

ANA CAROLINA GOMES DOMINGOS

**REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE A CINTURA PÉLVICA DE
MAMÍFEROS E CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA CINTURA PÉLVICA DAS
ESPÉCIES DE *Monodelphis* (*Microdelphys*) DA MATA
ATLÂNTICA (DIDELPHIMORPHIA: DIDELPHIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Gisele Mendes Lessa del Gíudice

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T Domingos, Ana Carolina Gomes, 1994-
Revisão sistemática da literatura sobre a cintura pélvica de mamíferos e caracterização anatômica da cintura pélvica das espécies de *Monodelphis* (*Microdelphys*) da Mata Atlântica (Didelphimorphia: Didelphidae) / Ana Carolina Gomes Domingos. – Viçosa, MG, 2021.
D671r 136 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.
2021

Inclui anexo.

Orientador: Gisele Mendes Lessa Del Giudice. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa. Inclui bibliografia.

1. Mamíferos. 2. Marsupiais - Anatomia. 3. Pélvis - Variação. 4. Anatomia - Variação. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Animal. Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal. II. Título.

CDD 22. ed. 599.276

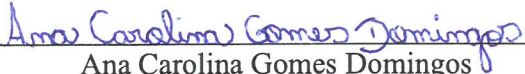
ANA CAROLINA GOMES DOMINGOS

**REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE A CINTURA PÉLVICA DE
MAMÍFEROS E CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA CINTURA PÉLVICA DAS
ESPÉCIES DE *Monodelphis (Microdelphys)* DA MATA
ATLÂNTICA (DIDELPHIMORPHIA: DIDELPHIDAE)**

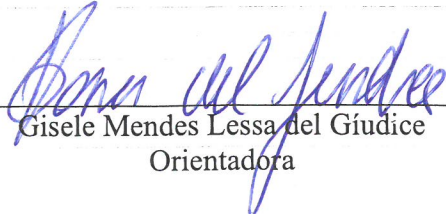
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 15 de abril de 2021

Assentimento:



Ana Carolina Gomes Domingos
Autora



Gisele Mendes Lessa del Giudice
Orientadora

À minha mãe, Ana Maria e à minha irmã, Ana Luiza que são a
minha fonte de inspiração.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal que me proporcionaram momentos e ensinamentos durante toda a minha jornada profissional.

À minha orientadora Dr^a. Gisele Lessa, que acompanhou o meu percurso durante a graduação e pós-graduação, agradeço pelos ensinamentos, incentivo e confiança.

Às integrantes do projeto, Dr^a. Gisele Lessa, Dr^a. Reggiani Vilela Gonçalves, Dr^a. Mariáurea Matias Sarandy, M^a. Gabby Neves Guilhon e estatística Joseli Moreira Ferraz pela estruturação do projeto, análise e interpretação dos dados e revisão do manuscrito.

Ao Museu de Zoologia João Moojen da UFV e aos integrantes do Laboratório de Mastozoologia que me acolheram durante todos estes anos. Agradeço pela amizade e valiosa ajuda.

Às instituições visitadas, Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo e Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Reservatórios Silvestres da Fundação Oswaldo Cruz, pela oportunidade de estudar os exemplares de *Monodelphis*. Em especial aos curadores e técnicos dos museus e coleções, Dr. Renato Neves Feio, Dr. João Alves de Oliveira, Técnica Juliana Gualda de Barros, Dr^a. Cibele Rodrigues Bonvincino e Dr^a. Daniela Dias.

Às pesquisadoras, Dr^a. Andréa de Oliveira Mesquita e Dr^a. Gisela Sobral que disponibilizaram fotos de exemplares de *Monodelphis* para a ilustração neste trabalho.

Ao Dr. Jorge Abdala Dergam e aos integrantes do Laboratório de Sistemática Molecular (BEAGLE) da UFV que disponibilizaram equipamentos para a fotografia dos exemplares.

Aos meus familiares, Ana Maria, John Brans, Ana Luiza e Luiz Henrique e aos meus amigos e colegas de Viçosa por todo o suporte e o conforto de saber que nunca estarei só e serei sempre capaz de tudo por maiores que sejam as dificuldades.

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

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

“Cada vez que um de nós se torna um ser iluminado, toda a humanidade caminha um passo em direção a iluminação”.

(Monja Coen)

RESUMO

DOMINGOS, Ana Carolina Gomes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2021. **Revisão sistemática da literatura sobre a cintura pélvica de mamíferos e caracterização anatômica da cintura pélvica das espécies de *Monodelphis* (*Microdelphys*) da Mata Atlântica (Didelphimorphia: Didelphidae).** Orientadora: Gisele Mendes Lessa del Gúdice.

As análises anatômicas da cintura pélvica dos mamíferos são importantes para compreender os tipos de locomoção de cada espécie e a sua adaptação a diferentes habitats ao longo da evolução, além de servirem como ferramentas para estudos taxonômicos. Na primeira parte da dissertação, analisamos a relevância dos estudos anatômicos relacionados com o papel da cintura pélvica nos mamíferos, identificamos os principais músculos e características anatômicas associadas à locomoção em diferentes habitats e, conseqüentemente, na adaptação destes animais. Os estudos foram selecionados nas bases de dados PubMed/Medline, Scopus, e Web of Science, de acordo com o PRISMA e foram incluídos 31 estudos. A ordem dos primatas foi a mais estudada assim como o osso ílio, seguido pelo ísquio. As alterações evolutivas mais comuns ocorreram na tuberosidade isquiática e na eminência iliopúbica, importantes para trotar, escalar ou saltar. Em geral, estes acidentes estão associados à musculatura. No entanto, a maioria dos estudos não mencionou esta associação. Além disso, a falta de informação sobre o próprio animal, como localidade, sexo e idade, são pontos cegos metodológicos. Poucos estudos realizaram análises filogenéticas com caracteres anatômicos da cintura pélvica. No entanto, os estudos que forneceram informações sobre ossos, músculos e biomecânica, foram os mais abrangentes para a compreensão da adaptação e evolução das espécies. Na segunda parte da dissertação, caracterizamos a anatomia pélvica de três espécies de *Monodelphis* (*Microdelphys*) e investigamos a presença de dimorfismo sexual, variação ontogenética e caracteres de diferenciação interespecífica por meio da morfometria linear e análises osteológicas. A pélvis dos animais tem a porção caudal do ísquio reta, extremidade anterior do ílio dorsolateralmente curvada, forame obturador oval, fossa acetabular arredondada e as fossas glútea e ilíaca com tamanhos semelhantes. Em *Monodelphis americana* as classes etárias se diferenciam no tamanho da cintura pélvica e proeminência de acidentes ósseos. Já machos e fêmeas adultos velhos se diferenciam no tamanho e forma da pélvis e ossos epipúbicos. Em *Monodelphis scalops*, os machos e fêmeas adultos se diferenciam apenas nas medidas da cintura pélvica. Por fim, em *Monodelphis iheringi* não há dimorfismo sexual na cintura pélvica. Este trabalho pode

ser usado como ferramenta taxonômica para *Monodelphis (Microdelphys)* assim como, para orientar pesquisas futuras sobre a cintura pélvica de mamíferos.

Palavras-chave: Mamíferos. Marsupiais. Morfometria. Pélvis. Variação Anatômica.

ABSTRACT

DOMINGOS, Ana Carolina Gomes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2021. **Systematic literature review on mammals' pelvic girdle and its anatomical characterization for the *Monodelphis (Microdelphys)* species from the Atlantic Forest (Didelphimorphia: Didelphidae).** Adviser: Gisele Mendes Lessa del Gúdice.

Anatomical analyses of the pelvic girdle of mammals are important to understand the types of locomotion of each species and their adaptation to different habitats throughout evolution, in addition to be useful as additional tools for taxonomic studies. In a first part of the thesis, we analyzed the relevance of anatomical studies concerned the role of the pelvic girdle in mammals, identified the main muscles and anatomical characteristics associated with locomotion in different habitats and, consequently, in the adaptation of these animals. The studies were selected in the PubMed/Medline, Scopus, and Web of Science databases, following the PRISMA statement. A total of 31 studies were included. The primates order was the most studied and the bone most studied was the ilium, followed by the ischium. The most common evolutionary changes were observed in the ischial tuberosity and iliopubic eminence, important for trotting, climbing or jumping actions. In general, these accidents are associated with muscles. However, most studies have not mentioned this association. Also, the lack of information about the animal itself, such as its origin, sex and age are methodological blind spots. Also, few studies have performed phylogenetic analysis with anatomical characters of pelvic girdle. Nevertheless, a few studies did provide information on bone, muscle, and biomechanics. They were more comprehensive about the understanding of the adaptation and evolution of species. In a second part of the thesis, we characterized the pelvic anatomy of three species of *Monodelphis (Microdelphys)* and investigated the presence of sexual dimorphism, ontogenetic variation and interspecific differentiation of characters through linear morphometry and anatomical characterization. The pelvis has a straight caudal portion of the ischium, an anterior end of the ilium dorsolaterally curved, an oval obturator foramen, a rounded acetabular fossa and the gluteal and iliac fossa present similar sizes. In *Monodelphis americana* the age classes differ in morphology of bone accidents. In contrast, old adult males and females, differ in the size and shape of the pelvis and epipubic bones. In *Monodelphis scalops*, adult males and females differ only in pelvic girdle measurements. Finally, there is no sexual dimorphism in the pelvic girdle of *Monodelphis iheringi*. This work can be used as a taxonomic character for

Monodelphis (Microdelphys), as well as, to guide future research about the pelvic girdle of mammals.

Keywords: Mammals. Marsupials. Morphometry. Pelvis. Anatomical Variation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE A CINTURA PÉLVICA DE MAMÍFEROS: A INTERRELAÇÃO ENTRE MORFOLOGIA, LOCOMOÇÃO E ADAPTAÇÃO

- Figura 1.** Diagrama de fluxo com os resultados da pesquisa obtidos na revisão sistemática, baseado na declaração PRISMA "*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*" (<http://www.prisma-statement.org/>)..... 28
- Figura 2.** Representação esquemática das características dos estudos em relação às ordens e gêneros dos animais, países e periódicos onde os manuscritos foram publicados..... 30
- Figura 3.** Representação gráfica do número de artigos de revistas científicas agrupadas por grandes áreas do conhecimento.....31
- Figura 4.** Representação esquemática dos ossos pélvicos, acidentes do ílio e do ísquio (A); ossos epipúbicos (B) e a porcentagem de artigos que estudaram estes acidentes ósseos. Espécime: MZUFV 3370. Escala: 10mm..... 33
- Figura 5.** Representação esquemática e gráfica dos artigos que estudaram os músculos, ossos pélvicos e ambos (A) e os tipos de locomoção em relação à (B) postura, (C) habitat e (D) movimento por meio da análise dos estudos que avaliaram a anatomia pélvica dos mamíferos..... 35
- Figura 6.** Análise do viés metodológico (qualidade do relatório) para cada estudo incluído na revisão sistemática, de acordo com as diretrizes ARRIVE. A linha pontilhada indica a pontuação média de qualidade (%). A análise detalhada do enviesamento, estratificada por domínios e itens avaliados é apresentada na Tabela S4..... 45

CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA CINTURA PÉLVICA DAS ESPÉCIES DE *Monodelphis (Microdelphys)* DA MATA ATLÂNTICA (DELPHIMORPHIA: DIDELPHIDAE)

- Figura 1.** Exemplar de *Monodelphis americana* procedente de Brumadinho - MG em 2011 (A). Foto: Andréa de Oliveira Mesquita. Exemplar de *Monodelphis scalops* procedente de Ribeirão Pires – SP (B). Foto: Gisela Sobral. Exemplar de *Monodelphis iheringi* procedente do Parque Estadual Serra do Mar – SP (C). Foto: Miguel Nema.....86
- Figura 2.** Mapa de distribuição dos exemplares de *Monodelphis (Microdelphys)* da Mata Atlântica utilizados nas análises de variações ontogenéticas e sexuais. Criado com a aplicação do software QGIS. Escala: 500 km..... 90

Figura 3. Cintura pélvica (A e B) e osso epipúbico (B) de *Monodelphis scalops*, demonstrando ossos e acidentes anatômicos. Espécime: MZUFV 3370. Abreviaturas: Sac, sacro; eiai, espinha ilíaca anterior inferior; il, ílio; pip, processo iliopúbico; pub, pubis; sínfise púbica; sip; ac, acetábulo; arcis, arco isquiático; is, ísquio; fil, fossa ilíaca; ci, crista ilíaca; fgl, fossa glútea; iima, incisura isquiática maior; iime, incisura isquiática menor; epis, espinha isquiática; tiex, tuberosidade isquiática expandida; fob, forame obturador. Ep, osso epipúbico; cep, corno do epipúbico; pepm, processo epipubial medial; tepl, tubérculo epipubial lateral. Escala: 10 mm..... 91

Figura 4. Vista ventral (A) e lateral da cintura pélvica (B) e osso epipúbico (C) de *Monodelphis scalops*, demonstrando os caracteres morfométricos utilizados no estudo. Espécime: MZUFV 3370. Escala: 10mm. Abreviaturas: CTCP, comprimento total da cintura pélvica; CDA, comprimento do acetábulo; CDB, comprimento do púbis; CFOB, comprimento do forame obturador; ADB, abertura da bacia; CDI, comprimento do ílio; LDI, largura do ílio; LDA, largura do acetábulo; CDIS, comprimento do ísquio; LDIS, largura do ísquio; EPC1, comprimento longo 1 do osso epipúbico; EPC2, comprimento longo 2 do osso epipúbico; LBEP, largura da base do osso epipúbico; LCEP, largura do corno do osso epipúbico. Escala: 10mm.....92

Figura 5. Vista ventral e lateral da cintura pélvica de *Monodelphis americana* mostrando os acidentes ósseos. Espécimes: (A, B, E, F, L, K) adulto (MZUFV 2635; 3330; 4433; 4434); (C, D G, H, I, J) adulto velho (MZUFV 3892; 4431, 4439). Abreviaturas: Figura 3. Escala: 1000µm.....94

Figura 6. Vista ventral do osso epipúbico de *Monodelphis americana*. Espécimes: (A) macho velho (MZUFV 3892); (B) fêmea velha (MZUFV 4431) (C) macho adulto (MZUFV 4433); (D) fêmea adulta (MZUFV 4434); (E) macho jovem (MZUFV 2368); (F) fêmea jovem (MZUFV 3498). Abreviaturas: Figura 3. Escala: 1000µm.....95

Figura 7. Vista ventral e lateral da cintura pélvica de *Monodelphis scalops* mostrando os acidentes ósseos. Espécimes: (A) macho velho (MZUFV 3370); (B) fêmea velha (MZUFV 1206); (C) macho adulto (MZUFV 1601) e (D) fêmea adulta (MZUFV 3359). Abreviaturas: Figura 3. Escala: 1000µm.....97

Figura 8. Vista ventral e lateral da cintura pélvica de *Monodelphis scalops* mostrando os acidentes ósseos. Espécimes: (A, E, F) macho velho (MZUFV 3370); (B e G) fêmea velha (MZUFV 1206); (C e I) fêmea adulta (MZUFV 3359); (D e H) macho adulto (MZUFV 1601). Abreviaturas: Figura 3. Escala: 1000µm.....98

Figura 9. Vista ventral do osso epipúbico de <i>Monodelphis scalops</i> . Espécimes: (A) macho velho (MZUFV 3370); (B) fêmea velha (MZUFV 1206); (C) macho adulto (MZUFV 1601) e (D) fêmea adulta (MZUFV 3359). Abreviaturas: Figura 3. Escala: 500 µm e 1000 µm.....	99
Figura 10. Vista ventral (A) e lateral (B) da cintura pélvica e vista ventral do osso epipúbico (C) de <i>Monodelphis iheringi</i> . Espécime: macho adulto (CB 34). Abreviaturas: Figura 3. Escala: 500 µm e 1000 µm.....	101
Figura 11. Gráfico de agrupamentos (clusters) entre indivíduos machos e fêmeas de <i>Monodelphis americana</i>	107
Figura 12. Gráfico de agrupamentos (clusters) entre indivíduos machos e fêmeas de <i>Monodelphis scalops</i>	110
Figura 13. Gráfico de agrupamentos (clusters) entre machos adultos de <i>Monodelphis americana</i> (ma), <i>Monodelphis scalops</i> (ms) e <i>Monodelphis iheringi</i> (mi).....	116

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE A CINTURA PÉLVICA DE MAMÍFEROS: A INTERRELAÇÃO ENTRE MORFOLOGIA, LOCOMOÇÃO E ADAPTAÇÃO

Tabela 1. Descrição do principal grupo de funções musculares e porcentagem de estudos encontrados nesta revisão sistemática que avaliaram a anatomia pélvica dos mamíferos.....34

Tabela 2. Descrição dos principais parâmetros metodológicos dos estudos e descrição anatômica da ação da cintura pélvica e dos músculos em relação à postura, habitat e movimento de locomoção em mamíferos.....38

CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA CINTURA PÉLVICA DAS ESPÉCIES DE *Monodelphis (Microdelphys)* DA MATA ATLÂNTICA (DELPHIMORPHIA: DIDELPHIDAE)

Tabela 1. Resumo dos acidentes anatômicos dos ossos da cintura pélvica de *Monodelphis* de três listras de acordo com o sexo e classe etária mostrando o desenvolvimento de acidentes ósseos ao longo do crescimento.....102

Tabela 2. Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo), ANOVA e Kruskal-Wallis para a cintura pélvica de *Monodelphis americana*. Os valores de p em negrito são estatisticamente significativos..... 104

Tabela 3. Teste de Tukey entre classes etárias de *Monodelphis americana* com base em dados da cintura pélvica. Os valores de p em negrito são estatisticamente significativos.....105

Tabela 4. Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo) e teste de Mann-Whitney entre machos e fêmeas adultos de *Monodelphis americana* com base em dados da cintura pélvica. Os valores de p em negrito são estatisticamente significativos.....106

Tabela 5. Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo) e teste de Mann-Whitney entre machos e fêmeas adultos de *Monodelphis scalops* com base em dados da cintura pélvica. Os valores de p em negrito são estatisticamente significativos..... 109

Tabela 6. Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo) e teste de Mann-Whitney de machos e fêmeas adultos de *Monodelphis iheringi* com base em dados da cintura pélvica.....112

Tabela 7. Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo), ANOVA e Kruskal-Wallis para machos adultos de *Monodelphis americana*, *Monodelphis scalops* e *Monodelphis iheringi*, com base em dados da cintura pélvica. Os valores de p em negrito são estatisticamente significativos.....114

Tabela 8. Teste de Tukey para dados da cintura pélvica entre três espécies de *Monodelphis* de três listras. Os valores de p em negrito são estatisticamente significativos.....115

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
DP	Desvio Padrão
FCS	<i>Fully Conditional Specification</i>
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
LABPMR	Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Reservatórios Silvestres
MI	Múltipla Imputação
MNRJ	Museu Nacional do Rio de Janeiro
MZUFV	Museu de Zoologia João Moojen da Universidade Federal de Viçosa
MZUSP	Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo
N	Amostra
P	Nível de significância estatística
PICOS	<i>Population, intervention, control, outcomes</i>
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	18
CAPÍTULO I:	20
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE A CINTURA PÉLVICA DE MAMÍFEROS: A INTERRELAÇÃO ENTRE MORFOLOGIA, LOCOMOÇÃO E ADAPTAÇÃO.....	20
1. INTRODUÇÃO	21
2. OBJETIVOS	23
2.1. Objetivo geral	23
2.2. Objetivos específicos	23
3. METODOLOGIA.....	24
3.1. Estratégia de busca.....	24
3.2. Critério de elegibilidade.....	25
3.3. Características do estudo e extração	26
3.4. Análise de viés metodológico	26
4. RESULTADOS	27
4.1. Características da publicação	27
4.2. Análise qualitativa	29
4.3. Características dos animais e da pélvis.....	32
4.4. Características do estudo e locomoção dos animais	36
4.5. Viés de relatório	44
5. DISCUSSÃO	46
6. CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
MATERIAL SUPLEMENTAR	65
CAPÍTULO II:.....	82
CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA CINTURA PÉLVICA DAS ESPÉCIES DE <i>Monodelphis (Microdelphis)</i> DA MATA ATLÂNTICA (DIDELPHIMORPHIA: DIDELPHIDAE).....	82

1.	INTRODUÇÃO	83
2.1.	Objetivo geral	87
2.2.	Objetivos específicos	87
3.	MATERIAL E MÉTODOS	88
4.	RESULTADOS	93
4.1.	Análise Qualitativa Intraespecífica	93
4.2.	Análise Qualitativa Interespecífica	102
4.3.	Análises Quantitativas Intraespecífica	103
4.4.	Análise Quantitativa Interespecífica	113
5.	DISCUSSÃO	117
6.	CONCLUSÕES.....	123
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
	APÊNDICE	129
	MATERIAL SUPLEMENTAR	131
	CONCLUSÕES GERAIS	136

INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente existem mais de 6.400 mil espécies de mamíferos no mundo, incluídos entre os monotremados, marsupiais e placentários, que estão distribuídos em quase todas as regiões e ocupam uma variedade de habitats, tais como zonas tropicais, subtropicais, áridas e polares, onde podem se alimentar e se reproduzir (QUINTELA *et al.*, 2020).

Estes animais apresentam características morfológicas, reprodutivas e fisiológicas distintivas de outros vertebrados, que permitiram a sua adaptação em diferentes habitats ao longo da evolução. Como exemplo observa-se a variação no tamanho, de pequenos musaranhos até grandes cetáceos, o curto desenvolvimento intrauterino de filhotes altriciais em marsupiais, o desenvolvimento da placenta vitelínica em placentários, além das altas taxas metabólicas, pelos que promovem o isolamento térmico e a respiração por diafragma como características derivadas da classe Mammalia (KARDONG, 2012; POUGH *et al.*, 2013).

