumina nestas preguiças sugerem indiretamente baixa mobilização de gordura nesses animais, já que esta proteína responde pelo transporte de ácidos graxos livres no sangue após a hidrólise de triglicerídeos nos adipócitos, que geralmente ocorre quando há deficiência de energia no corpo animal, direcionados a produção de energia pela via da β -oxidação no fígado, no tecido muscular esquelético e no coração (Caldeira, 2005; Bruss, 2008). Da mesma forma que tais valores não podem ser associados à doenças, comum nas infecções e parasitismo (Riis, 1983), já que esses animais são monitorados constantemente em cativeiro e não apresentaram eventuais sinais clínicos ou doenças.

A concentração de nitrogênio ureico plasmático foi em média 35,81mg/dL (Tabela 4), valor mais elevado comparado à preguiças do gênero *Choloepus* que exibe em média 16mg/dL (Wallace & Oppenheim, 1996) e maiores que os encontrados em fermentadores pré-gástricos como nos bovinos, média 25,2mg/dL (Butler et al., 1996; González & Silva, 2006) e ovinos com médias de 34,15 mg/dL (Kaneko et al., 2008; Ribeiro, González & Conceição, 2003). Tal valor sugere grande síntese de uréia pelo fígado das preguiças, provavelmente pela presença de amônia em concentrações mais elevadas, na tentativa de diminuir a toxicidade deste composto ou ainda para reciclar o nitrogênio e transferi-lo ao estômago para maximizar seu uso na síntese proteica, à semelhança do ocorre em ruminantes domésticos e selvagens (Church, 1993; Kaneko et al., 2008). Em fermentadores pré-gástricos a uréia é sintetizada no fígado proporcionalmente à concentração de amônia produzida no estômago e está diretamente relacionada com os níveis proteicos dos alimentos e da relação entre energia e proteína da dieta (Church, 1993). Conforme já mencionado, nestes animais os componentes nitrogenados da dieta são convertidos em amônia por ação das enzimas bacterianas, sendo utilizada pela bactérias para a produção de aminoácidos, juntamente com os esqueletos carbônicos dos iso-ácidos e carbonos provenientes dos carboidratos da dieta (Bergmann, 1990).

Contudo, a ausência de energia ou esqueletos de carbono pode diminuir o uso da amônia e aumentar sua concentração no estômago, sendo majoritariamente absorvida pelo epitélio deste órgão e direcionada para o fígado para ser convertida em ureia. Esta, por não ser tóxica e ser hidrossolúvel, circula no sangue até ser eliminada na urina ou reciclada para o estômago via saliva e difusão pela parede do órgão (Church, 1993; Kaneko et al., 2008). Diante disso, sugere-se que esta última rota metabólica possivelmente ocorre com maior frequência em preguiças, visto que a amônia encontrou-se em níveis demasiados no estômago (Tabela 3), assim como

altas concentrações de nitrogênio ureico plasmático (Tabela 4), podendo inclusive ser um mecanismo eficiente para reaproveitamento de nitrogênio quando este for deficiente na dieta. Ao contrário, a eliminação direta pela urina provavelmente é menos intensa, pois estes animais geralmente realizam micção a cada sete dias, quando descem ao solo (Nagy & Montgomery, 1980) e excretar uréia seria uma forma menos eficiente para esses animais, que já mantém um hábito peculiar na copa de árvores, subsistindo de folhas que possuem muitas vezes baixo valor nutricional e calórico.

CONCLUSÕES

Os ácidos voláteis encontrados no estômago de preguiças evidenciam dependência da atividade fermentativa por microrganismos para digerir carboidratos fibrosos como celulose e hemicelulose de suas dietas, sobretudo em pH entre 5,2 a 6,2. A maior concentração de acetato pode ser uma estratégia por uma fonte de energia aos tecidos desses animais. A presença de propionato sugere que este ácido pode ser um precursor de glicose, visto que esta mostrou altos valores circulantes no sangue não associados à efeitos de estresse. A concentração de amônia no estômago sugere elevada fermentação de proteínas, porém há deficiência de energia para aproveitamento do nitrogênio por bactérias. Os níveis elevados de uréia no sangue sugere grande síntese no fígado, provavelmente a partir da amônia circulante como possível estratégia para diminuir efeitos de toxicidade e reciclar o nitrogênio.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, P.V. et al. Descrição do processo xenarthro em *Bradypus variegatus*. *Medicina Veterinária*, v. 13, n. 4, p. .567-570, 2019.
- ARAÚJO, D.F.; SILVA, I. P. Valores de amilase, glicose, colesterol e triglicérides em soro de cabras de Mossoró, RN. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.2, n.3, p.97-100, 2008.
- BRUSS, M.L. Lipids and ketones. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6.ed. San Diego: Academic Press. 2008, p.81-115.
- BERGMANN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews*, v. 70, p.567-590, 1990.

BUTLER, W.R.; CALAMAN, J.J.; BEAM, S.W. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science*. v. 74, p. 858-865, 1996.

CALDEIRA, R.M. Monitorização da adequação do plano alimentar e do estado nutricional em ovelhas. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, v.100, p.125-139, 2005.

COLEY, P.D.; BARONE, J.A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v.27, p.305-335, 1996.

CORK, S.J.; FOLEY, W.J. Digestive and metabolic strategies of arboreal mammalian folivores in relation to chemical defenses in temperate and tropical forests. In: PALO, R.T.; ROBBINS, C.T. *Plant defenses against mammalian herbivory*. United States of America, CRC Press, 1991, cap. 8, p.133-166

CLIFFE, R.N. et al. Sloths like it hot: ambient temperature modulates food intake in the brown-throated sloth (*Bradypus variegatus*). *Peerj*. Doi 10.7717/peerj.875, 2015.

CHURCH, C.D. *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición*. 2 ed. Zaragoza: Acribia, 1993, 641p.

DAVIES, H.L. et al. Digestibility, nitrogen balance, and blood metabolites in llama (*Lama glama*) and alpaca (*Lama pacos*) fed barley or barley alfalfa diets. *Small Ruminant Research*, v.73, p.1-7, 2007.

DEARING, M. D., FOLEY, W.J., & MCLEAN, S. The influence of plant secondary metabolites on the nutritional ecology of herbivorous terrestrial vertebrates. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, v.36, p.169-189, 2005.

ENGELHARDT, W. V.; DYCKER, C.; LECHNER-DOLL, M. Absorption of short-chain fatty acids, sodium and water from the forestomach of camels. *Journal of Comparative Physiology*, v 177, p.631-640, 2007.

FOLEY, W. J.; ENGELHARDT, W.V.; CHARLES-DOMINIQUE, P. The passage of the digesta, particle size, and in vitro fermentation rate in the three-toed sloth *Bradypus tridactylus* (Edentata: Bradypodidae). *Journal of Zoology*, v.236, p.681-696, 1995.

FRIEDEWALD, W.T.; LEVY, R.I.; FREDRICKSON, D.S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry*, v. 18, p.499-502, 1972.

GONZÁLEZ, F.D., SILVA, S.C. *Introdução à bioquímica clínica veterinária*. 2.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006, 364p.

HUAZHE, S. et al. Effects of arginine supplementation on serum metabolites and the rumen bacterial community of sika deer (*Cervus nippon*). *Frontier in Veterinary Science*, v.8, p.1-10, 2021.

JOLLÈS, J. et al. Amino acid sequences of stomach and nonstomach lysozymes of ruminants. *Journal of Molecular Evolution*. v.30, p.370–382, 1990.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J.; BRUSS M. L. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6 ed. San Diego: Academic Press, 2008, 928p.

KOZLOSKI, G.V. *Bioquímica dos ruminantes*. 2.ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2009, 216p.

KINNEY, M.E. et al. Physiologic and serum biochemistry values in free-ranging Hoffmann's two-toed (*Choloepus hoffmanni*) and brown-throated three-toed (*Bradypus variegatus*) sloths immobilized using dexmedetomidine and ketamine. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v. 44, p.570-580, 2013.