As especificidades da anatomia esquelética pós-craniana dos mamíferos também desempenham papel crucial no entendimento da locomoção, comportamento social e alimentação do grupo (POLLY, 2007). Estas morfologias refletem as diversas capacidades locomotoras, que em alguns casos, por diferenças sutis separam um tipo de locomoção de outro (KAPPELMAN, 1998; POLLY, 2007; KIRK *et al.*, 2008). Embora a ampla diversidade de formas dentro da classe Mammalia e a crescente atenção dada à morfologia dos membros (CHUBB, 1932; CAMP & SIMITH, 1942; CLEVEDON & YALDEN, 1973; CHRISTIANSEN, 2002), ainda são escassos os estudos anatômicos da cintura pélvica.

Neste estudo é proposta uma revisão sistemática das características anatômicas da cintura pélvica de mamíferos assim como uma análise descritiva e morfométrica deste conjunto ósseo nos marsupiais Neotropicais: *Monodelphis (Microdelphys) americana*, *Monodelphis (Microdelphys) scalops* e *Monodelphis (Microdelphys) iheringi*, que são popularmente conhecidos como cuíca-de-três-listras.

A dissertação está estruturada de acordo com as normas vigentes do Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (PIRES *et al.*, 2019). E para melhor compreensão, foi dividida em dois capítulos, respectivamente intitulados:

Capítulo I “REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE A CINTURA PÉLVICA DE MAMÍFEROS: A INTERRELAÇÃO ENTRE MORFOLOGIA, LOCOMOÇÃO E ADAPTAÇÃO

Capítulo II “CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA CINTURA PÉLVICA DAS ESPÉCIES DE *Monodelphis (Microdelphys)* DA MATA ATLÂNTICA (DELPHIMORPHIA: DIDELPHIDAE)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMP, C. L.; SMITH, N. Phylogeny and functions of the distal ligaments. Tertiary: implications of the elbow joint morphology. **Biology Letter**, Royal Society, July, 2003.

CHRISTIANSEN, P. Locomotion in terrestrial mammals: the influence of body mass, limb length, and bone proportions on speed. **Zoological Journal of the Linnean Society**, Oxford University Press, 136, 685-714, 2002.

CHUBB, S. H. Vestigial clavicles and rudimentary sesamoids. **American Naturalist**, University of Chicago Press, 66, 76-381, 1932.

CLEVEDON B, J.; YALDEN, D.W. The description of mammals -2. Limbs and locomotion of terrestrial mammals. **Mammal Review**, Wiley-Blackwell, 3, 107-135, 1973.

KARDONG, K.V. **Vertebrates: comparative anatomy, function, evolution**. 6ª ed. New York: McGraw-Hill, 2012.

KAPPELMAN, J. Morphology and locomotor adaptations of the bovid femur in relation to habitat. **Journal of Morphology**, Wiley Periodicals, v.198, n.1, 119-130, September, 1988. Doi: 10.1002/jmor.1051980111.

KIRK, E.C. *et al.* Intrinsic hand proportions of euarchontans and other mammals: Implications for the locomotor behavior of plesiadapiforms. **Journal of Human Evolution**, Elsevier, v.55, n.2, 278–299, July, 2008. Doi: 10.1016/j.jhevol.2008.02.008.

PIRES, A. R.P.; SILVA, B.; OLIVEIRA, I. C.; PEREIRA, J. O.S. **Normalização de trabalhos acadêmicos**: atualizada conforme NBR 14724/2011 e NBR 6023/2018. Viçosa, MG, UFV, BBT, 2019. 114 p. <http://www.bbt.ufv.br/>.

POLLY, P.D. Limbs in mammalian evolution, *In*: Brian K Hall (ed.) **Fins into Limbs: Evolution, Development, and Transformation**. Chicago: University of Chicago Press, 2007.

POUGH, F.H.; JANIS, C.M.; HEISER, J. B. **Vertebrate Life**. 9ª ed. New York: Pearson Education, 2013.

QUINTELA, F.M.; DA ROSA, C.A.; FEIJÓ, A. Updated and annotated checklist of recent mammals from Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, ABC, Rio de Janeiro, v.92, supl.2, August, 2020. Doi: 10.1590/0001-3765202020191004.

CAPÍTULO I:

REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE A CINTURA PÉLVICA
DE MAMÍFEROS: A INTERRELAÇÃO ENTRE MORFOLOGIA, LOCOMOÇÃO E
ADAPTAÇÃO

Domingos, A.C.G¹; Sarandy, M.M²; Lessa, G¹; Gonçalves, R.V^{1,2}

¹ Departamento de Biologia Animal, Laboratório de Mastozoologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

² Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO

As análises anatômicas da cintura pélvica dos mamíferos são importantes para compreender os tipos de locomoção de cada espécie e a sua adaptação a diferentes habitats ao longo da evolução, além de servirem como ferramentas adicionais para estudos taxonômicos. Ainda são poucos os estudos que utilizam a anatomia esquelética pós-craniana como ferramenta taxonômica para mamíferos e, quando tais trabalhos de investigação são realizados, normalmente concentram-se nos membros anteriores, a fim de estudar os tipos de locomoção e as adaptações a diferentes ambientes. Nesta revisão analisamos a relevância dos estudos anatômicos relacionados com a compreensão do papel da cintura pélvica nos mamíferos, identificamos os principais músculos e características anatômicas associadas à locomoção em diferentes habitats e, conseqüentemente, na adaptação destes animais. Os estudos foram selecionados nas bases de dados PubMed/Medline, Scopus, e Web of Science, na sequência da declaração PRISMA e foram incluídos 31 estudos. Os nossos resultados demonstraram que a ordem dos primatas foi a mais estudada e que o osso pélvico mais estudado foi o ílio, seguido pelo ísquio. As alterações evolutivas mais comuns foram observadas na tuberosidade isquiática e na eminência iliopúbica, geralmente importantes para trotar, escalar ou saltar. Em geral, estes acidentes estão associados a músculos. No entanto, a maioria dos estudos não mencionou esta associação. Além disso, a falta de informação sobre o próprio animal, como a sua localidade, sexo e idade, são pontos cegos metodológicos que dificultam a compreensão do papel ecológico dos animais ligados ao aspecto morfológico pélvico. Além disso, poucos estudos realizaram análises filogenéticas com caracteres da cintura pélvica, para uma melhor compreensão evolutiva desta estrutura em mamíferos. No entanto, os estudos que forneceram informações sobre ossos, músculos e biomecânica, foram os mais abrangentes para a compreensão da adaptação e evolução das espécies. A evidência atual indica que a reorientação da espinha íliaca anterior superior, com predominância dos músculos glúteos atuando na adução e rotação interna e lateral da pélvis desempenharam um papel importante na evolução da postura bípede em mamíferos. Em geral, a pélvis larga e longa, com a proeminência de acidentes ósseos, permite a origem adequada e a inserção de músculos adutores, abdutores, flexores e extensores do quadril e flexores da coluna vertebral, o que permite adaptações ao salto, corrida, escalada, galope, natação, escavação e trote. Por outro lado, em mamíferos estritamente aquáticos, a pélvis é reduzida e a coluna vertebral é flexionada pelos músculos *rectus abdominis* e *hypaxialis*. Assim, a morfologia da cintura pélvica, associada a músculos fortes e rápidos, apresenta vantagens mecânicas para a adaptação dos mamíferos em diferentes habitats ao longo da evolução. Esperamos que os resultados deste trabalho possam ser utilizados para orientar futuras pesquisas e expandir os conhecimentos atuais sobre a cintura pélvica dos mamíferos.

Palavras-chave: Acidentes ósseos. Morfologia funcional. Mammalia. Miologia. Pélvis.

1. INTRODUÇÃO

O esqueleto dos mamíferos é constituído por coluna vertebral, ossos da cintura escapular e pélvica, membros anteriores e posteriores, que desempenham diferentes funções no ser vivo e que se relacionam com a locomoção e o uso do hábitat (VIERA & DELCIELLOS, 2012). A cintura pélvica geralmente consiste em ossos achatados chamados: ílio, ísquio e púbis. Esses ossos se unem formando o acetábulo, e este se articula com a cabeça do fêmur. A pelve então promove a proteção dos órgãos localizados na cavidade pélvica, suporte e fixação dos membros inferiores no esqueleto axial (FLOWER, 1870; HOGERVORST *et al.*, 2009; DYCE *et al.*, 2010). O púbis se une com seu homônimo do lado oposto pela sínfise púbica e juntamente com o ísquio formam o forame obturador, cavidade aberta ocupada por músculos e tecido conjuntivo (COUTO, 1979; EVANS, 1993). Estes ossos da cintura pélvica podem apresentar acidentes anatômicos, que de acordo com o tamanho e aspecto, servem de origem e inserção muscular, promovendo uma gama de capacidades locomotoras nos mamíferos (DYCE *et al.*, 2010).

Além desses ossos, na cintura pélvica dos marsupiais, monotremados e alguns cinodontes, também podemos encontrar os ossos epipúbicos, que são pareados e se estendem anteriormente na parte superior do púbis (COUTO, 1979; NOVACEK, 1997; ROSE, 2006). A função desse osso ainda é relativamente incompreendida, e existem hipóteses relacionando sua função ao suporte do marsúpio em fêmeas com bolsa, além de auxiliar na locomoção dos marsupiais (WHITE, 1989; REILLY *et al.*, 2010). Nesses ossos estão inseridos os músculos abdominais e femorais (*pectineus* e *pyramidalis*) que auxiliam no movimento do fêmur e resistem ao dobramento do corpo ao firmarem o tronco, promovendo o equilíbrio do esqueleto durante a locomoção (TYSON, 1698; REILLY & WHITE, 2003; REILLY *et al.*, 2010). A ausência dos ossos epipúbicos nos placentários é relacionada a uma hipótese reprodutiva, em que estes poderiam interferir na expansão da placenta durante a gravidez (LILLEGRAVEN, 1969).

Os estudos sobre anatomia da cintura pélvica frequentemente têm sido associados às condições clínicas humanas, quer disfunções, tais como prolapso e dores em pacientes com lesões pélvicas, parto (BECKER *et al.*, 2010), técnicas cirúrgicas pélvicas para reconstrução do assoalho (FLEISCHMANN & NITTI, 2004) e reabilitação do músculo pélvico para tratamento da incontinência (WU, 2019). Por outro lado, os estudos sobre a sua morfologia e o seu papel tanto no apoio ao corpo, como na promoção do movimento durante a locomoção têm sido negligenciados, com a ressalva dos muitos estudos centrados na biomecânica do complexo pélvico associado à musculatura das aves (ZUSI, 2013; COSTA *et al.*, 2014; ANTEN-HOUSTON *et al.*, 2017), dinossauros não avianos (COOMBS'S, 1979; CARRANO & HUTCHINSON, 2002; DILKES, 2003; RHODES, *et al.*, 2020) e crocodilianos (FARMER &

CARRIER, 2000; VIEIRA *et al.*, 2016). No entanto, quando se trata de mamíferos, o assunto permanece mal compreendido (SIMÕES-LOPES & GUTSTEIN, 2004). Ainda são poucos estudos que utilizam o pós-crânio como instrumento taxonômico para os mamíferos. Além disso, os poucos estudos existentes focam principalmente nos membros anteriores, a fim de estudar os tipos de locomoção e adaptações a diferentes ambientes (MORGAN *et al.*, 2017; REGNAULT & PIERCE, 2018; LUNG MUS & ANGIELCZYK, 2019). Alguns desses estudos geralmente focam em casos específicos de um determinado gênero ou espécie, o que dificulta a obtenção de uma compreensão ampla da classe Mammalia. Contudo, é de notar que a osteologia e a musculatura dos membros posteriores dos mamíferos receberam notoriedade nos últimos anos (ARGOT, 2002, 2003, 2004; FLORES & DÍAZ, 2009; FLORES, 2009; ABELLO & CANDELA, 2010; COUTINHO *et al.*, 2013).

Considerando que os estudos descritivos de anatomia fornecem a base conceitual para determinar as características anatômicas que definem a locomoção dos animais em relação ao seu habitat e sobrevivência no ambiente e sua evolução, se faz necessário analisar a anatomia da cintura pélvica dos mamíferos para entender e preencher as lacunas de conhecimento sobre esta classe de vertebrados. Além da anatomia propriamente dita, é relevante conhecer as ferramentas utilizadas nos estudos anatômicos e saber quais são os parâmetros metodológicos atuais e eficazes para a descrição correta e profunda da cintura pélvica.

Neste trabalho é realizada uma revisão sistemática da literatura sobre a cintura pélvica de mamíferos e os resultados apresentados nesta revisão são pioneiros, e contribuirão para a compreensão dos principais parâmetros utilizados para avaliar a adaptação dos mamíferos relativa ao movimento, postura e habitat e, conseqüentemente, a distribuição e conservação da diversidade dos mamíferos em todo o mundo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Revisar sistematicamente a literatura sobre a anatomia pélvica dos mamíferos.

2.2. Objetivos específicos

- Revisar sistematicamente a literatura sobre a anatomia pélvica dos mamíferos explorando a locomoção, morfologia e adaptação, bem como a influência principal dos ossos e músculos que regem a evolução desta classe.
- Avaliar a qualidade metodológica de cada estudo identificado e principais fontes de enviesamento que podem prejudicar a sua qualidade.

3. METODOLOGIA

3.1. Estratégia de busca

A nossa equipe realizou uma pesquisa bibliográfica abrangente, que foi concluída em 23 de setembro de 2019, às 15h00. A referida pesquisa foi conduzida nas bases de dados PubMed/Medline (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), Scopus (<https://www.scopus.com/home.uri>) e Web of Science (www.webofknowledge.com), seguindo a declaração PRISMA (itens preferidos para relatórios de revisões sistemáticas e meta-análises) (MOHER *et al.*, 2009). Com base em dois parâmetros de investigação, desenvolvemos uma estratégia de busca abrangente para a recuperação de todos os estudos relevantes: (i) pesquisa direta em bases de dados eletrônicos e (ii) rastreamento indireto nas listas de referência de todos os estudos.

Para todas as bases de dados, utilizamos filtros de pesquisa baseados nos quatro critérios seguintes, complementares uns aos outros: i) mamíferos, (ii) anatomia, (iii) pélvis, e (iv) músculo. Foram desenvolvidos filtros de pesquisa para Pubmed, de acordo com o dicionário Thesaurus (*Medical Subject Headings* - MeSH). Os comandos [MeSH Terms] e [TIAB] foram combinados para otimizar o processo de recuperação, de acordo com a relevância dos estudos indexados. Os mesmos filtros de pesquisa utilizados para mamíferos, anatomia, pélvis e músculos foram adaptados para Scopus e Web of Science. Foi utilizado o filtro Scopus mamífero (Palavras-chave - mamíferos [limitado a]), e foi criado outro filtro para a Web of Science, considerando os mamíferos identificados em PubMed/MEDLINE e Scopus. Para a base de dados da Web of Science, utilizamos o comando = TS. As restrições linguísticas implementadas permitiram-nos recuperar artigos escritos nas nossas línguas-alvo: inglês, espanhol e português.

Os resumos de todos os artigos escolhidos foram lidos minuciosamente para identificar potenciais artigos de interesse. Dois revisores (ACGD e MMS) conduziram o inquérito bibliográfico, removeram artigos duplicados e compartilharam com a equipe títulos e resumos adequados aos critérios de elegibilidade. Após esta avaliação inicial, os artigos de texto integral de estudos potencialmente relevantes foram avaliados independentemente quanto à sua elegibilidade por dois revisores (ACGD e MMS). O teste Kappa foi realizado para seleção e extração de dados (Kappa = 0,916). As seleções foram comparadas, e quaisquer inconsistências remanescentes foram esclarecidas em consulta com dois outros revisores (GL e RVG). A estratégia de pesquisa completa está detalhada nos materiais suplementares (Tabela S1).

3.2. Critério de elegibilidade

A estratégia PICOS (*population, intervention, control, outcomes*) foi utilizada para identificar critérios para a inclusão de estudos na revisão sistemática (METHLEY *et al.*, 2014) (Tabela S2). Apenas estudos originais centrados na investigação das características da cintura pélvica, músculos e locomoção de mamíferos e, conseqüentemente, adaptação foram incluídos nesta revisão. Estudos duplicados foram removidos após comparação de autores, título, ano e revista de publicação. Quando em dúvida, toda a publicação foi recuperada e reavaliada. Apenas os estudos que investigavam a anatomia da cintura pélvica dos mamíferos (ossos e músculos - associados ou não) foram considerados para possível inclusão nesta revisão sistemática. Assim, foram excluídos estudos contendo: vertebrados não mamíferos, anatomia clínica, não adaptação e locomoção, imuno-histoquímica, neoplasias, sistemas corporais (circulatório, excretório, reprodutor, nervoso, etc.), assoalho pélvico, vísceras, nervos e vasos sanguíneos, bem como estudos secundários (revisões de literatura, cartas para revisão, comentários, notas, estudos de caso), capítulos de livros e estudos não indexados (Tabela S2).

Após investigação inicial, todos os estudos relevantes foram recuperados na sua totalidade e avaliados de acordo com os critérios de elegibilidade contidos nas Diretrizes do Prisma (Figura 1) (MOHER *et al.*, 2009). Os investigadores analisaram independentemente os artigos de acordo com a sua percepção de elegibilidade, e todas as opiniões discordantes foram amenizadas por consenso. A lista de referência de cada estudo relevante identificado em todos os repositórios de investigação foi selecionada para artigos adicionais a fim de aumentar o âmbito da estratégia de investigação.

3.3. Características do estudo e extração

Dois revisores independentes (ACGD e MMS) extraíram os dados essenciais e depois agruparam-nos em quatro níveis descritivos, como se segue: (i) características da publicação, (ii) características dos modelos animais (ordem, gêneros, número de animais, sexo e idade), (iii) locomoção (postura, habitat e modo de locomoção), (iv) características da cintura pélvica (ossos pélvicos e músculos associados) e (v) métodos anatômicos. Quaisquer inconsistências com os dados extraídos foram resolvidas durante discussões com dois revisores adicionais (GL e RVG).

3.4. Análise de viés metodológico

O enviesamento de relatórios foi analisado de acordo com Pereira *et al.* (2017) e com base nos requisitos metodológicos descritos na Investigação Animal: Relatório das diretrizes da *In Vivo Experiments* (KILKENNY *et al.*, 2010). Esta estratégia requer a triagem completa de todas as seções do manuscrito (do resumo aos agradecimentos e financiadores) para avaliar a exaustividade dos relatórios científicos sobre estudos com animais. A estratégia de rastreio baseou-se em breves descrições de características essenciais, tais como medições de base, tamanho da amostra, métodos estatísticos, declaração de ética e financiamento. Foi criada uma tabela que resume todos os aspectos relevantes e aplicáveis, tendo em conta a especificidade e os objetivos da revisão sistemática. A adesão individual aos critérios de enviesamento e a adesão média geral foram expressas como valores absolutos e relativos (PEREIRA *et al.*, 2017).

4. RESULTADOS

4.1. Características da publicação

O diagrama PRISMA ilustra o processo de seleção dos estudos. A investigação inicial resultou em 1174 estudos (878 no PubMed, 178 no Scopus e 118 no Web of Science), dos quais, 120 estudos duplicados foram removidos. Após a leitura do título e do resumo, 821 estudos foram excluídos, uma vez que abordavam temas não relacionados com o nosso estudo. Após a leitura do texto completo, 89 estudos foram excluídos por abordarem outras estruturas (não pélvicas), 70 estudos por estarem relacionados com a anatomia clínica e 31 estudos por não abordarem a adaptação e locomoção. Também foram excluídos 17 estudos sobre órgãos do assoalho pélvico, vasos sanguíneos e nervos. Após análise dos critérios de elegibilidade, 26 estudos foram incluídos nesta revisão. A lista de referência dos 26 artigos selecionados foi então analisada e 5 dos estudos encontrados neles foram incluídos porque cumpriam com os critérios de inclusão. Assim, foram analisados 31 estudos nesta revisão (Figura 1).

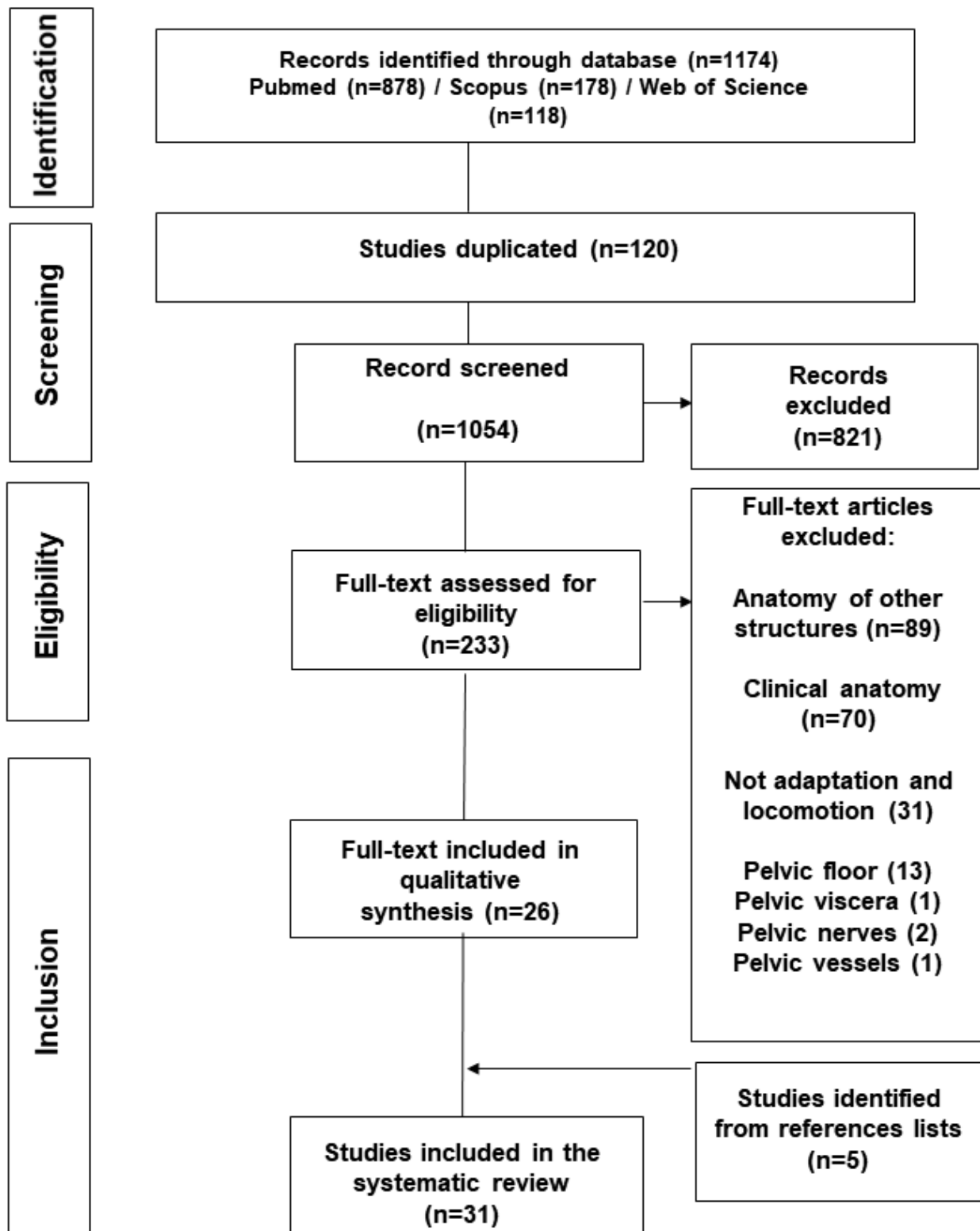


Figura 1. Diagrama de fluxo com os resultados da pesquisa obtidos na revisão sistemática, baseado na declaração. PRISMA "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses" (<http://www.prisma-statement.org/>).

4.2. Análise qualitativa

Os estudos selecionados foram realizados em 11 países, principalmente nos Estados Unidos da América (n=14; 45,16%), seguido pela Argentina (n=3; 9,67%), França (n=3; 9,67%), Brasil, Japão e Reino Unido (n=2; 6,45% cada) e outros países, com 1 artigo cada (Canadá, Suíça, Noruega, Alemanha e Trindade e Tobago) (Figura 2).

Destacamos os estudos em que foram realizadas análises descritivas e morfométricas (n=12; 41,93%), apenas análises descritivas (n=10; 29,03%) e apenas análises morfométricas (n=9; 29,03%), os estudos que não realizaram análises filogenéticas (n=26; 83,87%) e os que realizaram este tipo de análise (n=5; 16,13%). Os estudos compreenderam 154 gêneros de mamíferos e 243 espécies. As ordens dos mamíferos incluem: Primatas (n=12; 38,7%), Carnívora (n=5; 16,12%), Rodentia (n=4; 12,90%), Didelphimorphia (n=4; 12,9%), Diprodontia (n=3; 9,67%), Sparassodonta e Dasyuromorphia (n=2; 6,45% cada) e as outras ordens com 1 artigo cada (Scadentia, Artiodactyla, Cetacea, Multituberculata, Pilosa, Paucituberculata, Perameleomorphia, Lagomorpha, Chiroptera, Dermoptera, Microbiotheria e Plesiadapformes) (Figura 2).

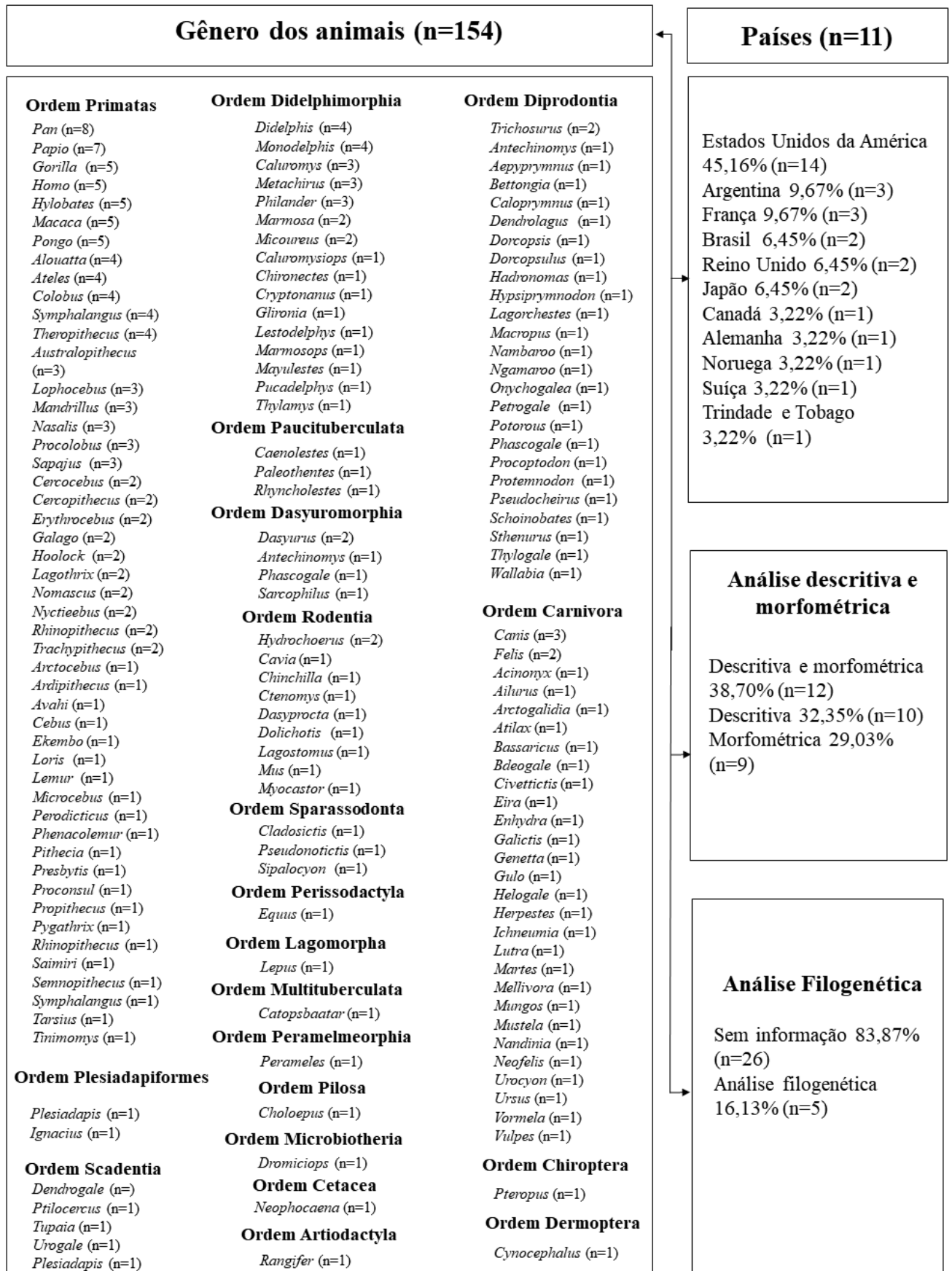


Figura 2. Representação esquemática das características dos estudos em relação às ordens e gêneros dos animais, países e periódicos onde os manuscritos foram publicados.

Os artigos selecionados pela nossa revisão sistemática foram publicados em 22 revistas científicas que foram agrupadas em quatro grandes áreas de conhecimento: Morfofisiologia (n=10; 32,25%), Zoologia (n=9; 29,03%), Paleozoologia e Ciências gerais (n=6; 19,35% cada) (Figura 3). Entre estas revistas, o fator de impacto variou entre: Morfofisiologia (0,657 - 3,017), Zoologia (0,300 - 2,353), Paleozoologia (1,639 - 3,155), e Ciências gerais (0,410 - 9,58) (Figura 3).

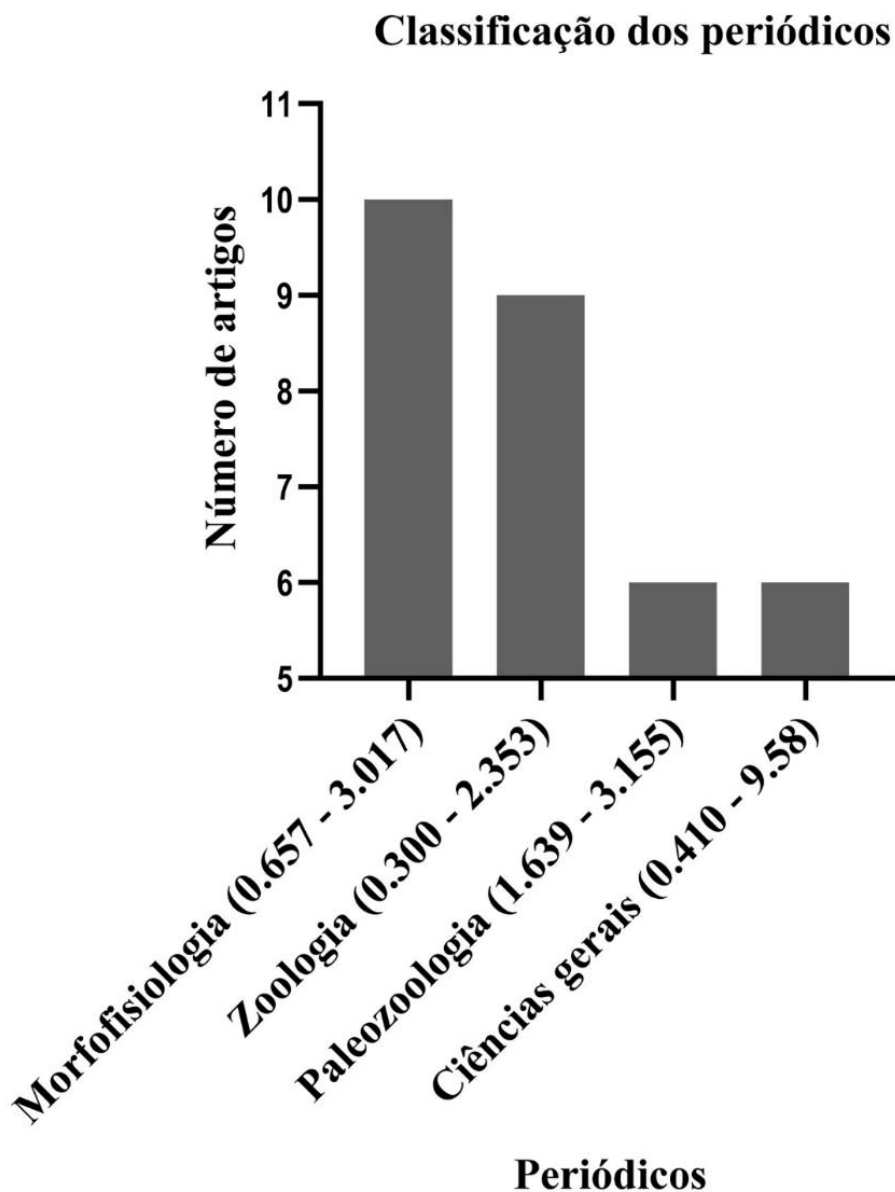


Figura 3. Representação gráfica do número de artigos de revistas científicas agrupadas por grandes áreas do conhecimento. O intervalo entre o menor e o maior índice de fatores de impacto é mostrado entre parênteses.

4.3. Características dos animais e da pélvis

Quanto às características dos animais avaliados, observou-se que 64,51% (n=20) declararam a idade dos animais e 51,61% (n=16) declararam o sexo, nos quais foram utilizados principalmente machos adultos, enquanto outros estudos não continham esta informação (n=8; 25,80%). Entre os mamíferos estudados, 64,51% (n=20) eram espécies viventes, 32,25% (n=10) eram viventes e fósseis, e 3,22% (n=1) eram fósseis. Além disso, 48,38% eram exóticos (n=15), 32,25% (n=10) dos estudos não continham esta informação e 19,35% (n=6) eram nativos. A maioria dos estudos 90,32% (n=28) relatou o número total de animais utilizados na pesquisa e 9,67% (n=3) não relataram esta informação. Em relação ao animal controle, 58,06% (n=18) forneceram esta informação, enquanto que 41,93% (n=13) não a forneceram. Em relação ao habitat, 51,61% (n=16) forneceram informação e 48,38% (n=15) não a forneceram. Em relação à eutanásia, apenas 19,35% (n=6) dos estudos realizaram a eutanásia, sendo que um deles não relatou qual foi o procedimento utilizado (Tabela S3).

Relativamente aos ossos pélvicos estudados, 73,08% (n=24) dos estudos analisaram a pélvis completa, 19,23% (n=5) dos estudos analisaram apenas o ílio e 7,69% (n=2) dos estudos analisaram apenas o ísquio, enquanto nenhum estudo analisou o púbis isoladamente. Os ossos pélvicos e os acidentes associados estudados foram: 1) Ílio (n=20; 76,92%): Eminência iliopectineal (n=7; 28%), espinha ilíaca anterior inferior (n=6; 24%), crista ilíaca (n=6; 24%), espinha ilíaca anterior superior (n=5; 20%), fossa ilíaca (n=5; 20%), fossa glútea (n=3; 12%); espinha ilíaca posterior inferior (n=1; 8%), espinha ilíaca posterior superior (n=2; 8%) e crista glútea (n=1; 4%); 2) Ísquio (n=18; 69,23%): Tuberosidade isquiática (n=7; 28%), espinha isquiática (n=6; 24%) e incisura isquiática maior (n=5; 20%); 3) Acetábulo (n=17; 65,38%); 4) Púbis (n=9; 29,03%): Sínfise púbica (n=7; 26,92%) (Figura 4, A). Os marsupiais e monotrematas têm um osso adicional e particular denominado: 5) Osso epipúbico, que é descrito por 3 estudos (11,53%) (Figura 4, B).

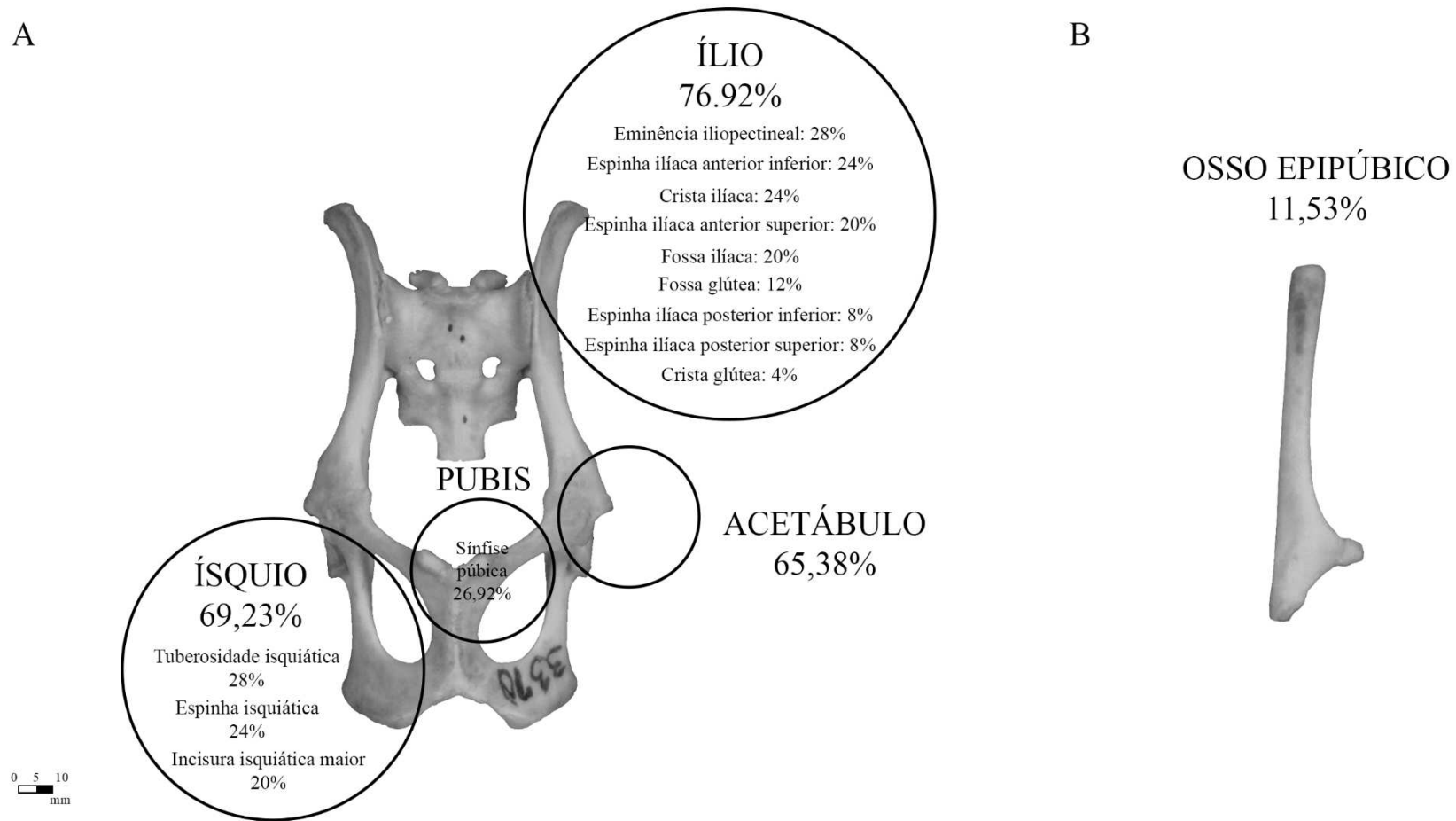


Figura 4. Representação esquemática dos ossos pélvicos, acidentes do ílio e do ísquio (A); ossos epipúbicos (B) e a porcentagem de artigos que estudaram estes acidentes ósseos. Espécime: MZUFV 3370. Escala: 10mm.

Os grupos de músculos e as suas funções com mais frequência analisados foram: Adutores e rotadores, (n=13; 88,66% cada), extensores e flexores (n=11; 73,33% cada) e abdutores (n=10; 66,66%) do quadril. Os menos analisados foram: Flexores da coluna vertebral (n=9; 60%) e flexores da cauda (n=1; 6,66%) (Tabela 1; S4).

Tabela 1. Descrição do principal grupo de funções musculares e porcentagem de estudos encontrados nesta revisão sistemática que avaliaram a anatomia pélvica dos mamíferos.

Artigos	Função	Músculos	(%)
<i>Quadril</i>			
[2] [3] [9] [10] [12] [15] [18] [19] [20] [21] [23] [24] [31]	Adução	<i>Adductor (longus, brevis, magnus, minimus) pectineus, gracilis</i>	86,66
[2] [3] [9] [10] [12] [18] [19] [20] [21] [23] [24] [25] [31]	Rotação	<i>Obturator (externus, internus), gemelli, quadratus femoris</i>	86,66
[2] [3] [9] [10] [12] [18] [19] [20] [21] [24] [25]	Extensão	<i>Hamstrings, gluteus superficialis, biceps femoris</i>	73,33
[2] [3] [9] [10] [12] [18] [19] [20] [21] [24] [31]	Flexão	<i>Tensor fascia latae, iliopsoas, rectus femoris, sartorius, quadriceps femoralis</i>	73,33
[2] [3] [9] [10] [12] [18] [19] [20] [21] [25]	Abdução	<i>Gluteus (profundus, maximus, medius, minimus), piriformis</i>	66,66
<i>Coluna</i>			
[3] [9] [10] [11] [15] [20] [21] [24] [31]	Flexão	<i>Rectus abdominis, iliocostalis lumborum, quadratus lumborum, psoas minor, internal obliques</i>	60
<i>Cauda</i>			
[11]	Flexão	<i>Hypaxialis</i>	6,66

Abreviaturas: *Gemelli*: *Gemellus superior* e *gemellus inferior*; *Hamstrings*: *Semimembranosus*, *semitendinosus* e *biceps femoris*; *Iliopsoas*: *Psoas major* e *iliacus*. Referências: Tabela S4.

Dezesseis (51,61%) estudos analisaram apenas ossos, 9 (29,03%) estudos analisaram tanto músculos quanto ossos e 6 (19,35%) estudos analisaram apenas os músculos (Figura 5A). Relativamente à postura de locomoção, o quadrúpede prevaleceu (n=28; 90,32%), seguido pelo bípede (n=7; 22,58%) (Figura 5B). Relativamente ao habitat de locomoção, o terrestre prevaleceu (n=28; 90, 32%), seguido pelo arborícola (n=19; 61,29%), semi aquático (n=3; 9,67%), aquático e fossorial 6,45% (n=2; 6,45% cada) e aéreo (n=1; 3,22%) (Figura 5C). Relativamente ao movimento de locomoção, a caminhada predominou (n=28; 90,32%), seguida pela escalada (n=19; 61,29%), pulo (n=16; 51,61%), corrida (n=10; 32,25%), natação (n=5; 16,12%), trote, galope e escavação (n=2; 6,45% cada). Planar e voar (n=1; 3,22%) cada (Figura 5D).