LIEBERMAN, M.; MARKS, A. D. *Marks' basic medical biochemistry: a clinical approach*. 4 ed. Philadelphia, LWW, 2013. 1014p.

MATSUDA, I. et al. Factors affecting leaf selection by foregut-fermenting proboscis monkeys: New insight from in vitro digestibility and toughness of leaves. *Scientific Reports*, v.7, p.1-10, 2017.

MEDEIROS, S.R.; MARINO, C.T. Proteínas na nutrição de bovinos de corte. In: MEDEIROS, S. R.; GOMES, R.; BUNGENSTAB, D. J. Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2015, p.43-60.

MCDONALD, P. et al. Animal Nutrition. 7 ed., San Francisco, Ed. Benjamin Cummings, 2010, 714p.

MCNAB, B.K. Energetics of arboreal folivores: physiological problems and ecological consequences of feeding on an ubiquitous food supply. In: MONTGOMERY, G.G. The Ecology of Arboreal Folivores. Washington, DC, Smithsonian University Press, 1978, p.153-162.

NAGY, K.A.; MONTGOMERY, G.G. Field metabolic rate, water flux, and food intake in three-toed sloths (*Bradypus variegatus*). Journal of Mammalogy, v.61, p.465–472, 1980.

MURRAY, R. K. et al. Harper's illustrated biochemistry. 29^a ed. São Francisco: McGraw-Hill Medical, 693p. 2012.

NASCIMENTO, M. L. et al. Fontes de energia, processamento de grãos e sítio de digestão do amido correlacionados com o acréscimo de gordura nos diferentes depósitos corporais de ruminantes. Revista Eletrônica de Veterinária, Málaga, v. 9, n. 4, p.207-213, 2008.

NELSON, D. C.; COX, M. M. Lehninger: Princípios de Bioquímica. 4^a ed. São Paulo: Sarvier, 2006, 1202p.

PAULI, JN.; MENDOZA, JE.; STEFFAN, SA. A syndrome of mutualism reinforces the lifestyle of a sloth. Proceedings of the Royal Society, v. 281, p.2013-3006, 2014.

PACHECO, M.A. et al. Stomach lysozymes of the three-toed sloth (*Bradypus variegatus*), an arboreal folivore from Neotropics. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, v.147, n. 3, p.808-819, 2007.

PAYNE, J.M.; PAYNE, S. The metabolic profile test. Oxford University, 1987, 456p.

READING, R.P.; KENNY, D.E.; FITZGERALD; K.T. The crucial contribution of veterinarians to conservation biology. *Topics in Companion Animal Medicine*. v. 28, p. 131-134, 2013.

RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; FERNANDES M.H.M.R. Metabolismo de energia. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2010, p. 323-344.

REZENDE, L.C. et al. Morphology and vascularization of the gastric compartments in three-toed sloth (*Bradypus torquatus*). *International Journal of Morphology*, v. 29, 1282–1290, 2011.

RIBEIRO, L.A.O.; GONZÁLEZ, F.H.D.; CONCEIÇÃO, T.R. Perfil metabólico de borregas Corriedale em pastagem nativa do Rio Grande do Sul. *Acta Scientiae Veterinariae*. v.31, n. 3, p. 167-170, 2003.

RIIS, P.M. *Dynamic Biochemistry of Animal Production*. 3 ed. New York: Ed. Elsevier, 1983, 501p.

RUSSELL, J. B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. *Journal Animal Science*, v.70, p.3551-3561, 1992.

SANTOS, F.A.P.; MEDONÇA, A.P. Metabolismo de proteínas In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2010, p.265-292.

STEVENS, E.; HUME, ID. The mammalian gastrointestinal tract. In: STEVENS, E.; HUME, ID *Comparative physiology of the vertebrate digestive system*. Cambridge University Press, 2004, p. 65-67.

URBANI, B; BOSQUE, C. Feeding ecology and postural behaviour of the three-toed sloth (*Bradypus variegatus flaccidus*) in northern Venezuela. *Mammalian Biology*, v.72, p.321-329, 2007.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca, Cornell University Press, 1994, 528p.