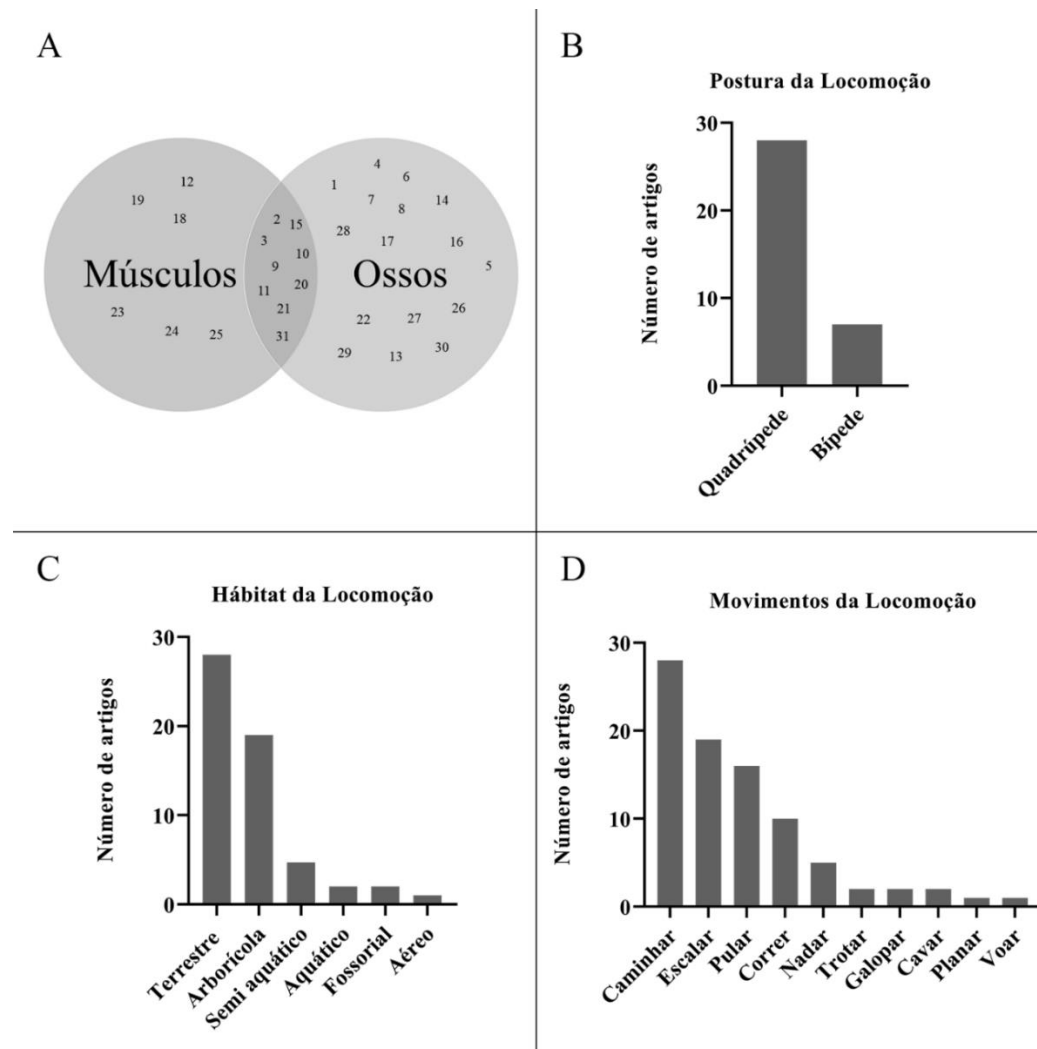


Figura 5. Representação esquemática e gráfica dos artigos que estudaram os músculos, ossos pélvicos e ambos (A) e os tipos de locomoção em relação à (B) postura (C) habitat e (D) movimento por meio da análise dos estudos que avaliaram a anatomia pélvica dos mamíferos. Referências: Tabela S4.

4.4. Características do estudo e locomoção dos animais

Os principais métodos utilizados para avaliar a adaptação dos mamíferos em relação à postura, habitat e movimento, e, conseqüentemente, a sua distribuição e diversidade em todo o mundo, foram os seguintes: 1) *Descrição*: Os ossos da cintura pélvica foram analisados de acordo com o seu tamanho, forma e posição, e por meio da presença e/ou ausência de acidentes ósseos (n=16; 51,61%) e de acordo com a origem e inserção dos músculos nestes acidentes ósseos (n=11; 35,48%). 2) *Morfometria*: Em 51,61% (n=16) estudos foram utilizadas medidas métricas, tais como largura, comprimento, profundidade e diâmetro da cintura pélvica e dos músculos. Em 16,12% (n=5), os parâmetros biomecânicos foram analisados por cálculos de força, torque e arcos de movimento. Por fim, em 6,45% (n=2) dos estudos foi utilizada a cinética do movimento dos ossos e músculos durante a locomoção (Tabela 2).

As principais características morfológicas ósseas e musculares que influenciaram a postura, habitat e movimento são descritas na tabela 2. Para cada postura e modo de locomoção dos mamíferos foram destacadas características gerais da pélvis: 1) *Postura*: Quadrúpede: Ílio longo e estreito, com predominância dos músculos *gluteus (medius/minimus)* no plano frontal, que atuam como abdutores e extensores do fêmur. O músculo *gluteus maximus* atua como abductor do fêmur. Bípede: Ílio curto e largo, espinha ilíaca anterior superior (eias) migra medialmente e inferiormente em relação à articulação do quadril, maior curvatura da crista ilíaca e menor ponta da eias, com a predominância dos músculos *gluteus (medius/minimus)* no plano horizontal, onde atuam na rotação interna da pélvis. O músculo *gluteus maximus* atua como extensor do fêmur. 2) *Movimento*: Escalada: A forma do ílio variou em larga e estreita, deste modo, o padrão morfológico não foi encontrado. Por outro lado, foi relatado que o ílio largo com a eminência iliopúbica (eip) proeminente e a predominância dos músculos epaxiais, aumentam a mobilidade do esqueleto axial. O ísquio comprido e largo com predominância dos músculos *adductor magnus* e *hamstrings (semimembranosus, semitendinosus e biceps femoris)* executam a extensão e adução do fêmur e flexão e extensão da perna. O púbis largo com predominância dos músculos *adductor femoris* aumentam a adução do fêmur. Por fim, o acetábulo raso permite uma maior mobilidade da articulação do quadril. Pulo: Ísquio longo com predominância dos músculos *hamstrings* e *adductor magnus* que atuam, respectivamente, como extensores e adutores do quadril. A eminência iliopúbica proeminente com predominância do músculo *rectus femoris*, promove a extensão da perna. Corrida: Ílio largo, que em alguns casos tem a fossa glútea maior do que a fossa ilíaca, com a predominância dos *gluteus (medius/minimus)* como extensores do fêmur. É também relatado que a espinha ilíaca anterior inferior protuberante com a predominância do músculo *rectus femoris* aumenta a flexão do

fêmur. Ísquio longo e a espinha isquiática (eis) proeminente com a predominância dos músculos *hamstrings* executam a extensão e adução do fêmur e flexão e extensão da perna. Tuberosidade isquiática (tis) e espinha isquiática proeminentes, com predominância do músculo *biceps femoris*, que atua na flexão do joelho. Além disso, o acetábulo profundo restringe os movimentos no plano sagital. Em alguns casos, os músculos menos maciços nos segmentos distais dos membros, diminuem o custo de inércia da aceleração dos membros. Natação: Em mamíferos aquáticos, a pélvis é vestigial, com predominância dos músculos *rectus abdominis* e *hypaxialis*, músculos sem articulação que, juntamente com o esqueleto axial, realizam a flexão da cauda. Em alguns mamíferos semiaquáticos, a extremidade anterior do ílio é desviada lateralmente com a predominância dos *gluteus (medius/minimus)*, que atuam como extensores do fêmur. Trote: Púbis estreito e tuberosidade ilíaca protuberante no ílio, com predominância do músculo *biceps femoris*, que executa a flexão do joelho. Galope: No ílio, crista ilíaca larga com predominância dos músculos *gluteus superficiais, longissimus, iliocostalis* e *quadratus lumborum*, que atuam como extensores do fêmur e aumentam a flexão e extensão da coluna vertebral. Escavar: Ílio largo com predominância dos músculos glúteos, que são flexores. Planar e voar: não estavam relacionados (Tabela 2).

Tabela 2. Descrição dos principais parâmetros metodológicos dos estudos e descrição anatômica da ação da cintura pélvica e dos músculos em relação à postura, habitat e movimento de locomoção em mamíferos.

Referências	Parâmetros	Ordens	Postura	Hábitat	Movimento	Anatomia pélvica	Músculos	Ação
Primatas								
[1] [3] [4] [6] [7][18]	D/M D/M							
[5][25][31] [26][28][30]	D M	<i>Homo</i>	Bi	Te	Ca	Il curto e amplo. Eias migra medialmente e inferiormente ↑Curvatura da ci ↑Inclinação anterior pélvica ↓Ponta da eias	↑ <i>Gluteus maximus</i> ↑ <i>Gluteus (medius/minimus)</i> no plano horizontal	↑Extensão do fêmur ↑Abdução do fêmur ↑Rotação interna da pélvis
		<i>Australopithecus</i>	Bi	Te	Ca	Eias lateralmente à articulação do quadril	↑ <i>Gluteus (medius/minimus)</i> no plano horizontal	↑Abdução do fêmur ↑Rotação interna da pélvis
		<i>Proconsul Pan</i>	Qu Bi/Qu	NE Te/Ar	NE Ca/Es	Il estreito Il longo e estreito Is longo e amplo	NE ↑ <i>Gluteus (medius/minimus)</i> no plano frontal ↑ <i>Quadratus lumborum</i> ↑ <i>Lastissimus dorsi</i> ↓ <i>Erector spine</i> ↑ <i>Gluteus maximus</i>	NE ↑Abdução/Extensão do fêmur ↓Rotação interna da pélvis ↑A coluna espinhal resiste a dobras e torções ↑Estabilização da coluna ↑Extensão do fêmur
		<i>Colobus</i>	Qu	Ar	Es/Pu	Ac raso Is longo	<i>Adductor magnus</i> – pesado ↑ <i>Hamstrings</i> NE <i>Hamstrings</i> - pesado <i>Adductor magnus</i> - grande	↑Adução do fêmur ↑Flexão/Extensão da perna ↑Mobilidade do quadril ↑Flexão/Extensão da perna ↑Adução/Extensão do fêmur
		<i>Macaca Sapajus</i>	Qu Bi/Qu	Te/Ar Ar	Ca/Co/Es NE	Is longo NE	<i>Hamstrings</i> - pesado ↑ <i>Gluteus maximus</i>	↑Flexão/Extensão do fêmur ↑Abdução do fêmur

			<i>Galictis</i>	Qu	Te/Fo	Cavar	Il amplo	↑ <i>Iliocostalis</i> ↑Músculos sublombares	↑Mobilidade do esqueleto axial ↑Controle do movimento da articulação do tornozelo
			<i>Felis</i>	Qu	Te/Ar	Ca/Es	Il amplo	↑ <i>Epaxial muscles</i>	↑Mobilidade do esqueleto axial
			Rodentia						
[27] [23]	D/M								
[29]	D								
[24]	M		<i>Dasyprocta</i>	Qu	Te	Co/Pu	Il amplo Is longo ↑Tis	↑ <i>Gluteus medius</i> ↑ <i>Hamstrings</i> ↑ <i>Biceps femoris</i>	↑Extensão do fêmur ↑Flexão/Extensão da perna ↑Flexão do joelho
			<i>Hydrochoerus</i>	Qu	Te	Ca	Ac profundo Il longo e estreito NE	NE ↑ <i>Adductor brevis</i> ↑ <i>Gracilis</i>	↓Mobilidade do quadril NE ↑Adução/Extensão/Rotação do quadril
			Didelphimorphia						
[9][14]	D								
[17][15]	M		<i>Metachirus</i>	Qu	Te	Co/Pu	Extremidade anterior do flio desviada lateralmente	↑ <i>Hamstrings</i>	↑Flexão/Extensão da perna
							Fgl>Fil ↑Epis Ac profundo, pouco aberto e redondo, extensão da borda dorsal	↑ <i>Gluteus medius</i> ↑ <i>Hamstrings</i> NE	↑Extensão do fêmur ↑Flexão/Extensão da perna ↓Mobilidade do quadril
							Ossos epipúbicos	↑ <i>Pyramidalis</i> ↑ <i>Pectineus</i>	Padrão pareado cruzado
			<i>Caluromys</i>	Qu	Ar	Es	Extremidade anterior do flio reta Fgl<Fil Is	↓ <i>Hamstrings</i> ↓ <i>Gluteus medius</i>	↓Flexão/Extensão da perna
							↑Orientação oblíqua do Is ↓Epis	↑ <i>Quadratus femoris</i> ↑ <i>Abductor</i> ↓ <i>Hamstrings</i>	↑Rotação do fêmur ↑Abdução do fêmur ↓Flexão/Extensão da perna

		<i>Chironectes</i>	Qu	Se	Na	Ac aberto, raso e elíptico Extremidade anterior do flio desviada lateralmente	NE ↑ <i>Gluteus medius</i>	↑Mobilidade do quadril ↑Extensão do fêmur
Diprodontia								
[22]	D/M	<i>Macropus</i>	Bi	Te	Ca/Pu	Is longo Tc estreito	↑ <i>Hamstrings</i> ↑ <i>Gluteus maximus, medius,</i> <i>minimus</i> ↑ <i>Iliacus</i>	↑Flexão/Extensão da perna
		<i>Sthenurus</i>	Bi	Te	Ca	Ossos epipúbicos Is curto Tc amplo	Curtos ↓ <i>Hamstrings</i> ↓ <i>Gluteus maximus, medius,</i> <i>minimus</i> ↓ <i>Iliacus</i>	Reforço do tronco, resiste a torções rotativas ↓Flexão/Extensão da perna
						Osso epipúbico longo e amplo		Reforço do tronco, resiste a torções rotativas
Sparassodonta								
[9][10]	D	<i>Cladosictis</i>	Qu	Te	Ca/Es	Extremidade anterior do flio desviada lateralmente Fgl>Fil ↑Eiai ↑Eip	↑ <i>Gluteus medius</i> ↑Musculatura epaxial ↑ <i>Gluteus medius</i> ↑ <i>Rectus femoris</i> ↑ <i>Psoas minor</i>	↑Extensão do fêmur ↑Extensão do fêmur ↑Extensão da perna ↑Flexão do fêmur
		<i>Ailurus</i> <i>Mayulestes</i>	Qu Qu	Te/Ar Te/Ar	Ca/Es Ca/Es	Ac profundo Ac raso Fgl>Fil Extremidade anterior do flio desviada lateralmente ↓Epis	NE NE ↑ <i>Gluteus medius</i> ↑ <i>Hamstrings</i> ↓ <i>Hamstrings</i>	↓Mobilidade do quadril ↑Mobilidade do quadril ↑Extensão do fêmur ↑Flexão/Extensão da perna ↓Flexão/Extensão da perna
Dasyuromorphia								
[15]	M	<i>Dasyurus</i>	Qu	Te	Ca	Ossos epipúbicos	↑ <i>Pyramidalis</i> ↑ <i>Pectineus</i>	Padrão pareado cruzado

Scadentia								
[8]	D/M	<i>Tupaia</i>	Qu	Te	Co/Ga	Il longo e amplo Ci amplo	↑ <i>Gluteus (medius/minimus)</i> ↑ <i>Gluteus superficialis</i> ↑ <i>Longissimus</i> ↑ <i>Iliocostalis</i> ↑ <i>Quadratus lumborum</i> ↑ <i>Rectus femoris</i> ↓Adutores ↑ <i>Hamstrings</i> NS	↑Extensão do fêmur ↑Extensão do fêmur ↑Flexão/Extensão da coluna ↑Extensão da perna ↓Adução ↑Flexão/Extensão da perna ↓Mobilidade do quadril
		<i>Ptilocercus</i>	Qu	Ar	Es	Il longo e estreito Is curto	↓ <i>Gluteus (mediu/minimus)</i> ↓ <i>Hamstrings</i> ↑ <i>Quadratus femoris</i> ↓ <i>Rectus femoris</i> ↑Adutores NS	↓Extensão do fêmur ↓Flexão/Extensão da perna ↓Extensão da perna ↑Adução ↑Mobilidade do quadril
						↓Eiai Pub longo Ac elíptico		
Artiodactyla								
[19]	M	<i>Rangifer</i>	Qu	Te	Co	NS	↓Músculos maciços nos segmentos distais dos membros	↓Custo de inércia da aceleração dos membros
Cetacea								
[11]	D	<i>Neophocaena</i>	-	Aq	Na	Pélvis vestigial	<i>Rectus abdominis</i> <i>Hypaxialis</i>	↑Flexão da cauda/ Sem articulação com o esqueleto axial
Multituberculata								
[13]	D/M	<i>Catopsbataar Pilosa</i>	Qu	Te	Pu	NE	NE	NE
[16]	M	<i>Choloepus</i>	Qu	Ar	Es	A articulação sacroilíaca é rígida com a coluna vertebral	NE	Impede qualquer movimento da pélvis em relação à coluna vertebral
Paucituberculata								
[17]	M	<i>Paleotheres</i>	Qu	Te	Co/Pu	Is longo ↑Epis ↑Tis ↑Eip	↑ <i>Hamstrings</i> ↑ <i>Rectus femoris</i>	↑Flexão/Extensão da perna ↑Flexão do joelho

						Ac restritivo, oval com extensão da borda dorsal	NS	↓Mobilidade do quadril
		Perameleomorpha						
[9]	D	<i>Perameles</i>	Qu	Te	Pu	NE	NE	NE
		Lagomorpha						
[12]	D/M	<i>Lepus</i>	Qu	Te	Pu	NE	NE	NE
		Chiroptera						
[8]	D/M	<i>Pteropus</i>	-	Ar	Voo	NE	NE	NE
		Dermoptera						
[8]	D/M	<i>Cynocephalus</i>	-	Ar	Pl	NE	NE	NE
		Microbiotheria						
[17]	M	<i>Dromiciops</i>	Qu	Ar	Es	NE	NE	NE
		Plesiadapformes						
[8]	D/M	<i>Plesiadapis</i>	Qu	Ar	Es	NE	NE	NE

Abreviaturas: D: Descritivo; M: Morfométrico; Qu: Quadrúpede; Bi: Bípede; Te: Terrestre; Ar: Arborícola; Se: Semiaquático; Aq: Aquático; Fo: Fossorial; Ca: Caminhada; Es: Escalada; Pu: Pulo; Co: Corrida; Na: Natação; Tr: Trote; Ga: Galope; Pl: Planar; Is: Ísquio; Epis: Espinha isquiática; Tis: Tuberosidade isquiática; Tc: tuber coxal; Il: Ílio; Eias: Espinha ilíaca anterior superior; Eiai: Espinha ilíaca anterior inferior; Fgl: Fossa glútea; Fil: fossa ilíaca; Ci: Crista ilíaca; Eip: Eminência iliopúbica; Pub: Pubis; Sip: Sínfise pélvica; Ac: Acetábulo; *Hamstrings*: *Semimembranosus*, *semitendinosus* e *bíceps femoris*; *Iliopsoas*: *psaos major* e *iliacus*; Aumentado: ↑ Diminuído: ↓; NE: Não especificado. Referências: Tabela S4.

4.5. Viés de relatório

O enviesamento do relatório para domínios estratificados está detalhado na Tabela S5 e resumido na Fig. 6. Nenhum dos estudos cumpriu com todos os critérios metodológicos e a pontuação média de qualidade de todos os estudos analisados foi de $50,00 \pm 15$. Todos os estudos ($n=31$) incluíram a tentativa de escolher o título, o qual foi coerente e contextualizado ao tema abordado. Em resumo, três estudos (9,67%) não apresentaram pontos relevantes da pesquisa, tais como a introdução e os objetivos primários e secundários. A maioria dos artigos ($n=29$; 93,54%) incluíram uma introdução sobre um quadro teórico com informações relevantes, informações sobre a biologia e ecologia dos modelos animais, além de apontar objetivos claros a serem alcançados ($n=24$; 77,41%).

Na maioria dos estudos, a metodologia foi clara, específica e adaptada para cada tipo de estudo ($n=27$; 87,09%). Contudo, poucos estudos relataram a espécie, tamanho, peso e sexo dos modelos animais e não incluíram a declaração de ética. Por outro lado, a maioria dos estudos relatou o número total de animais estudados ($n=28$; 90,32%), forneceu informações sobre o animal controle ($n=18$; 58,06%) e quais análises foram realizadas para cada grupo ($n=26$; 83,87%). Em 18 estudos (58,06%), foram realizadas análises estatísticas que, por sua vez, foram consistentes com os objetivos de cada artigo, adequadas aos modelos animais e exemplificadas de diferentes formas, tais como média e desvio padrão. No entanto, poucos estudos ($n=13$; 41,93%) apresentam as razões para a realização da análise.

A descrição dos resultados foi claramente apresentada em todos os artigos ($n=31$), utilizando textos, tabelas e figuras de boa qualidade. Na discussão de todos os artigos ($n=31$; 100%), os resultados foram interpretados, tendo em conta os objetivos dos estudos e as hipóteses primárias. No entanto, apenas oito estudos (25,80%) comentaram as limitações e inexatidões dos resultados. Apenas 21 estudos (67,74%) correlacionaram a adaptação dos mamíferos a diferentes ambientes ao aspecto evolutivo destes animais, e 15 estudos (48,38%) forneceram uma lista de fontes de financiamento e o papel dos referidos financiadores no estudo (Figura 6; Tabela S5).

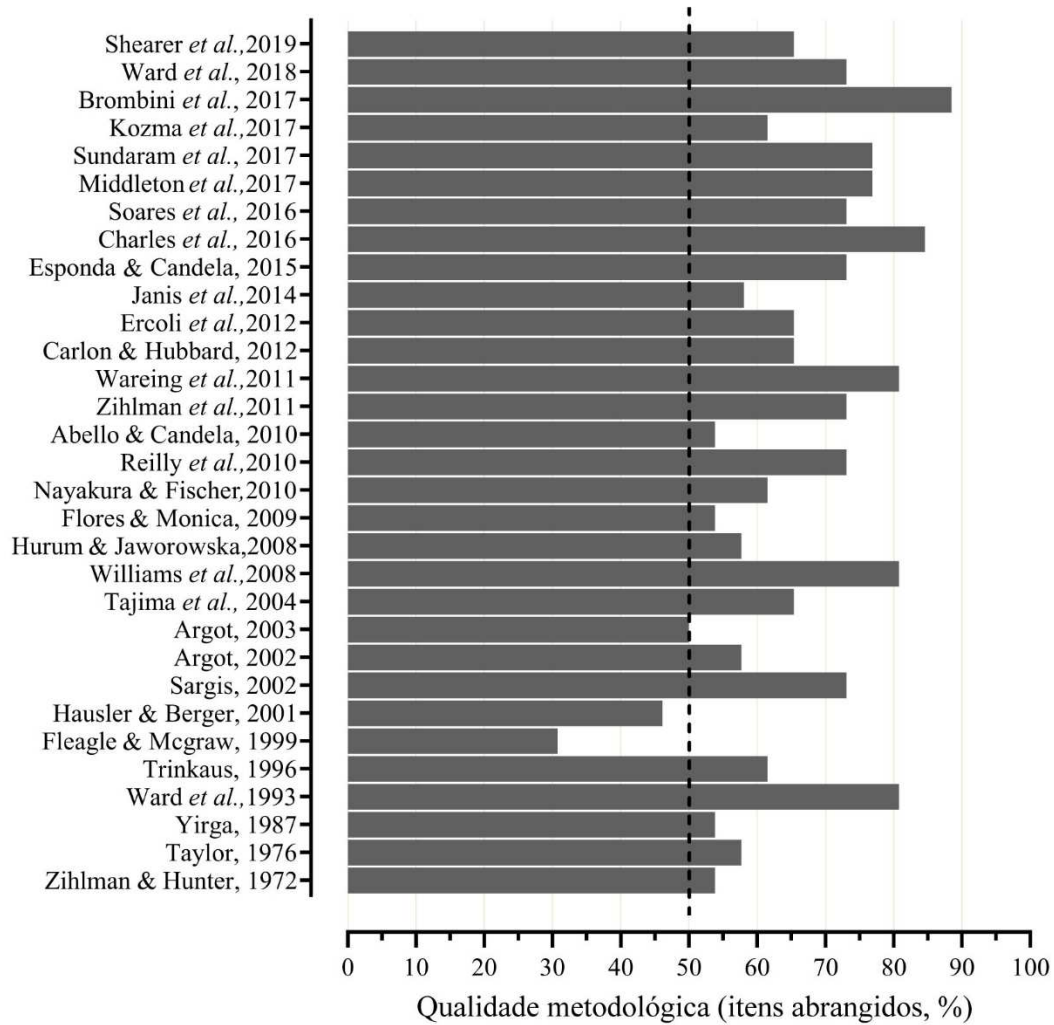


Figura 6. Análise do viés metodológico (qualidade do relatório) para cada estudo incluído na revisão sistemática, de acordo com as diretrizes ARRIVE. A linha pontilhada indica a pontuação média de qualidade (%). A análise detalhada do enviesamento, estratificada por domínios e itens avaliados é apresentada na Tabela S4.