VOGEL, I. et al. Hematological and serum chemistry profiles of free-ranging southern two-toed sloths in French Guiana. *Journal of Wildlife Diseases*, v.35, p.531-5, 1999.

ZHANG, L. et al. Characteristics of rumen microorganisms involved in anaerobic degradation of cellulose at various pH values. *Royal Society of Chemistry*, v. 7, p. 403–410, 2017.

ZAPATA, B. et al. Haematological and clinical biochemistry findings in captive juvenile guanacos (*Lama guanicoe*, Müller 1776) in central Chile. *Small Ruminant Research*, v. 48, p.15–21, 2003.

WALLACE, C; OPPENHEIM, Y.C. Hematology and serum chemistry profiles of captive Hoffmann's two-toed sloths (*Choloepus hoffmanni*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v. 27, n 3, p. 339-345, 1996.

TABELAS

Tabela 1. Composição bromatológica das folhas de *Cecropia pachystachya* consumidas por *Bradypus variegatus* em cativeiro.

Itens	Dietas	
	<i>Cecropia pachystachya</i> ¹	<i>Cecropia pachystachya</i> ²
Água*	60,90	61,48
Matéria seca**	390,10	385,18
Matéria orgânica	902,4	902,4
Proteína bruta	93,40	95,38
Fibra em detergente neutro	398,20	404,15
Fibra em detergente ácido	261,50	257,30
Extrato etéreo	36,10	37,15
Carboidratos não fibrosos	370,20	367,26
Carboidratos totais	771,50	769,90
Celulose	209,30	212,70
Hemicelulose	149,80	146,60
Lignina	43,37	45,23
Matéria mineral	95,61	97,55

* % da Matéria Natural; **g/Kg da Matéria Natural; ¹Dieta ofertada no Cetas-Tangara; ² Dieta ofertada no Zoológico de Dois Irmãos-PE.

Tabela 2. Médias e desvio padrão dos valores de pH do estômago de *Bradypus variegatus*.

Animais	Sacr	Sale	Save	Saco	Sald	Divert	PrePG	PrePA
F1	5,6	5,5	5,4	5,7	6,4	5,7	2,3	2,5
F2	5,4	5,7	5,2	5,3	6,3	5,4	2,1	2,2
M1	5,7	5,4	5,1	5,5	6,1	5,9	2,5	2,4
MD	5,6	5,5	5,2	5,5	6,2	5,6	2,3	2,4
DP	0,125	0,125	0,125	0,163	0,125	0,205	0,163	0,125

MD: média amostral; DP: desvio padrão; F:fêmea; M: macho; Sacr: saco cranial; Sale: saco lateral esquerdo; Save: saco ventral; Saco: saco de conexão; Sald: saco lateral direito; Divert: divertículo; PrePG: pré-piloro glandular; PrePA: pré-piloro aglandular.

Tabela 3. Média e desvio padrão da concentração de amônia (mg/dL) e ácidos graxos de cadeia curta (mM/mL) da digesta das câmaras gástricas em *Bradypus variegatus* em cativeiro.

Animais	N-NH ₃	ACET	PROP	BUT	IsBUT	nVAL	IsVA
F1	14,15	56,73	12,15	6,51	0,88	0,67	0,41
F2	16,66	54,36	10,73	5,93	0,79	0,64	0,23
M1	15,58	53,15	9,48	3,32	0,33	0,35	0,17
MD	15,46	54,75	10,79	5,25	0,67	0,55	0,27
DP	1,028	1,487	1,091	1,387	0,241	0,144	0,102

MD: média amostral; DP: desvio padrão; F:fêmea; M: macho; N-NH₃: amônia; ACET: acetato; PROP: propionato; BUT: butirato; IsBUT: iso-butirato; nVAL: n-valerato; IsVA iso-valerato.

Tabela 4. Média e desvio padrão da concentração de indicadores bioquímicos do metabolismo energético e proteico de *Bradypus variegatus* em cativeiro.