5. DISCUSSÃO

Os nossos resultados indicam que os estudos que investigam a inter-relação da anatomia pélvica entre locomoção, morfologia e adaptação em mamíferos concentraram-se nos Estados Unidos da América, principalmente no *American Journal of Physical Anthropology*, *Plos One* e *Proceedings of the National Academy of Science*. A concentração evidente de estudos em países desenvolvidos era esperada e coerente com o aumento do financiamento para a promoção da pesquisa nestes países (PAVITT, 2001). Esta ocorrência pode também ser explicada pela história da criação da cientometria para avaliar a qualidade das revistas científicas. Este método teve origem nos Estados Unidos nos anos 60 e recebeu notoriedade nas décadas seguintes sendo utilizado como critério para a seleção de cientistas nas universidades americanas. Outra descoberta importante do nosso estudo foi o elevado fator de impacto das revistas agrupadas na área das ciências gerais. Este fato pode ser explicado pelo âmbito das revistas gerais que abrangem as ciências sociais, físicas e biológicas, o que aumenta a sua probabilidade e o seu número médio de citações ao longo do ano (PINTO & ANDRADE, 1999).

Neste contexto, o nosso estudo é pioneiro, uma vez que fornece dados que verificam tendências evolutivas para grupos de mamíferos e ajuda a compreender as principais características da pélvis que auxiliam em cada tipo de locomoção. Além disso, apresentamos os principais parâmetros utilizados para avaliar a adaptação dos mamíferos relativamente ao movimento e, conseqüentemente, a sua distribuição e diversidade em todo o mundo. Utilizando ferramentas de revisão sistemática, foi possível observar que a cintura pélvica é um osso complexo que tem sido estudado ao longo dos anos em diferentes ramos da ciência, tais como Morfofisiologia, Zoologia e Paleozoologia. Os primeiros estudos foram realizados por Zilhman e Hunter (1972) e o mais recente por Shearer *et al.* (2019). Este fato demonstra o interesse pela compreensão da funcionalidade desta estrutura e de como esta se alterou ao longo da evolução e adaptação dos mamíferos em diferentes substratos.

Em geral, dada a grande variedade de mamíferos no mundo, poucas ordens têm sido estudadas. Este fato pode ser explicado pela diversidade morfológica, fisiológica, comportamental e de habitat da classe Mammalia, o que reflete a dificuldade de amostragem, captura e manutenção de animais selvagens. Em muitos casos, requer metodologias específicas para cada grupo (MENDES-OLIVEIRA & MIRANDA, 2015). A ordem dos primatas está entre os modelos animais mais encontrados nos trabalhos pesquisados, o que sugere uma maior procura dos seres humanos por compreender as características que os diferenciam dos outros primatas e o que os tornam bípedes.

Apesar destas limitações metodológicas, foram identificados elementos semelhantes de concepção experimental, que contribuíram para a confiabilidade e reprodutibilidade dos resultados. Por exemplo, os principais parâmetros utilizados nos estudos da cintura pélvica dos mamíferos foram a descrição anatômica e a morfometria. No entanto, poucos deles analisaram a cinemática da locomoção. De acordo com Vieira e Delciellos (2012), a abordagem ecomorfológica tradicional procura correlações simples entre variáveis ambientais e morfológicas, com as limitações de interpretar um conjunto muito grande de dados e elaborar hipóteses de causa e efeito. Ao longo dos anos, a nova abordagem ecomorfológica consistiu em acrescentar medidas de desempenho, tais como velocidade de movimento, tempo de passada e ventilação, ou seja, a capacidade máxima de um organismo em realizar uma determinada atividade (VIEIRA & DELCIELLOS, 2012), com limitações orçamentárias para o equipamento, aprovação do comitê de ética, captura de animais no terreno, além da sua manutenção em laboratório e em cativeiro (VIEIRA & DELCIELLOS, 2012). Assim, os nossos resultados indicam que a descrição e a análise morfométrica são ferramentas facilmente ajustáveis, que permitem um ambiente mais adequado para projetos experimentais, e, portanto, a reprodutibilidade dos estudos com mamíferos.

Menos de metade dos estudos realizaram análise descritiva associada à análise morfométrica, o que pode ser considerado um viés metodológico, uma vez que tais técnicas são complementares e fornecem variáveis com maior precisão e confiabilidade (ZELDICH *et al.*, 2004). Além disso, esta revisão sistemática compila apenas dois estudos por morfometria geométrica, o que demonstra que a morfometria linear e tradicional é um ramo ainda amplamente utilizado na investigação científica para a diferenciação de espécies (ZELDICH *et al.*, 2004). Esta informação também pode ser explicada devido ao ano da criação destes métodos quantitativos. De acordo com o estudo supracitado, o termo morfometria foi postulado nos anos 60 e refere-se a estudos quantitativos sobre a variação do tamanho e forma dos organismos através de medições lineares. Apenas duas décadas mais tarde, foi criado o termo "morfometria geométrica", uma técnica que aparece em estudos de marcos anatômicos (*landmarks*) (ZELDICH *et al.*, 2004). Deve-se notar, no entanto, que a maioria dos trabalhos estudou a pélvis completa, ou seja, todos os ossos, o que é interessante, dada a interligação funcional das estruturas. Em estudos comparativos, o recolhimento de dados de estruturas completas favorece uma melhor descrição anatômica, com um conjunto maior de dados, medidas específicas e padronizadas, orientando assim o reconhecimento de diferentes espécies, bem como as suas características de locomoção e adaptação (CHEN & MANTILLA, 2015).

Os nossos resultados indicam que apenas 16,13% (n=5) dos estudos realizaram análises filogenéticas com caracteres anatômicos da cintura pélvica. Esta informação pode ser explicada pelo ano em que estes estudos foram realizados. Segundo Gaudioso *et al.* (2017) os estudos anatômicos do esqueleto pós-craniano dos mamíferos tiveram origem no século XVIII, mas apenas dois séculos mais tarde, os caracteres anatômicos começaram a ser utilizados para fins filogenéticos e evolutivos. Os novos estudos trouxeram informações fundamentais sobre a compressão morfofuncional do esqueleto, a relação filogenética dos grupos, evolução e identificação taxonômica (GAUDIOSO *et al.*, 2017). É necessário enfatizar a relação entre morfologia esquelética, capacidade locomotora, adaptação a diferentes ambientes (terrestre, arborícola, aquático, fossorial e outros) e o sucesso evolutivo dos mamíferos na seleção natural (FERRAZ, 2011). Estudos de comportamento animal indicam que os animais têm padrões modais de ação, que são comportamentos inatos que permitem aos indivíduos adaptarem-se ao ambiente e que interagem com influências ambientais, tais como a aprendizagem e desenvolvimento muscular e neural. As categorias comportamentais incluem locomoção, forrageio, termorregulação, abrigos, anti-predação, comportamento social e capacidade de se defenderem. Juntos, permitem a sobrevivência e reprodução de espécies no ambiente (FERRAZ, 2011). Portanto, são necessários mais estudos filogenéticos sobre a relação morfofuncional da pélvis para compreender melhor a sua associação com o esqueleto e o sistema muscular, que foram importantes para o sucesso evolutivo dos mamíferos.

Nas nossas descobertas, ficou claro que alguns artigos estudaram apenas fragmentos ósseos isolados de sítios paleontológicos. Além disso, embora a maioria dos estudos tenha sido realizada com animais vivos, nove estudos focaram na relação entre espécimes vivos e fósseis. Este pequeno número pode estar relacionado à deterioração do material original e à dificuldade de encontrar estruturas anatômicas completas e preservadas, devido ao processo de fossilização (BISULCA *et al.*, 2012). Portanto, apesar das limitações apresentadas por este tipo de estudo comparativo, a paleontologia é um ramo da ciência de grande importância para a compreensão do passado e das possíveis mudanças que ocorreram ao longo do processo evolutivo. Além disso, em conjunto, estes estudos tornaram-se um instrumento importante para a compreensão dos processos de adaptação e evolução das espécies estudadas (KURATANI, 2010).

Os nossos resultados também demonstram que poucos estudos analisaram os músculos e ossos em conjunto, a maioria dos estudos analisou apenas os ossos da pélvis. Estes resultados possivelmente justificam a elevada heterogeneidade apresentada pelos estudos individuais e uma reflexão direta sobre a qualidade das pesquisas, uma vez que para compreender os

mecanismos de locomoção e, conseqüentemente, a adaptação de diferentes espécies é necessário estudar e compreender a anatomia como um todo. Associado a isto, não podemos deixar de enfatizar que o desempenho dos músculos depende de fatores relevantes, incluindo a área de origem e inserção e morfologia óssea (SCHEIBE & ESSNER, 2000). Um exemplo típico é o ílio, um osso largo com uma grande fossa glútea, que permite a inserção do músculo glúteo e, portanto, uma maior atuação do referido músculo, o que aumenta a gama de capacidades locomotoras (SCHEIBE & ESSNER, 2000). Assim, descobrimos que o ílio foi o osso mais estudado para elucidar estes aspectos da locomoção, seguido do ísquio.

O ílio é um osso achatado, que compõe a maior parte do osso do quadril e articula-se com o sacro. É formado por uma extensão craniana, ou asa, que em certos pontos é formada por saliências, tais como cristas e espinhas, além de fossas que servem como fonte de inserção para músculos (DYCE *et al.*, 2010). Este osso sofreu modificações importantes juntamente com a evolução da classe Mammalia, incluindo o seu alongamento, separado por superfícies glúteas e ilíacas e expansão da placa ilíaca (ROSE, 2006). Os nossos resultados demonstram que a biomecânica das reconstruções do ílio foi a técnica melhor utilizada para a compreensão da evolução da locomoção nos gêneros *Australopithecus* e *Homo*. Além disso, os principais músculos envolvidos na postura bípede foram o do complexo *gluteus (medius/minimus)*, que atuam na rotação (interna e lateral) e abdução da pélvis e estão inseridos na espinha ilíaca anterior superior deste osso. No aspecto evolutivo do bipedalismo, estas características do ílio estiveram estreitamente ligadas às especializações dos membros posteriores, em adição às mudanças comportamentais da sociedade humana, uma vez que quando uma espécie não se move sobre os quatro membros, os dois membros anteriores estão livres para explorar o ambiente, ajudando na utilização de ferramentas e também na recolha de alimentos em movimento (PROST, 1980).

A eminência iliopúbica foi o acidente ósseo mais estudado do ílio. Os músculos *iliopsoas* e *psoas minor*, que estão inseridos nesta região, trabalham na flexão e articulação da pélvis. Segundo Flores (2009), esta estrutura está presente em mamíferos terrestres e arborícolas, tanto em espécies viventes quanto em fósseis, ajudando principalmente no movimento de saltos. Embora este acidente ósseo seja o mais relatado, os músculos inseridos não se encontram entre os mais citados pelos artigos. Este fato realça a escassez de estudos que analisem os ossos e os músculos em conjunto, um fato que ajudaria a uma melhor compreensão da locomoção.

O ísquio, por outro lado, é um osso plano, composto por uma placa horizontal que se estende cranialmente através de ramos. Esta placa é formada por acidentes ósseos que, de acordo com o tamanho e forma, servem para inserção muscular e atuam na locomoção dos mamíferos

(DYCE *et al.*, 2010). Ao longo da evolução dos mamíferos, a pélvis sofreu modificações que incluíram a redução e reorientação do ísquio, distribuindo o peso corporal pelos membros e, conseqüentemente, reduzindo o peso suportado pela cintura pélvica (ROSE, 2006). As alterações mais comuns encontradas neste osso foram na região da tuberosidade isquiática. Esta tuberosidade presente na região dorsal do osso serve de inserção para os músculos *biceps femoris*, *semimembranosus* e *semitendinosus*, que atuam como flexores e ajudam nos modos de locomoção: trote, escalada e saltos. Sugere-se que a proeminência desta tuberosidade isquiática é relevante para o melhor desempenho destes músculos, tal como é relatado para roedores terrestres e espécies marsupiais que se movem ao longo da corrida (SCHEIBE & ESSNER, 2000). Por outro lado, poucos estudos investigaram a incisura isquiática maior. Esta incisura situa-se entre a incisura isquiática menor e a espinha isquiática. Não há relatos de músculos que atuem na locomoção, que estejam inseridos ou tenham como origem esta estrutura (PALMER, 1997). Contudo, o desenvolvimento e profundidade deste acidente ósseo foram relatados como úteis para compreender as alterações morfológicas da pélvis em homínídeos e alguns roedores (OLUDE *et al.*, 2012; VACCA *et al.*, 2012).

Os nossos resultados demonstram que a locomoção por meio da escalada é caracterizada por uma pélvis larga e alongada, eminência iliopúbica proeminente, e acetábulo raso, com a predominância dos músculos *adductor magnus* e *hamstrings* que realizam a extensão, flexão e adução do fêmur. Uma grande área dos ossos permite uma maior origem dos músculos extensores e adutores, e o acetábulo raso permite uma maior mobilidade do quadril, características importantes para a locomoção em superfícies irregulares e com obstáculos, como no ambiente arborícola (VIEIRA & DELCIELLOS, 2012). Por outro lado, os nossos resultados não identificaram características únicas da pélvis de um mamífero escansorial. Estes resultados corroboram com achados de mamíferos silvestres que podem passar toda a sua vida em árvores, enquanto outros são escaladores ocasionais, o que dificulta a identificação das características universais (POLLY, 2007).

Nesta revisão, demonstramos os saltos como modo de locomoção, no caso de primatas e marsupiais, é possível devido a um ísquio longo e proeminência da eminência iliopúbica no ílio. Estas características permitem a origem dos músculos *hamstrings*, *adductor longus* e *rectus femoris*, que atuam na adução e extensão do quadril e extensão da perna. Ligados às características da pélvis, os saltadores utilizam os seus membros posteriores longos para propulsão, suporte de peso e manobra, que em alguns casos requerem a utilização da sua cauda como "pé de três patas" para proporcionar estabilidade e ajuste na direção do movimento (POLLY, 2007). Segundo Hildebrand e Goslow (1988), o ambiente terrestre da floresta difere

entre grandes e pequenos mamíferos cursoriais. Para estes últimos, é mais sinuoso e tem mais obstáculos. Assim, a característica evolutiva, tal como a capacidade de saltar em pequenos mamíferos cursoriais, foi essencial para o desvio dos predadores, a procura de alimentos e parceiros sexuais, e, assim, a sua sobrevivência no ambiente e a perpetuação da espécie (FERRAZ, 2011).

Os nossos resultados revelam que o modo de locomoção de trote esteve relacionado com *Ichneumia* e *Civettictis*, ambos da ordem Carnivora. Estas espécies apresentaram o pubis estreito e uma tuberosidade isquiática protuberante com predominância do músculo *biceps femoris*, que realiza a flexão do joelho. De acordo com Taylor (1970), nas espécies maiores de viverrídeos de savana, este modo de locomoção é comum e possivelmente relacionado com territórios de alimentação maiores. O comportamento de forrageiro é quase todo o tempo passado acima do solo dedicado à procura de alimentos, durante o qual o viverrídeo zigzagueia num trote, cobrindo toda a área de moradia à noite e consumindo insetos. Normalmente move-se rapidamente e num galope de emergência, numa tentativa de escapar de predadores (ESTES, 1992). No aspecto evolutivo, a anatomia pélvica ligada à morfologia esquelética está intimamente relacionada com o comportamento de forrageiro do animal e fuga dos predadores em Carnivora e, portanto, com o seu sucesso adaptativo no ambiente.

Além disso, a nossa revisão demonstra que a corrida foi o modo de locomoção estudado na maioria das ordens de mamíferos viventes, como em ungulados, carnívoros, marsupiais e roedores, bem como em espécies fósseis (*Paleothentes*). Estes animais apresentaram como características da pélvis o ílio largo, o ísquio longo, com acidentes ósseos proeminentes e o acetábulo profundo. O ílio largo permite uma maior área de inserção para os músculos extensores do fêmur, os acidentes ósseos proeminentes permitem uma maior área de inserção dos músculos *hamstrings*, *psaos minor* e *rectus femoris*, os quais, além de extensores do fêmur, atuam na adução e flexão do quadril. Por sua vez, o acetábulo profundo restringe os movimentos do quadril para o plano sagital, o que é importante na corrida terrestre. Segundo Jekins e Camazine (1977), a pélvis e o fêmur são organizados para maximizar o movimento parasagital, o que é evidenciado na natureza cilíndrica do acetábulo e na orientação horizontal do colo femoral. Ligadas a isto estão as características dos membros anteriores e posteriores, que normalmente são longos e com articulações que permitem apenas movimentos parasagitais (POLLY, 2007). Relativamente à seleção natural, este modo de locomoção pode ter evoluído juntamente com a velocidade necessária para a fuga de predadores e caça eficaz de presas (JANIS & WILHELM, 1993) e, na seleção artificial, esteve ligado à aspiração do homem por animais mais eficientes para atividades de caça, além de fins de entretenimento, tais como

competições (PASI & CARRIER, 2003). Assim, as alterações anatômicas indicam que, embora pertencentes a ordens diferentes, estes corredores terrestres partilham de padrões anatômicos da pélvis que permitem altas velocidades e vantagens no seu habitat, que foram mantidas durante o processo de diversificação dos mamíferos.

Os nossos resultados demonstram que o galope, como modo de locomoção, esteve relacionado com a *Tupaia* (ordem Scandentia). Este animal apresenta a pélvis com uma crista ilíaca larga e com inserção predominante de músculos glúteos (*superficialis*, *longissimus* e *iliocostalis*) e *quadratus lumborum*, que atuam como extensores do fêmur e aumentam a flexão e extensão da coluna vertebral. De acordo com Sargis (2001), a potente flexão e extensão da coluna vertebral em tupaia é importante para a corrida terrestre, uma vez que ao aumentarem o comprimento da passada, aumentam a velocidade do movimento. Resultados semelhantes foram encontrados por Alexander (1988) para chitas e galgos, nos quais a pélvis está estritamente relacionada com um dorso flexível e, portanto, ao movimento de galope. Por outro lado, estudos revelam que, em *Dasyprocta* (ordem Rodentia) e em ungulados, este modo de locomoção requer principalmente a utilização dos membros anteriores, enquanto que a coluna vertebral permanece rígida (GANBARYAN, 1974; ESPONDA & CANDELA, 2010). Estes fatos podem ser explicados pelas várias capacidades locomotoras observadas nos mamíferos que atuam em sincronia durante os movimentos de corrida e galope, assim como pela anatomia da coluna vertebral, tal como a do processo transversal lombar (SARGIS, 2001; GALIS *et al.*, 2014). Relativamente à evolução, a alta velocidade durante a corrida e galope é importante para escapar dos predadores (WILLIAMS *et al.*, 2007). A este respeito, os nossos resultados mostram como a anatomia pélvica atua em sinergia com os demais ossos do esqueleto e são importantes para compreender os diferentes tipos de locomoção em mamíferos. Deve-se destacar, portanto, a importância da investigação sobre características anatômicas pélvicas que fazem parte do repertório locomotor das ordens de mamíferos e, que são importantes para determinar as características herdadas ao longo da evolução.

Os nossos resultados revelam que em mamíferos aquáticos nadadores, tais como golfinhos, *Neophocaena* (ordem Cetacea), a pélvis é vestigial, sem articulação com o esqueleto axial, com predominância do *rectus abdominis* e três ramos de músculos de locomoção referidos como *hypaxialis* que atuam na flexão da cauda. Estas descobertas corroboram com as relatadas por Lopes e Gutstein (2004), que observaram a pélvis vestigial com a predominância dos músculos *hypaxialis* nos golfinhos do gênero *Tursiops*, *Sotalia* e *Pontoporia*. Esta cintura pélvica reduzida também foi relatada em cetáceos fósseis (THEWISSEN & FISH 1997; LEARY & UHEN, 1999). Nestes animais, as alterações morfológicas mais importantes na pélvis foram

encontradas na redução do ílio, devido à perda da ligação com a coluna vertebral, e à redução da musculatura do fêmur, o que indica a transição entre o meio aquático e o terrestre (BEJDER & HALL, 2002; SIMÕES-LOPES & GUTSTEIN, 2004).

Nas nossas descobertas, no marsupial semiaquático, *Chironectes minimus* (ordem Didelphimorphia), a extremidade anterior do ílio é desviada lateralmente, com predominância dos músculos *gluteus (medius/minimus)*, que atuam em movimentos rápidos e como extensores do fêmur, características necessárias para o pontapé das pernas traseiras durante a natação. Por outro lado, na foca (*Phoca sp.*) e em outros carnívoros marinhos, o ílio é curto e a extremidade anterior é desviada lateralmente, mas os músculos glúteos são menos desenvolvidos, e os movimentos laterais da coluna vertebral na natação estão associados à predominância de músculos *iliocostalis* bem desenvolvidos. A extensão do fêmur está associada a um ísquio longo e aos músculos *hamstrings* que são fortes e tem braços de momento longos dando assim mais força à custa da velocidade, uma característica importante no início do movimento (MAYNARD & SAVAGE, 1956; RYBCZYNSKI *et al.*, 2009). Segundo pesquisadores, entre os mamíferos, a transição terra-mar ocorreu várias vezes, variando na reprodução, alimentação e locomoção (RYBCZYNSKI *et al.*, 2009). Assim, os nossos resultados corroboram com a literatura e salientam a importância das diferentes morfologias da cintura pélvica e funções musculares que permitiram nadar no ambiente aquático, em mamíferos de diferentes linhagens ao longo da evolução.

Os nossos resultados revelam que os mamíferos escavadores, *Helogale* e *Galictis* (ordem Carnivora), apresentaram características da pélvis como o ílio largo com predominância dos músculos glúteos, que são flexores do fêmur, e o *iliocostalis* inserido na coluna vertebral, características importantes no movimento de escavação. Ligadas a isto estão as características do pós-crânio, como membros anteriores pronunciados e com força de extensão (POLLY, 2007). Estudos realizados com roedores fossoriais, como ratos toupeiras (*Heterocephalus sp.*), zokors (*Myospalax sp.*; *Eospalax sp.*) e tucos-tucos (*Ctenomys sp.*), revelaram que estes animais têm uma pélvis reduzida, adaptação que lhes permitem locomover dentro dos limites estreitos de uma toca (PATTON & CAMERON, 2000). Relativamente ao aspecto evolutivo, viver abaixo do solo é eficaz para escapar dos predadores e procurar alimentos acessíveis (KARDONG, 2012). Por outro lado, os nossos resultados não mostram a forma da anatomia pélvica utilizada para os mamíferos planadores e voadores, o que demonstra a importância da investigação anatômica nas ordens de mamíferos para compreender o processo evolutivo como um todo.

Embora as pontuações individuais de enviesamento fossem variáveis, não apresentaram uma influência temporal (ano de publicação). Esta constatação indica que o enviesamento foi sistematicamente reproduzido através do processo de investigação, independentemente dos notórios avanços nos métodos de análise anatômica. No nosso estudo, alguns artigos não forneceram informações relevantes para a identificação dos espécimes, tais como espécies, sexo, idade e o número de espécimes. Dada a importância desta estrutura óssea, tais dados tornam-se extremamente relevantes, uma vez que pode haver alterações no tamanho e forma entre machos e fêmeas de diferentes grupos etários, além de ser uma característica individual.

6. CONCLUSÕES

Nesta revisão, demonstramos que o ílio e o ísquio são os ossos mais relatados nos artigos e componentes importantes para a compreensão morfofuncional do esqueleto e conhecimento sobre os tipos de locomoção dos mamíferos. Além disso, a tuberosidade isquiática e a eminência iliopúbica são os acidentes ósseos mais relatados nos artigos. Em geral, estes acidentes estão associados a músculos, mas a maioria dos estudos não apontaram esta associação. Além disso, a falta de informação sobre modelos animais, tais como origem, peso, sexo e idade, dificultam a compreensão do papel ecológico dos animais ligado ao aspecto morfológico pélvico e à reprodutibilidade dos estudos. Além disso, poucos estudos realizaram análises filogenéticas com caracteres da cintura pélvica. Por outro lado, os estudos que relataram osso, músculo e biomecânica são poucos, mas foram os mais completos para a compreensão da adaptação e evolução das espécies. A evidência atual indica que a reorientação da espinha ilíaca anterior superior com predominância dos músculos glúteos atuando na abdução, rotação interna e lateral da pélvis, atuou na evolução da postura bípede em mamíferos. Em geral, a pélvis larga e longa com proeminência de acidentes ósseos permite uma origem e inserção para músculos adutores, abdutores, flexores e extensores do quadril e flexores da coluna vertebral, o que permite adaptações para saltar, correr, escalar, galopar, nadar, escavar ou trotar. Por outro lado, em mamíferos estritamente aquáticos, a pélvis é reduzida e a coluna vertebral é flexionada pelos músculos *rectus abdominis* e *hypaxialis*. Portanto, a morfologia da cintura pélvica, juntamente com músculos fortes e rápidos, tem vantagens mecânicas na adaptação dos mamíferos em diferentes habitats ao longo da evolução. Esperamos que os nossos resultados e análises críticas sejam utilizados para orientar mais estudos e expandir o conhecimento atual sobre a cintura pélvica dos mamíferos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELLO, M.A.; CANDELA, A.M. Postcranial skeleton of the Miocene Marsupial *Palaeothentes* (Paucituberculata, Palaeothentidae): Paleobiology and phylogeny. **Journal of Vertebrate Paleontology**, University of Oklahoma, v.30., n.5, 1515-1527, September, 2010. Doi: 10.1080/02724634.2010.501437.
- ALEXANDER, R.M. Why Mammals Gallop 1. **American Zoologist**, Oxford University Press, v.28., n.1, 237-245, February, 1988. Doi: 10.1093/icb/28.1.237.
- AMORIM, D.S. Fundamentos de sistemática filogenética. Ribeirão Preto: Holos, 2002.
- ANTEN-HOUSTON, M.V.; RUTA, M.; DEEMING, D.C. Effects of phylogeny and locomotor style on the allometry of body mass and pelvic dimensions in birds. **Journal of Anatomy**, Blackwell Publishing, v.231, n.3., 342-358, September, 2017. Doi: 10.1111/joa.12647.
- ARGOT, C. Evolution of South American mammalian predators (Borhyaenoidea): anatomical and palaeobiological implications. **Zoological Journal of the Linnean Society**, Oxford University Press, n.140, 487-521, 2004.
- ARGOT, C. Functional, adaptive analysis of the hindlimb anatomy of extant marsupials and the paleobiology of the Paleocene marsupials *Mayulestes ferox* and *Pucadelphys andinus*. **Journal of Morphology**, Wiley Periodicals, v.253, n.1., 76-108, June, 2002. Doi: 10.1002/jmor.1114.
- ARGOT, C. Postcranial functional adaptations in the South American miocene borhyaenoids (Mammalia, Metatheria): *Cladosictis*, *Pseudonotictis* and *Sipalocyon*. **Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology**, v.27, n.4., 303-356, December, 2003. Doi: 10.1080/03115510308619110.
- BECKER, I.; WOODLEY, S.J.; STRINGER, M.D. The adult human pubic symphysis: A systematic review. **Journal of Anatomy**, Blackwell Publishing, v.217, n.5., 457-487, September, 2010. Doi: 10.1111/j.1469-7580.2010.01300. x.
- BEJDER, L.; HALL, B.K. Limbs in whales and limblessness in other vertebrates: Mechanisms of evolutionary and developmental transformation and loss. **Evolution & Development**, Wiley-Blackwell, v.4., n.6, 445-458, October, 2002.
- BENTON, M. **Vertebrate palaeontology**. 3^a ed. Bristol: Wiley-Blackwell, 2005.
- BISULCA, C. *et al.* Variation in the Deterioration of Fossil Resins and Implications for the Conservation of Fossils in Amber. **American Museum Novitates**, American Museum of Natural History, v.0, n.3734, 1-19, February, 2012. Doi: 10.1206/3734.2.
- BROMBINI, G.C. *et al.* Radiological and osteological study of the pelvic limbs in free-ranging capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). **Anatomia, Histologia, Embryologia**, v.47, n.3, 239-249, January, 2018. Doi:10.1111/ahe.12349.

CARLON, B.; HUBBARD, C. Hip and Thigh Anatomy of the Clouded Leopard (*Neofelis nebulosa*) with Comparisons to the Domestic Cat (*Felis catus*). **The Anatomical Record**, John Wiley & Sons, v.295, n.4, 577-589, January 2012. Doi: 10.1002/ar.22418.

CARRANO, M.T.; HUTCHINSON, J.R. Pelvic and Hindlimb Musculature of *Tyrannosaurus rex* (Dinosauria: Theropoda). **Journal of Morphology**, Wiley Periodicals, v.253, n.2, 207-228, August, 2002. Doi: 10.1002/jmor.10018.

CHARLES, J. P. *et al.* Muscle moment arms and sensitivity analysis of a mouse hindlimb musculoskeletal model. **Journal of Anatomy**, Blackwell Publishing, v.229, n.4, 514-535, May, 2016. Doi: 10.1111/joa.12461.

CHEN, M.; MANTILLA, G.P.W. A multivariate approach to infer locomotor modes in Mesozoic mammals. **Paleobiology**, Cambridge University Press, v.41, n.2, 1-33, February, 2015. Doi: 10.1017/pab.2014.14.

COOMBS, W.P. Osteology and myology of the hindlimb in the Ankylosauria (Reptilia, Ornithischia). **Journal of Paleontology**, Paleontological Society, v.53, n.3, 666-684, May, 1979.

COSTA, F.R.; ROCHA-BARBOSA, O.; KELLNER, A.W. A. A biomechanical approach on the optimal stance of *Anhanguera piscator* (Pterodactyloidea) and its implications for pterosaur gait on land. **Historical Biology**, Taylor & Francis, v.26, n.5, 1-9, July, 2014. Doi: 10.1080/08912963.2013.807253.

COUTINHO, L.C; OLIVEIRA, J.A.; PESSÔA, L.M. Morphological Variation in the Appendicular Skeleton of Atlantic Forest Sigmodontine Rodents. **Journal of Morphology**, Wiley Periodicals, v. 274, n.7, June, 2013. Doi: 10.1002/jmor.20134

COUTO, P.C. **Tratado de Paleomastozoologia**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 1979.

DILKES, D.W. (2003). An ontogenetic perspective on locomotion in the Late Cretaceous dinosaur *Maiasaura peeblesorum* (Ornithischia: Hadrosauridae). **Canadian Journal of Earth Sciences**, NRC Research Press, v.38, n.8, 1205-1227, July, 2001. Doi:10.1139/cjes-38-8-1205.

DYCE, K.M.; WENSING, C.J.G.; SACK, W.O. **Tratado de Anatomia Veterinária**. 4^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

ERCOLI, M.D. *et al.* The Functional and Phylogenetic Implications of the Myology of the Lumbar Region, Tail, and Hind Limbs of the Lesser Grison (*Galictis cuja*). **Journal of Mammalian Evolution**, Springer, v.20, n.4, 309-336, October, 2012. Doi: 10.1007/s10914-012-9219-9.

ESPONDA, C. M.G.; CANDELA, A.M. The hip adductor muscle group in caviomorph rodents: Anatomy and homology. **Zoology**, Elsevier, v.118, n.3, 203-212, March, 2015. Doi: 10.1016/j.zool.2014.12.006.

ESPONDA, C.M.G.; CANDELA, A.M. Anatomy of the hindlimb musculature in the cursorial caviomorph *Dasyprocta azarae* Lichtenstein, 1823 (Rodentia, Dasyproctidae):

functional and evolutionary significance. **Mammalia**, De Gruyter, v.74, n.4, 407-422, November, 2010. Doi: 10.1515/MAMM.2010.042.

ESTES, R.D. The Behavior Guide to African Mammals: Including Hoofed Mammals, Carnivores, Primates. **Journal of Mammalogy**, Oxford University Press, v.73, n.1, 223-224, February, 1992.

EVANS, H.E. **Miller's Anatomy of the Dog**. 3^a ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1993.

FARMER, C.G.; CARRIER, D. R. Pelvic Aspiration in the American Alligator (*Alligator Mississippiensis*). **Journal of Experimental Biology**, The Company of Biologists, v.203, n.11, 1679-1687, June, 2000.

FERRAZ, M.R. Padrões Modais de Comportamento. **Manual de Comportamento Animal**. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2011.

FLEAGLE, J.G.; MCGRAW, W.S. Skeletal and dental morphology supports diphyletic origin of baboons and mandrills. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, National Academy of Sciences, v.96, n.3, 1157-1161, February, 1999. Doi: 10.1073/pnas.96.3.1157.

FLEISCHMANN, N.B.; NITTI, V.W. Pelvic floor reconstruction: State-of-the-art and beyond. **Urologic Clinics of North America**, Elsevier, v.31, n.4, 757-767, November, 2004. Doi: 10.1016/j.ucl.2004.06.012.

FLORES, D.A. Phylogenetic Analyses of Postcranial Skeletal Morphology in Didelphid Marsupials. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, American Museum of Natural History, n.320, 1-81, March, 2009. Doi: 10.1206/320.1.

FLORES, D.A.; DÍAZ, M.M. Postcranial Skeleton of *Glironia venusta* (Didelphimorphia, Didelphidae, Caluromyinae): Description and Functional Morphology. **Zoosystematics and Evolution**, Natural History Museum, v.85, n.2, 311-339, August, 2009. Doi: 10.1002/zoos.200900009.

FLOWER, W.H. Osteology of the Mammalia. **Nature**, Nature Research, v.3, n.65, 251-253, December, 1870. Doi:10.1038/003251a0.

GALIS, F. *et al.* Fast running restricts evolutionary change of the vertebral column in mammals. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, National Academy of Sciences, v.11, n.31, 1-6, July, 2014. Doi: 10.1073/pnas.1401392111.

GAMBARYAN, P.P; GAMBARYAN, P.R. **How mammals run: Anatomical adaptations**. HARDIN, H (trad.). Michigan: Wiley, 1974.

GAUDIOSO, P.J.; DÍAZ, M.M.; BARQUEZ, R.M. Morphology of the axial skeleton of seven bat genera (Chiroptera: Phyllostomidae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências, ABC**, v.89, n.3, 2341-2358, October, 2017. Doi: 10.1590/0001-3765201720170076.

GRUSS, L.T.; SCHMITT, D. The evolution of the human pelvis: Changing adaptations to bipedalism, obstetrics and thermoregulation. **Philosophical Transactions of the Royal**

Society B: Biological Sciences, Royal Society, v.370, n.1663, 1-13, March, 2015. Doi: 10.1098/rstb.2014.0063.

HAUSLER, M.; BERGER, L. Stw 411/465: A new fragmentary ilium of a small-bodied *Australopithecus africanus* from Sterkfontein, South Africa. **Journal of Human Evolution**, Elsevier, v.40, n.5, 411–417, June, 2001. Doi: 10.1006/jhev.2001.0465.

HILDEBRAND, M. **Analysis of Vertebrate Structure**. 5^a ed. New York: John Wiley & Sons, 2001.

HOGERVORST, T.; BOUMA, H.W.; DE VOS, J. Evolution of the hip and pelvis. **Acta Orthopaedica**, Nordic Orthopaedic Federation, v.80, n.336, 1-39, August, 2009. Doi: 10.1080/17453690610046620.

HURUM, J.H.; KIELAN-JAWOROWSKA, Z. Postcranial skeleton of a cretaceous multituberculate mammal *Catopsbaatar*. **Acta Palaeontologica Polonica**, Polish Academy of Sciences, v.53, n.4, 545–566, January, 2008. Doi: 10.4202/app.2008.0401.

JANIS, C.M.; BUTTRILL, K.; FIGUEIRIDO, B. Locomotion in extinct giant kangaroos: Were sthenurines hop-less monsters. **PLoS ONE**, Public Library of Science, v.9, n.10: e109888 October, 2014. Doi: 10.1371/journal.pone.0109888.

JANIS, C.M.; WILHELM, P. B. Were there mammalian pursuit predators in the Tertiary? Dances with wolf avatars. **Journal of Mammalian Evolution**, Elsevier, v.1, n.2, 103-125, May, 1993. Doi: 10.1007/BF01041590.

JEKINS, F.A.; CAMAZINE, J.S. M. Hip structure and locomotion in ambulatory and cursorial carnivores. **Journal of Zoology**, Zoological Society of London, v.181, n.3, 351-370, August, 2009. Doi: 10.1111/j.1469-7998.1977.tb03249.x.

KARDONG, K.V. **Vertebrates: comparative anatomy, function, evolution**. 6^aed. New York: McGraw-Hill, 2012.

KILKENNY, C. *et al.* Improving bioscience research reporting: The ARRIVE guidelines for reporting animal research. **Osteoarthritis and Cartilage**, Osteoarthritis Research Society International, v.20, n.4, 256–260, April, 2010. Doi: 10.1016/j.joca.2012.02.010.

KOZMA, E.E. *et al.* Hip extensor mechanics and the evolution of walking and climbing capabilities in humans, apes, and fossil hominins. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, National Academy of Sciences, v.115, n.16, 4134–4139, April, 2018. Doi: 10.1073/pnas.1715120115.

KURATANI, S. History of studies on Mammalian Middle Ear Evolution: A Comparative Morphological and Developmental Biology Perspective, *J Exp Zool B Mol Dev Evol*, Wiley, march, 2010. Doi: 10.1002/jez.b.21347.

LEARY, M.A. O.; UHEN, M.D. The Time of Origin of Whales and the Role of Behavioral Changes in the Terrestrial-Aquatic Transition in the terrestrial-aquatic transition. **Paleobiology**, Cambridge University Press, v.25, n.4, 534-556, August 1999. Doi: 10.1017/S0094837300020376.

- LILLEGRAVEN, J.A. Latest Cretaceous mammals of upper part of Edmonton Formation of Alberta, Canada, and review of marsupial-placental dichotomy in mammalian evolution. **Paleontological Contributions**, University of Kansas, n. 50, v.12, 1–122, 1969.
- LUNGMUS, J.K.; ANGIELCZYK, K.D. Antiquity of forelimb ecomorphological diversity in the mammalian stem lineage (Synapsida). **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, National Academy of Sciences, v.116, n.14, 6903–6907, April, 2019. Doi: 10.1073/pnas.1802543116.
- MAYNARD, S.; SAVAGE, R.J.G. Locomotory adaptations in mammals, **Zoological Journal of the Linnean Society**, Oxford University Press, v.42, n.288, 603–622, 1956. DOI: 10.1111/j.1096-3642.1956.tb02220.x
- MENDES-OLIVEIRA, A.C. *et al.* Estudos sobre pequenos mamíferos não voadores da Amazônia brasileira: amostragem e lacunas de conhecimento. *In*: Mendes-Oliveira, A. C. and Miranda, C. L. (eds). **Pequenos Mamíferos Não-voadores da Amazônia Brasileira**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Mastozoologia, 2015.
- METHLEY, A.M. *et al.* PICO, PICOS and SPIDER: A comparison study of specificity and sensitivity in three search tools for qualitative systematic reviews. **BMC Health Services Research**, BioMed Central, v.14, n.1, 579, November, 2014. Doi: 10.1186/s12913-014-0579-0.
- MIDDLETON, E.R. *et al.* Determinants of Iliac Blade Orientation in Anthropoid Primates. **The Anatomical Record**, John Wiley & Sons, v.300, n.5, 810–827, April, 2017. Doi: 10.1002/ar.23557.
- MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica**, Academia Española de Nutrición y Dietética, v.18, n.3, 172–181, 2009. Doi: 10.1371/journal.pmed.1000097.
- MORGAN, C.C. *et al.* Craniodental and forelimb specializations for digging in the South American subterranean rodent *Ctenomys* (Hystricomorpha, Ctenomyidae). **Mammalian Biology**, Springer, 118–124, August, 2017. Doi: 10.1016/j.mambio.2017.07.005.
- NOVACEK, M.J. *et al.* Epipubic bones in eutherian mammals from the late cretaceous of Mongolia. **Nature**, Nature Research, v.389, n. 6650, 483–486, October, 1997. Doi: 10.1038/39020.
- NYAKATURA, J.A.; FISCHER, M.S. Functional morphology and three-dimensional kinematics of the thoraco-lumbar region of the spine of the two-toed sloth. **Journal of Experimental Biology**, The Company of Biologists, v.213, n.24, 4278–4290, December, 2010. Doi: 10.1242/jeb.047647.
- OLUDE, M.A.; OLOPADE, J.O.; MUSTAPHA, O.A. Macro-anatomical investigations of the skeletons of the African giant rat (*Cricetomys gambianus* Waterhouse 1840): Pelvic limb. **European Journal Anatomy**, Spanish Association of Anatomy, v.13, n.3, 127–131, March, 2012.

OLUDE, M.A.; OLOPADE, J.O.; MUSTAPHA, O.A. Macro-anatomical investigations of the skeletons of the African giant rat (*Cricetomys gambianus* Waterhouse): Pelvic limb, *European Journal of Anatomy*, Spanish Association of Anatomy, n.13, v. 3, 127–131, 2009.

PALMER, D. Vertebrate palaeontology. *Endeavour*, Elsevier, 1997. Doi: 10.1016/s0160-9327(97)80230-x.

PASI, B.M.; CARRIER, D.R. Functional trade-offs in the limb muscles of dogs selected for running vs. fighting. *Journal of Evolutionary Biology*, Wiley-Blackwell, v.16, n.2, 324–332, April, 2003. Doi: 10.1046/j.1420-9101.2003.00512.x.

PATTON, A.E.L.; CAMERON, J.G.L; **Life Underground: The Biology of Subterranean Rodents**. University of Chicago Press, Chicago, 2000.

PAVITT, K. Public Policies to Support Basic Research: What Can the Rest of the World Learn from US Theory and Practice? (And What They Should Not Learn). **Industrial and Corporate Change**, Oxford Academic, v.10, n.3, 761–779, January, 2001. Doi: 10.1093/icc/10.3.761.

PEREIRA, R.M. *et al.* Applicability of plant-based products in the treatment of *Trypanosoma cruzi* and *Trypanosoma brucei* infections: A systematic review of preclinical in vivo evidence. *Parasitology*, Cambridge University Press, v.144, n.10, 1275–1287, June, 2017. Doi: 10.1017/S0031182017000634.

PINTO, A.C.; ANDRADE, J. B. Fator de impacto de revistas científicas: qual o significado deste parâmetro? *Química Nova*, Publi SBQ, v.22, n.3, 448–453, May, 1999. Doi: 10.1590/s0100-40421999000300026.