Animais	Glicose	TGL	COL	HDL	LDL	VLDL	ALB	NUP
F1	80,53	61,67	124,55	45,08	12,33	67,13	29,12	34,7
F2	71,37	64,96	109,9	82,11	12,98	14,79	31,77	36,92
M1	58,96	99,34	139,25	67,79	19,86	51,59	34,26	46,37
M2	70,08	101,42	118,54	49,51	20,28	48,74	29,19	25,98
MD	70,72	82,15	121,54	58,65	16,43	50,16	30,48	35,81
DP	7,863	21,458	14,644	12,926	4,292	22,048	2,450	8,376

MD: média amostral; DP: desvio padrão; F:fêmea; M: macho; TGL: triglicerídeos (mg/dL); COL: colesterol (mg/dL); HDL: lipoproteínas de alta densidade (mg/dL); ALB: albumina (g/dL); NUP: nitrogênio uréico plasmático (mg/dL).



Ministério do Meio Ambiente
CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO

SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO

Certidão

Cadastro nº A0AFB89

Declaramos, nos termos do art. 41 do Decreto nº 8.772/2016, que o cadastro de acesso ao patrimônio genético ou conhecimento tradicional associado, abaixo identificado e resumido, no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado foi submetido ao procedimento administrativo de verificação e não foi objeto de requerimentos admitidos de verificação de indícios de irregularidades ou, caso tenha sido, o requerimento de verificação não foi acatado pelo CGen.

Número do cadastro: **A0AFB89**
Usuário: **UFRPE**
CPF/CNPJ: **24.416.174/0001-06**
Objeto do Acesso: **Patrimônio Genético/CTA**
Finalidade do Acesso: **Pesquisa**

Espécie

Bradypus variegatus

Bradypus variegatus

Fonte do CTA

CTA de origem não identificável

Título da Atividade: **CINÉTICA DIGESTIVA E PRODUTOS DA FERMENTAÇÃO GÁSTRICA DO BICHO-PREGUIÇA (*Bradypus variegatus* SHINZ, 1825)**

Equipe

Marleyne José Afonso Accioly Lins Amorim **UFRPE**

Data do Cadastro: **06/11/2018 22:34:15**

Situação do Cadastro: **Concluído**

Conselho de Gestão do Patrimônio Genético
Situação cadastral conforme consulta ao SisGen em **11:04** de **03/12/2020**.



SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO
DO PATRIMÔNIO GENÉTICO
E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL
ASSOCIADO - **SISGEN**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n,
Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE

Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA – C -20

LICENÇA PARA O USO DE ANIMAIS – EMENDA DE LICENÇA (RENOVAÇÃO)

A CEUA da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no uso de suas atribuições, autoriza a execução do projeto discriminado abaixo. O presente projeto também se encontra de acordo com as normas vigentes no Brasil, especialmente a Lei 11.794/2008.

Número da licença	033/2019
Número do processo	23082.007646/2019-79
Data de emissão da licença original	15 de maio de 2019
Data de renovação da licença (emenda)	10 de fevereiro de 2021
Título do Projeto	"Avaliação dos processos digestivos, microbiologia e morfofisiologia do estômago do Bicho-Preguiça (<i>Bradypus variegatus</i> , Schinz 1825)".
Finalidade (Ensino, Pesquisa, Extensão).	Pesquisa
Responsável pela execução do projeto	Marleyne José Afonso Accioly Lins Amorim
Colaboradores	Gilcifran Prestes de Andrade, Júlio César dos Santos Nascimento, Mauricea do Carmo Tscha, Ueliton da Silva Oliveira.
Tipo de animal e quantidade total autorizada	Espécie silvestre brasileira: macho: 10; fêmea: 10 - Total: 20.

FRANCISCO DE ASSIS LEITE
SOUZA

Assinado de forma digital por FRANCISCO DE
ASSIS LEITE SOUZA
Dados: 2021.02.10 18:32:56 -03'00'

Prof. Dr. Francisco de Assis Leite Souza – SIAPE: 1929164
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA /UFRPE



CEUA – UFRPE

Aprovado em

10 / 02 / 2021

Validade

09 / 02 / 2023