POLLY, P.D. Limbs in mammalian evolution, *In*: Brian K Hall (ed.) **Fins into Limbs: Evolution, Development, and Transformation**. Chicago: University of Chicago Press, 2007.

POUGH, F.H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. **Vertebrate Life**. 9^a ed. New York: Pearson Education, 2013.

PROST, J.H. Origin of bipedalism. *American Journal of Physical Anthropology*, American Association of Physical Anthropologists, v.52, n. 2, 175–189, February, 1980. Doi:10.1002/ajpa.1330520204.

REGNAULT, S.; PIERCE, S.E. Pectoral girdle and forelimb musculoskeletal function in the echidna (*Tachyglossus aculeatus*): Insights into mammalian locomotor evolution. **Royal Society Open Science**, Royal Society, v.5, n.11, November, 2018. Doi: 10.1098/rsos.181400.

REILLY, S.M. *et al.* Abdominal muscle and epipubic bone function during locomotion in Australian possums: Insights to basal mammalian conditions and Eutherian-like tendencies in *Trichosurus*. *Journal of Morphology*, Wiley Periodicals, v.271, n.4, 438–450, December, 2010. Doi: 10.1002/jmor.10808.

REILLY, S.M.; WHITE, T.D. Hypaxial motor patterns and the function of epipubic bones in primitive mammals. **Science**, AAAS, v.299, n.5605, 400-402, February, 2003. Doi: 10.1126/science.1074905.

RHODES, M.M.; FUNSTON, G.F.; CURRIE, P.J. New material reveals the pelvic morphology of Caenagnathidae (Theropoda, Oviraptorosauria). **Cretaceous Research**, Elsevier, v.114, n.104521, 1-56, April, 2020. Doi: 10.1016/j.cretres.2020.104521.

ROSE, K.D. **The Beginning of the age of Mammals**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2006.

RYBCZYNSKI, N.; DAWSON, M.R.; TEDFORD, R.H. A semiaquatic Arctic mammalian carnivore from the Miocene epoch and origin of Pinnipedia. **Nature**, Nature Research, v.458, n.7241, 1021–1024, April, 2009. Doi: 10.1038/nature07985.

SARGIS, E.J. Functional morphology of the hindlimb of tupaiids (Mammalia, Scandentia) and its phylogenetic implications. **Journal of Morphology**, Wiley Periodicals, v.254, n.2, 149–185, 2002b. Doi: 10.1002/jmor.10025.

SARGIS, E.J. A preliminary qualitative analysis of the axial skeleton of tupaiids (Mammalia, Scandentia): Functional morphology and phylogenetic implications. **Journal of Zoology**, Zoological Society of London, v.253, n.4, 473-483, March, 2001. Doi:10.1017/S0952836901000437.

SCHEIBE, J.; ESSNER, R.L. Pelvic shape in gliding rodents: Implications for the launch in **Biology of Gliding Mammals**. New York: Filander, 2000.

SECKEL, L.; JANIS, C. Convergences in scapula morphology among small cursorial mammals: An osteological correlate for locomotory specialization. **Journal of Mammalian Evolution**, Elsevier, v.15, n.4, 261–279, November, 2008. Doi: 10.1007/s10914-008-9085-7.

SHEARER, B.M.; MUCHLINSKI, M.; HAMMOND, A.S. Large pelvic tubercle in orangutans relates to the adductor longus muscle. **PeerJ**, v.7, n.2, 1–21, August, 2019. Doi: 10.7717/peerj.7273.

SIMÕES-LOPES, P.C.; GUTSTEIN, C.S. Notes on the anatomy, positioning and homology of the pelvic bones in small cetaceans (Cetacea, Delphinidae, Pontoporiidae). **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, 157–162, December, 2004. Doi: 10.5597/lajam00060.

SIMÕES-LOPES, P.C.; GUTSTEIN, C.S. Notes on the anatomy, positioning and homology of the pelvic bones in small cetaceans (cetacea, Delphinidae, pontoporiid). **Latin American Journal of Aquatic Mammals**, v.3, n.2, 157–162, August, 2004. Doi: 10.5597/lajam00060.

SOARES, N. P. *et al.* Comparative anatomy of the gluteal muscles of *Sapajus libidinosus*. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Brazilian Journal of Veterinary Research, v.36, n.11, 1127–1131, October, 2016. Doi: 10.1590/S0100-736X2016001100012.

SUNDARAM, V. *et al.* Hind limb skeleton of the orange rumped agouti (*Dasyprocta leporina* Linnaeus, 1758): Structural and functional perspective. **Annual Research and**

Review in Biology, SCIENCEDOMAIN international, v.12, n.2, 1–12, March, 2017. Doi: 10.9734/ARRB/2017/30949.

TAJIMA, Y.; HAYASHI, Y.; YAMADA, T.K. Comparative anatomical study on the relationships between the vestigial pelvic bones and the surrounding structures of finless porpoises (*Neophocaena phocaenoides*). **Journal of Veterinary Medical Science**, v.66, n.7, 761–766, August, 2004. Doi: 10.1292/jvms.66.761.

TAYLOR, A.M.E. American Society of Mammologists Locomotion in Some East African Viverrids. **Journal of Mammalogy**, Oxford University Press, v.51, n.1, 42–51, January, 1970. Doi: 10.2307/1378530.

TAYLOR, M.E. The functional anatomy of the hindlimb of some african viverridae (Carnivora). **Journal of Morphology**, Wiley Periodicals, v.148, n.2, 227–253, January, 1976. Doi: 10.1002/jmor.1051480208.

THEWISSEN, J.G.M.; FISH, F.E. Locomotor evolution in the earliest cetaceans: functional model, modern analogues, and paleontological evidence. **Paleobiology**, Cambridge University Press, v.23, n.4, 482–490, July, 1997.

TRINKAUS, E. The M. obturator internus sulcus on middle and Late Pleistocene human ischia. **American Journal of Physical Anthropology**, American Association of Physical Anthropologists, v.101, n.4, 503–513, November, 1996. Doi: 10.1002/(SICI)1096-8644(199612)101:4<503: AID AJPA5>3.0.CO;2-W.

TYSON, E. **The anatomy of an opossum**. 1^a ed. Philadelphia: The Royal Society, 1698.

VACCA, E. *et al.* Metric characterization of the human coxal bone on a recent Italian sample and multivariate discriminant analysis to determine sex. **Forensic Science International**, Elsevier, 222(1-3): 401, 1-9, July, 2012. Doi: 10.1016/j.forsciint.2012.06.014.

VIEIRA, M.V.; DELCIELLOS, A.C. Locomoção, Morfologia e Uso do Habitat em Marsupiais Neotropicais: uma Abordagem Ecomorfológica, *In: CÁCERES, N.C. Os marsupiais do Brasil: Biologia, Ecologia e Evolução*. Editora UFMG: Campo Grande, 2012.

VIEIRA, L.G.; SANTOS, A.L.Q.; LIMA, F.C.; MENDONÇA, S.H.S.T.; MENEZES, L.T.; SEBEN, A. Osteologia de *Melanosuchus niger* (Crocodylia: Alligatoridae) e a evidência evolutiva. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n.10, 1025-1044, Outubro, 2016. Doi: 10.1590/S0100-736X2016001000018.

WARD, C.V. *et al.* Partial Skeleton of *Proconsul nyanzae* From Mfangano Island, Kenya. **American Journal of Physical Anthropology**, American Association of Physical Anthropologists, v.90, n.1, 77-111, December, 1993. Doi:10.1002/ajpa.1330900106.

WARD, C.V.; MADDUX, S.D.; MIDDLETON, E.R. Three-dimensional anatomy of the anthropoid bony pelvis. **American Journal of Physical Anthropology**, American Association of Physical Anthropologists, v.66, n.1, 3–25, January, 2018. Doi: 10.1002/ajpa.23425.

WAREING, K. *et al.* The musculoskeletal anatomy of the reindeer (*Rangifer tarandus*):

Forelimb and hindlimb. **Polar Biology**, Springer, v.34, n.10, 1571–1578, September, 2011. Doi: 10.1007/s00300-011-1017-y.

WHITE, T.D. An analysis of epipubic bone function in mammals using scaling theory. **Journal of Theoretical Biology**, Elsevier, v.139, n.3,343–357, August, 1989. Doi: 10.1016/S0022-5193(89)80213-9.

WILLIAMS, S.B. *et al.* Functional anatomy and muscle moment arms of the pelvic limb of an elite sprinting athlete: The racing greyhound (*Canis familiaris*). **Journal of Anatomy**, Blackwell Publishing, v.213, n.4, 361–372, 2008. Doi: 10.1111/j.1469-

WILLIAMS, S.B.; PAYNE, R.C.; WILSON, A.M. Functional specialization of the pelvic limb of the hare (*Lepus europeus*). **Journal of Anatomy**, Blackwell Publishing, v.210, n.4, 472–490, April, 2007. Doi: 10.1111/j.1469-7580.2007.00704. x.

WU, X.Z. An effective and easy to insist on self-made pelvic floor muscle rehabilitation for the elderly women with stress urinary incontinence. **TRM Non-Drug Therapy**. v.2, n.3, 71, September, 2019. Doi: 10.12032/TMRND201902016.

YIRGA, S. Interrelation Between Ischium, Thigh Extending Muscles and Locomotion in Some Primates. **Primates**, Springer, v.28, n.1, 79–86, August,1987. Doi: 10.1007/BF02382185.

ZELDICH, ML. L *et al.* Geometric morphometric for biologists: a primer. Elsevier Academic Press, New York, 2004.

ZIHLMAN, A.L.; HUNTER, W. S. A biomechanical interpretation of the pelvis of *Australopithecus*. **Folia Primatologica**, Karger Publishers, v.18, n. (1–2), 1–19, 1972. Doi: 10.1159/000155465.

ZIHLMAN, A.L.; MCFARLAND, R.K.; UNDERWOOD, C.E. Functional anatomy and adaptation of male gorillas (*Gorilla gorilla*) with comparison to male orangutans (*Pongo pygmaeus*). **The Anatomical Record**, John Wiley & Sons, v.294, n.11,1842–1855, October, 2011. Doi: 10.1002/ar.21449.

ZUSI, R.L. Introduction to the skeleton of hummingbirds (AVES: Apodiformes, Trochilidae) in functional and phylogenetic contexts. **Ornithological Monographs**, American Ornithological Society, v.77, n.1, 1-94, September, 2013. Doi: 10.1525/om.2013.77.1.1.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela S1. Estratégia de pesquisa completa no PubMed, Scopus e Web of Science, incluindo termos e filtros de pesquisa.

Data base	Descriptors	Items found	Date	Time
P u b M e d	("mammals"[MeSH Terms] OR "opossums"[MeSH Terms] OR "insectivora"[MeSH Terms] OR "marsupialia"[MeSH Terms] OR "monotremata"[MeSH Terms] OR "dogs"[MeSH Terms] OR "cats"[MeSH Terms] OR "cattle"[MeSH Terms] OR "livestock"[MeSH Terms] OR "goats"[MeSH Terms] OR "sheep, domestic"[MeSH Terms] OR "horses"[MeSH Terms] OR "ruminants"[MeSH Terms] OR "shrews"[MeSH Terms] OR "arvicolinae"[MeSH Terms] OR "elephants"[MeSH Terms] OR "hyraxes"[MeSH Terms] OR "trichechus"[MeSH Terms] OR "proboscidea mammal"[MeSH Terms] OR "sirenia"[MeSH Terms] OR "sloths"[MeSH Terms] OR "xenarthra"[MeSH Terms] OR "armadillos"[MeSH Terms] OR "tupaiidae"[MeSH Terms] OR "scandentia"[MeSH Terms] OR "lemur"[MeSH Terms] OR "primates"[MeSH Terms] OR "hominidae"[MeSH Terms] OR "pongo"[MeSH Terms] OR "pan troglodytes"[MeSH Terms] OR "pan paniscus"[MeSH Terms] OR "gorilla gorilla"[MeSH Terms] OR "haplorhini"[MeSH Terms] OR "hares"[MeSH Terms] OR "lagomorpha"[MeSH Terms] OR "rabbits"[MeSH Terms] OR "rodentia"[MeSH Terms] OR "mice"[MeSH Terms] OR "rats"[MeSH Terms] OR "moles"[MeSH Terms] OR "hedgehogs"[MeSH Terms] OR "whales"[MeSH Terms] OR "cetacea"[MeSH Terms] OR "dolphins"[MeSH Terms] OR "artiiodactyla"[MeSH Terms] OR "swine"[MeSH Terms] OR "camels"[MeSH Terms] OR "giraffes"[MeSH Terms] OR "deer"[MeSH Terms] OR "antelopes"[MeSH Terms] OR "equidae"[MeSH Terms] OR "perissodactyla"[MeSH Terms] OR "chiroptera"[MeSH Terms] OR "carnivora"[MeSH Terms] OR "ursidae"[MeSH Terms] OR "procyonidae"[MeSH Terms] OR "raccoons"[MeSH Terms] OR "mephitidae"[MeSH Terms] OR "mustelidae"[MeSH Terms] OR "pinnipedia"[MeSH Terms] OR "strepsirhini"[MeSH Terms] OR "hylobatidae"[MeSH Terms] OR "cricetinae"[MeSH Terms] OR "pig"[TIAB] OR "bat"[TIAB] OR "monkey"[TIAB] OR "bitch"[TIAB] OR "hamster"[TIAB] OR "possum" [TIAB])	21,627,68	23.09.2019	15:03
	#2Pelvis ("pelvis"[MeSH Terms] OR "Pelvis" [TIAB] OR "Pelvic Region" [TIAB] OR "lesser pelvis"[MeSH Terms] OR "Lesser Pelvis" [TIAB] OR "True Pelvis" [TIAB] OR "Pelvis	103,175	23.09.2019	15:08

Data base	Descriptors	Items found	Date	Time
	Minor" [TIAB] OR "pelvic floor"[MeSH Terms] OR "Pelvic Floor" [TIAB] OR "Pelvic Diaphragm" [TIAB] OR "Pelvic Diaphragms" [TIAB] OR "pelvic bones"[MeSH Terms] OR "Pelvic Bones" [TIAB] OR "Pelvic Bone" [TIAB] OR "Hip Bone" [TIAB] OR "Hip Bones" [TIAB] OR "Innominate Bones" [TIAB] OR "Innominate Bone" [TIAB] OR "Coxal Bone" [TIAB] OR "Coxal Bones" [TIAB] OR "acetabulum"[MeSH Terms] OR "Acetabulum" [TIAB] OR "Acetabulums" [TIAB] OR "Cotyloid Cavity" [TIAB] OR "Cotyloid Cavities" [TIAB] OR "Acetabula" [TIAB] OR "Acetabulas" [TIAB] OR "ilium"[MeSH Terms] OR "Ilium" [TIAB] OR "Iliums" [TIAB] OR "Iliac Crest Bone" [Text Word] OR "Iliac Crest Bones" [Text Word] OR "Iliac Crest" [TIAB] OR "Iliac Crests" [TIAB] OR "Auricular Surface of Ilium" [TIAB] OR "Iliac Fossa" [TIAB] OR "ischium"[MeSH Terms] OR "Ischium" [TIAB] OR "pubic bone"[MeSH Terms] OR "Pubic Bone" [TIAB] OR "Pubic Bones" [TIAB] OR "Pubis" [TIAB] OR "Epipubic bones" [TIAB])			
	#3Anatomy ("anatomy"[MeSH Terms] OR "anatomy" [TIAB] OR "Anatomies" [TIAB] OR "osteology"[MeSH Terms] OR "Osteology" [TIAB] OR "anatomy, veterinary"[MeSH Terms])	502,854	23.09.2019	15:05
	#4 Muscle ("muscles"[MeSH Terms] OR muscle [TIAB])	976,965	23.09.2019	15:10
	#1 #2	92,819	23.09.2019	15:37
	#1 #2 #3	4,312	23.09.2019	15:37
	#1 #2 #3 #4 (Language limitation)	976 (878)	23.09.2019	15:38
S C O P U S	# 1 Mammals (TITLE-ABS-KEY ("mammals") OR TITLE-ABS-KEY("opossums") OR TITLE-ABS-KEY ("insectivora") OR TITLE-ABS-KEY("marsupialia") OR TITLE-ABS-KEY("monotremata") OR TITLE-ABS-KEY("dogs") OR TITLE-ABS-KEY("cats") OR TITLE-ABS-KEY("cattle") OR TITLE-ABS-KEY("livestock") OR TITLE-ABS-KEY("goats") OR TITLE-ABS-KEY("sheep, domestic") OR TITLE-ABS-KEY("horses") OR TITLE-ABS-KEY("ruminants") OR TITLE-ABS-KEY("shrews") OR TITLE-ABS-KEY("arvicolinae") OR TITLE-ABS-KEY("elephants") OR TITLE-ABS-	6,719,779	23.09.2019	15:27

Data base	Descriptors	Items found	Date	Time
	KEY("hyraxes") OR TITLE-ABS-KEY("trichechus") OR TITLE-ABS-KEY("proboscidea mammal") OR TITLE-ABS-KEY("sirenia") OR TITLE-ABS-KEY("sloths") OR TITLE-ABS-KEY("xenarthra") OR TITLE-ABS-KEY("armadillos") OR TITLE-ABS-KEY("tupaiidae") OR TITLE-ABS-KEY("scandentia") OR TITLE-ABS-KEY("lemur") OR TITLE-ABS-KEY("primates") OR TITLE-ABS-KEY("hominidae") OR TITLE-ABS-KEY("pongo") OR TITLE-ABS-KEY("pan troglodytes") OR TITLE-ABS-KEY("pan paniscus") OR TITLE-ABS-KEY("gorilla gorilla") OR TITLE-ABS-KEY("haplorhini") OR TITLE-ABS-KEY("hares") OR TITLE-ABS-KEY("lagomorpha") OR TITLE-ABS-KEY("rabbits") OR TITLE-ABS-KEY("rodentia") OR TITLE-ABS-KEY("mice") OR TITLE-ABS-KEY("rats") OR TITLE-ABS-KEY("moles") OR TITLE-ABS-KEY("hedgehogs") OR TITLE-ABS-KEY("whales") OR TITLE-ABS-KEY("cetacea") OR TITLE-ABS-KEY("dolphins") OR TITLE-ABS-KEY("artiodactyla") OR TITLE-ABS-KEY("swine") OR TITLE-ABS-KEY("camels") OR TITLE-ABS-KEY("giraffes") OR TITLE-ABS-KEY("deer") OR TITLE-ABS-KEY("antelopes") OR TITLE-ABS-KEY("equidae") OR TITLE-ABS-KEY("perissodactyla") OR TITLE-ABS-KEY("chiroptera") OR TITLE-ABS-KEY("carnivora") OR TITLE-ABS-KEY("ursidae") OR TITLE-ABS-KEY("procyonidae") OR TITLE-ABS-KEY("raccoons") OR TITLE-ABS-KEY("mephitidae") OR TITLE-ABS-KEY("mustelidae") OR TITLE-ABS-KEY("pinnipedia") OR "strepsirhini" OR "hylobatidae" OR "cricetinae" OR "pig" OR "bat" OR TITLE-ABS-KEY("monkey") OR TITLE-ABS-KEY("bitch") OR TITLE-ABS-KEY("hamster") OR TITLE-ABS-KEY("possum")			

	<p>#2 Pelvis (TITLE-ABS-KEY("pelvis") OR TITLE-ABS-KEY("Pelvis") OR TITLE-ABS-KEY("Pelvic Region") OR TITLE-ABS-KEY("lesser pelvis") OR TITLE-ABS-KEY("Lesser Pelvis") OR TITLE-ABS-KEY("True Pelvis") OR TITLE-ABS-KEY("Pelvis Minor") OR TITLE-ABS-KEY("pelvic floor") OR TITLE-ABS-KEY("Pelvic Floor") OR TITLE-ABS-KEY("Pelvic Diaphragm") OR TITLE-ABS-KEY("Pelvic Diaphragms") OR TITLE-ABS-KEY("pelvic bones") OR TITLE-ABS-KEY("Pelvic Bones") OR TITLE-ABS-KEY("Pelvic Bone") OR TITLE-ABS-KEY("Hip Bone") OR TITLE-ABS-KEY("Hip Bones") OR TITLE-ABS-KEY("Innominate Bones") OR TITLE-ABS-KEY("Innominate Bone") OR TITLE-ABS-KEY("Coxal Bone") OR TITLE-ABS-KEY("Coxal Bones") OR TITLE-ABS-KEY("acetabulum") OR TITLE-ABS-KEY("Acetabulum") OR TITLE-ABS-KEY("Acetabulums") OR TITLE-ABS-KEY("Cotyloid Cavity") OR TITLE-ABS-KEY("Cotyloid Cavities") OR TITLE-ABS-KEY("Acetabula") OR TITLE-ABS-KEY("Acetabulas") OR TITLE-ABS-KEY("ilium") OR TITLE-ABS-KEY("Ilium") OR TITLE-ABS-KEY("Iliums") OR TITLE-ABS-KEY("Iliac Crest Bone") OR TITLE-ABS-KEY("Iliac Crest Bones") OR TITLE-ABS-KEY("Iliac Crest") OR TITLE-ABS-KEY("Iliac Crests") OR TITLE-ABS-KEY("Auricular Surface of Ilium") OR TITLE-ABS-KEY("Iliac Fossa) OR TITLE-ABS-KEY("ischium") OR TITLE-ABS-KEY("Ischium") OR TITLE-ABS-KEY ("pubic bone") OR TITLE-ABS-KEY("Pubic Bone") OR TITLE-ABS-KEY("Pubic Bones") OR TITLE-ABS-KEY("Pubis") OR TITLE-ABS-KEY ("possum"))</p>	172,715	23.09.2019	15:27
--	---	---------	------------	-------

Data base	Descriptors	Items found	Date	Time
	#3 Anatomy (TITLE-ABS-KEY ("anatomy") OR TITLE-ABS-KEY ("anatomy") OR TITLE-ABS-KEY ("Anatomies") OR TITLE-ABS-KEY ("osteology") OR TITLE-ABS-KEY ("Osteology") OR TITLE-ABS-KEY ("anatomy, veterinary"))	318,446	23.09.2019	15:28
	#4 Muscle (TITLE-ABS-KEY ("muscles") OR TITLE-ABS-KEY ("muscle"))	1,582,884	23.09.2019	15:29
	#1 #2	10,855	23.09.2019	16:15
	#1 #2 and #3	738	23.09.2019	16:15
	#1 #2 #3 and #4 (Language limitation)	192 (178)	23.09.2019	16:32
W E B O F S C I E N C E	# 1 Mammals TS=mammals OR TS=opossums OR TS=insectivore OR TS=marsupialia OR TS=monotremata OR TS=dogs OR TS=cats OR TS=cattle OR TS=livestock OR TS=goats OR TS=sheep, domestic OR TS=horses OR TS=ruminants OR TS=shrews OR TS=arvicolinae OR TS=elephants OR TS=hyraxes OR TS=trichechus OR TS=proboscidea mammal OR TS=sirenian OR TS=sloths OR TS=xenarthra OR TS=armadillos OR TS=tupaiidae OR	4,796,015	23.09.2019	16:22
	#2 Pelvis TS=Pelvis OR TS=Pelvis OR TS=Pelvic Region OR TS=lesser pelvis OR TS=Lesser Pelvis OR TS=True Pelvis OR TS=Pelvis Minor OR TS=pelvic floor OR TS=Pelvic Floor OR TS=Pelvic Diaphragm OR TS=Pelvic Diaphragms OR TS=pelvic bones OR TS=Pelvic Bones OR TS=Pelvic Bone OR TS=Hip Bone OR TS=Hip Bones OR	103,882	23.09.2019	16:24

Data base	Descriptors	Items found	Date	Time
	TS=Innominate Bones OR TS=Innominate Bone OR TS=Coxal Bone OR TS=Coxal Bones OR TS=acetabulum OR TS=Acetabulum OR TS=Acetabulums OR TS=Cotyloid Cavity OR TS=Cotyloid Cavities OR TS=Acetabula OR TS=Acetabulas OR TS=ilium OR TS=Ilium OR TS=Iliums OR TS=Iliac Crest Bone OR TS=Iliac Crest Bones OR TS=Iliac Crest OR TS=Iliac Crests OR TS=Auricular Surface of Ilium OR TS=Iliac Fossa OR TS=ischium OR TS=Ischium OR TS=pubic bone OR TS=Pubic Bone OR TS=Pubic Bones OR TS=Pubis OR TS=Epipubic bones			
	#3 Anatomy TS=anatomy OR TS=Anatomies OR TS=osteology OR TS=Osteology OR TS=anatomy, veterinary	148,626	23.09.2019	16:25
	#4 Muscle TS=muscles OR TS=muscle	883,638	23.09.2019	16:26
	#1 #2	7,996	23.09.2019	16:30
	#1 #2 and #3	380	23.09.2019	16:39
	#1 #2 #3 and #4 (Language limitation)	<u>122</u> (118)	23.09.2019	16:40

Tabela S2. Critérios PICOS para inclusão e exclusão de estudos que avaliaram a anatomia pélvica dos mamíferos e a inter-relação entre locomoção, morfologia e adaptação.

Parâmetros	Critério de inclusão	Critério de exclusão
População	Mamíferos (animal, ordem, número de animais, animal controle, sexo, idade e peso)	Vertebrados não mamíferos
Intervenção	Características anatômicas e funcionais da pélvis	-
Comparação	Sem comparativo	-
Resultados	Locomoção e adaptação	Anatomia clínica, imuno-histoquímica, neoplasia, sistemas do corpo, assoalho pélvico, vísceras, nervos e vasos sanguíneos

Tabela S3. Descrição das principais características dos animais dos estudos que avaliaram a anatomia pélvica dos mamíferos e a inter-relação entre a locomoção, morfologia e adaptação.

Estudo ID	Nativo /Exótico	Sexo /Idade	Animal controle	Total de animais	Fóssil/ Vivente	Hábitat	Eutanásia
[1]	E	? /S	<i>Homo/Pan</i>	3	F/V	?	?
[2]	E	? /A	?	308	V	África	?
[3]	?	?/?	?	22	V	?	?
[4]	E	? /A	Ordem Primatas	276	F/V	Mfangano, Ilha Kenya	Tiro com arma de fogo
[5]	E	106♂ 99♀/S	?	235	F/V	?	?
[6]	E	?/?	?	?	V	África Sub Saariana	?
[7]	E	? /A	<i>Homo/Pan/Gorilla</i>	150	F/V	Sterkfontein / África	?
[8]	?	?/?	<i>Microcebus/Cynocephalus/Pteropus/Plesiadapis/ Ignacius/ Phenacolemur/Tinimomys/</i>	91	F/V	?	?
[9]	E	? /A	<i>Caluromys/Micoureus/Marmosa/Didelphis/ Dasyurus/Philander/Metachirus/Monodelphis/ Perameles/Antechinomys/Phascogale/ Trichosurus/Schoinobates</i>	17	F/V	América do Sul	?
[10]	?	?/?	<i>Arctogalidia/Ailurus/Eira/Felis/Urocyon/ Sarcophilus</i>	16	F/V	?	?
[11]	N	2♂1♀/?	?	3	V	Japão	?
[12]	?	? /J	<i>Equus/Lepus</i>	6	V	?	Sim

[13]	E	??	Ordem Multituberculata	1	F	Deserto da Mongólia	?
[14]	E	1♀/A	<i>Caluromys/Caluromysiops/Didelphis/Chironectes/Cryptonanus/Metachirus/Micoureus/Philander/Lestodelphys/Monodelphis/Marmosa/Marmosops/Thylamys</i>	141	V	Floresta tropical Amazônica, Brasil	?
[15]	E	7♂5♀/?	<i>Didelphis/Caluromys/Philander/Rattus/Atelerix/Dasyurus/Monodelphis</i>	12	V	?	Nembutol
[16]	?	1♂1♀/?	?	2	V	?	?
[17]	N	??	<i>Caenolestes/Dromiciops/Didelphis/Metachirus/Monodelphis/Caluromys/Rhyncholestes</i>	?	F/V	Formação de Santa Cruz, Argentina	?
[18]	E	9♂/A	?	9	V	Floresta primária da África e Ásia	?
[19]	E	? /13 months	<i>Lepus/Canis</i>	?	V	Floresta holoártica/gelo	?
[20]	E	??	<i>Felis/Canis/Vulpes</i>	9	V	Floresta do Sudoeste Asiático	?
[21]	E	2♂1♀/A	<i>Acinonyx/Canis/Gulo/Mellivora/Ursos/Martes/Mustela/Vormela/Enhydra/Lutra</i>	4	V	Florestas da América do Sul	?
[22]	E	??	Ordem Diprodontia	144	F/V	?	?

[23]	N	? /A	?	2	V	Florestas da América do Sul	?
[24]	N	1♀/A	?	4	v	?	Deslocament o cervical
[25]	N	2♂1♀/ A	<i>Papio/Homo/Pan</i>	8	V	Floresta e semiárido do Brasil	Ketamina/ Xilazina
[26]	?	83♂11 6♀/A	?	213	V	?	?
[27]	N	6♂6♀/ A	?	12	V	Nordeste da América do Sul/ floresta de Trindade e Tobago	Ketamina/ Xilazina
[28]	?	72♂52 ♀17NS /A	?	141	F/V	Floresta primária	Tiro com arma de fogo
[29]	?	3♂17♀ /A/S	?	20	V	?	?
[30]	?	123♂1 17♀/A	?	240	V	?	?
[31]	?	153♂1 33♀NS 32/A	<i>Aloutta/Actocebus/Ateles/Avahi/Colobus/ Galago/Gorilla/Hoolock/Hylobates/Lemur /Lophocebus/Loris/Macaca /Mandrillus/Nasalis/Nomascus/Nycticebus/Pan/ Papio/ Perodicticus/Pithecia/Propithecus/Saimiri/Semn opithecus/Symphalangus/</i>	338	V	?	?

Tarsius/Theropithecus

Abreviação: A: Adulto; S: Subadulto; J: Jovem; ♂ Machos; ♀ Fêmeas; NS: não relacionado; N: Nativo; E: Exótico; F: Fóssil; V: Vivente;

Tabela S4. Referências dos artigos da revisão sistemática e da sua correspondência numérica.

Referências	Número do artigo
Zihlman & Hunter, 1972	[1]
Taylor, 1976	[2]
Yirga, 1987	[3]
Ward <i>et al.</i> , 1993	[4]
Trinkaus, 1996	[5]
Fleagle & McGraw, 1999	[6]
Häusler & Berger, 2001	[7]
Sargis, 2002b	[8]
Argot, 2002	[9]
Argot, 2003	[10]
Tajima <i>et al.</i> , 2004	[11]
Williams <i>et al.</i> , 2008	[12]
Hurum & Kielan-Jaworowska, 2008	[13]
Flores & Díaz, 2009	[14]
Reilly <i>et al.</i> , 2010	[15]
Nyakatura & Fischer, 2010	[16]
Abello & Candela, 2010	[17]
Zihlman <i>et al.</i> , 2011	[18]
Wareing <i>et al.</i> , 2011	[19]
Carlson & Hubbard, 2012	[20]
Ercoli <i>et al.</i> , 2012	[21]
Janis <i>et al.</i> , 2014	[22]
Esponda & Candela, 2015	[23]
Charles <i>et al.</i> , 2016	[24]
Soares <i>et al.</i> , 2016	[25]
Middleton <i>et al.</i> , 2017	[26]
Sundaram <i>et al.</i> , 2017	[27]
Kozma <i>et al.</i> , 2018	[28]
Brombini <i>et al.</i> , 2018	[29]
Ward <i>et al.</i> , 2018	[30]
Shearer <i>et al.</i> , 2019	[31]

Tabela S5. Análise de enviesamento (ARRIVE) dos estudos das características anatômicas da cintura pélvica dos mamíferos que influenciam a locomoção.

	Study Quality	Zihlman & Hunter, 1972	Taylor, 1976	Yirga, 1987	Ward <i>et al.</i> , 1993	Trinkaus, 1996	Fleagle & McGraw, 1999	Hausler & Berger, 2001	Sargis, 2002b	Argot, 2002	Argot, 2003	Tajima <i>et al.</i> , 2004	Williams <i>et al.</i> , 2008	Hurum & Jaworowska, 2008	Flores & Díaz, 2009	Reilly <i>et al.</i> , 2009	Nyakatura & Fischer, 2010	Abello & Candela, 2010	Zihlman <i>et al.</i> , 2011	Wareing <i>et al.</i> , 2011	Carlson & Hubbard, 2012	Ercoli <i>et al.</i> , 2012	Janis <i>et al.</i> , 2014	Esponda & Candela, 2015	Charles <i>et al.</i> , 2016	Soares <i>et al.</i> , 2016	Brombini <i>et al.</i> , 2017	Middleton <i>et al.</i> , 2017	Sundaram <i>et al.</i> , 2017	Kozma <i>et al.</i> , 2018	Ward <i>et al.</i> , 2018	Shearer <i>et al.</i> , 2019	Results of total	(%)		
1	Title																																			
	Accurate and concise description of the content of the article	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	31	100
2	Abstract																																			
	Summary of the background, research objectives, methods, principal findings and conclusions				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	28	90.32
3	Introduction																																			
	Sufficient scientific background	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	29	93.54	
	Explanation of the methodological	x			x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	24	77.41	

CAPÍTULO II:
 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA CINTURA PÉLVICA DAS ESPÉCIES
 DE *Monodelphis (Microdelphys)* DA MATA ATLÂNTICA (DIDELPHIMORPHIA:
 DIDELPHIDAE)

Domingos, A.C.G¹; Guilhon, G.N²; Ferraz, J.M³; Lessa, G¹

¹ Departamento de Biologia Animal, Laboratório de Mastozoologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

² Departamento de Zoologia, Laboratório de Mastozoologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

³ Departamento de Estatística, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

RESUMO

A ordem Didelphimorphia é constituída por grande parte dos marsupiais do continente americano, inseridos em uma única família, Didelphidae. No esqueleto dos marsupiais, a cintura pélvica consiste em um complexo de ossos (ílio, ísquio e púbis) que se unem no acetábulo formando uma única estrutura, além dos ossos epipúbicos, que se articulam na parte superior do púbis, que estão presentes também nos cinodontes e monotremados. Os objetivos deste trabalho foram caracterizar a anatomia da cintura pélvica em machos e fêmeas de diferentes classes etárias de três espécies de *Monodelphis (Microdelphys)*, averiguar a presença de dimorfismo sexual e caracteres de diferenciação interespecífica. Foram utilizados 162 espécimes (pele e esqueleto) depositados em coleções científicas brasileiras. Para estimar a idade relativa, foram estabelecidas categorias etárias de acordo com a eclosão dos dentes pré-molares e molares. Foram aferidas 14 medidas lineares da cintura pélvica, realizadas três repetições com paquímetro digital e apenas a média foi transformada em logaritmo. Dentre as análises univariadas, foram utilizados os testes, Análise de Variância e Kruskal-Wallis, para averiguar a variação entre as classes etárias. O teste de Tukey *post-hoc* foi estabelecido ao nível 5% de significância. O teste Mann-Whitney U foi utilizado para testar o dimorfismo sexual em adultos. O teste multivariado, KMeans, testou o dimorfismo sexual em adultos de *Monodelphis americana* e *Monodelphis scalops*. Já a comparação entre as espécies foi realizada por meio de análises univariadas e multivariadas, comparando adultos, utilizando apenas o sexo mais abundante se houvesse uma diferença sexual. Para a caracterização anatômica da cintura pélvica foram consideradas nomenclaturas dos ossos e acidentes anatômicos relacionados. Os nossos resultados mostraram que a pélvis de *Monodelphis (Microdelphys)* tem a porção caudal do ísquio reta, extremidade anterior do ílio dorsolateralmente curvada, forame obturador oval, fossa acetabular arredondada e as fossas glútea e ilíaca com tamanhos semelhantes. As classes etárias de *Monodelphis americana* e *Monodelphis scalops* se diferenciam pelas extensões posteriores do ísquio e proeminência da espinha isquiática, eminência iliopúbica e espinha ilíaca. Em *Monodelphis iheringi* estes acidentes anatômicos estão ausentes. Não há dimorfismo sexual em jovens e subadultos. Há dimorfismo sexual em velhos de *Monodelphis americana*, em que a pélvis das fêmeas é pequena e o osso epipúbico é grande e curvo, enquanto nos machos a pélvis é grande e osso epipúbico é pequeno e reto. Os sexos de *Monodelphis scalops* se diferenciam nas medidas da cintura pélvica. Não há dimorfismo sexual na cintura pélvica de *Monodelphis iheringi*. Todas as medidas da cintura pélvica foram significativas para discriminar as espécies. Este trabalho pode ser utilizado como ferramenta para a estimativa da idade relativa, dimorfismo sexual e variação interespecífica, a partir da morfometria e osteologia da cintura pélvica de *Monodelphis (Microdelphys)*.

Palavras-chave: Anatomia Pélvica. Análises Qualitativas. Morfometria linear.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os grupos de mamíferos atuais, os marsupiais são caracterizados por sua peculiar forma de reprodução, com um curto desenvolvimento intra-uterino e, após o parto, os filhotes altriciais permanecem atrelados aos mamilos da mãe para completar o seu desenvolvimento (HUGES & HALL, 1988). Em algumas espécies, as fêmeas possuem um marsúpio (ou bolsa marsupial), que abriga o filhote até que ele esteja totalmente desenvolvido (HUGES & HALL, 1988; BISCOE, 2005).

Atualmente, os marsupiais são representados por sete ordens distribuídas na Austrália, nas Américas e em ilhas próximas, fato que evidencia a separação dos continentes durante a história evolutiva (BROWN & LOMOLINO, 2006; GOIN *et al.*, 2016). Nas Américas, existem três ordens: Didelphimorphia, Paucituberculata e Microbiotheria (BROWN, 2004; GARDNER, 2007; WILSON & REEDER, 2015). Dentre os marsupiais Neotropicais, a ordem Didelphimorphia é a que engloba a maioria dos marsupiais vivos em uma única família, Didelphidae. Esta família é composta por 18 gêneros e 103 espécies (PAVAN *et al.*, 2012; ASTÚA, 2015), distribuídos desde o Canadá até o sul da Argentina (NOWAK, 1999). Estão presentes em diversos biomas, exceto em grandes altitudes e regiões extremamente desertificadas (BROWN, 2004).

No Brasil, apenas a família Didelphidae está representada, abrangendo 14 gêneros e 65 espécies (VOSS & JANSA, 2009; ROSSI *et al.*, 2012; QUINTELA *et al.*, 2020). Estes didelfídeos ocupam uma variedade de nichos espaciais e possuem diferentes modos de locomoção, desde ágeis escaladores até nadadores (REIS *et al.*, 2011). Em adição, também apresentam uma gama de diferentes hábitos alimentares, com espécies frugívoras, insetívoras, onívoras, carnívoras e até mesmo oportunistas (ROSSI *et al.*, 2012). Estas características permitem a coexistência de espécies nas comunidades, o que pode indicar especializações no esqueleto pós crânio atrelado à locomoção e à alimentação (VIEIRA & CAMARGO, 2012). Muitos destes animais desempenham funções essenciais no ecossistema em que estão inseridos, atuando na dispersão de sementes (VIEIRA & CAMARGO, 2012) e na polinização de flores (CARTHEW & GOLDINGAY, 1997). Entretanto, apesar da diversidade alimentar dentro da família Didelphidae, estes animais possuem a mesma fórmula dentária: $i\ 5/4, c\ 1/1, p\ 3/3, m\ 4/4$ no total de 50 dentes, possuindo um padrão de dentição conservador (ROSSI *et al.*, 2012; VOSS & JANSA, 2009).

Os marsupiais didelfídeos possuem uma morfologia externa bastante diversa, com o tamanho e peso corporal diferenciados, mas que em sua maioria abrange animais pequenos, com peso normalmente inferior a 1,5 kg (ASTÚA, 2015). Uma exceção é a tribo Didelphini,

com exemplares de médio porte, podendo alcançar até 5 kg no gênero *Didelphis* (ASTÚA, 2015). É possível observar nessa família uma variação significativa na morfologia da cauda, sendo utilizada como carácter que permite diferenciar alguns gêneros, como em *Lutreolina* (cuíca de cauda grossa) ou *Monodelphis* (cuíca de cauda curta) (ASTÚA, 2015). Além disso, a coloração corporal também é bastante variável, podendo ser dorsalmente uniforme ou com padrões listrados conspícuos, também evidente em algumas espécies do gênero *Monodelphis* (REIS *et al.*, 2011). As espécies de didelfídeos são identificadas com base em estruturas morfológicas externas, como as escamas caudais, pelos e coloração da pelagem, e também com base em estruturas internas, como a morfologia craniana (ROSSI *et al.*, 2012; DUDA & COSTA, 2015).

Nesse trabalho, o foco é o gênero *Monodelphis* Burnett, 1830 composto por espécies de pequeno porte, popularmente conhecidas como cuícas de cauda curta, que se diferenciam dos demais didelfídeos em caracteres cranianos e pela ausência da máscara facial (ROSSI *et al.*, 2012). Recentemente, o gênero passou por revisões taxonômicas, sendo reconhecidas 25 espécies, das quais 16 ocorrem no Brasil (PAVAN, 2009; PAVAN *et al.*, 2016 e 2019). Neste gênero estão inseridas espécies que apresentam três listras negras na região dorsal do corpo, são elas: *Monodelphis americana*, *Monodelphis iheringi*, *Monodelphis scalops* e *Monodelphis gardneri* que formam o grupo “americana” (GOMES, 1991) ou subgênero *Microdelphys* (PAVAN *et al.*, 2017) (Figura 1). Essas espécies são reconhecidas por características morfológicas de coloração da pelagem, tamanho corporal, conspicuidade das listras negras dorsais e caracteres craniodentários (CARDOSO, 2012; DUDA & COSTA, 2015; PAVAN & VOSS, 2016).

A espécie *Monodelphis americana* (Müller, 1776) é considerada endêmica da porção leste e apresenta uma distribuição ampla que abrange as regiões norte, nordeste e centro em direção ao sul do Brasil (PAVAN *et al.*, 2014). A segunda espécie, *Monodelphis scalops* (Thomas, 1888) é encontrada na porção sudeste do território brasileiro, onde ocorre no sul do Espírito Santo até o Estado de Santa Catarina, sendo também encontrada na Argentina (PAVAN *et al.*, 2014). Já *Monodelphis iheringi* (Thomas, 1888), a menor em tamanho dentre as quatro espécies, apresenta uma distribuição restrita à região litoral sudeste e sul do Brasil, abrangendo os Estados do Espírito Santo até o Rio Grande do Sul (PAVAN *et al.*, 2014). Enquanto que a espécie *Monodelphis gardneri* (Solari *et al.*, 2012) é endêmica do Peru, onde habita florestas de montanhas (SOLARI *et al.*, 2012).

As três espécies do Brasil apresentam semelhanças morfológicas em alguma fase da vida, tais como os machos adultos de *Monodelphis americana* e *Monodelphis scalops* que perdem as

suas listras negras dorsais ao longo do desenvolvimento etário. Além disso, semelhanças no comprimento do corpo dos jovens de *Monodelphis americana* e adultos de *Monodelphis iheringi*, podem ser um impasse à identificação taxonômica do grupo (CARDOSO & COSTA, 2015). Estes fatos evidenciam a necessidade da coleta e identificação dos exemplares em laboratório e a busca por novos caracteres taxonômicos (MOREIRA *et al.*, 2009; CARDOSO, 2012).

Ainda são escassos os estudos anatômicos dos pós crânio realizados com marsupiais, em especial os que habitam a região Neotropical (ABELLO & CANDELA, 2010; ARGOT, 2001 e 2002; FLORES, 2009; FLORES & DÍAZ, 2009). Esta escassez de estudos é uma surpresa visto que o grupo dos marsupiais é formado por uma ampla diversidade de espécies e com diferentes hábitos de vida. Pode estar relacionada à dificuldade de coleta e preparo do material em coleções, escassez de pesquisadores dedicados a área e o maior foco nos estudos do crânio de marsupiais (MENDES *et al.*, 2015). Portanto, o nosso objetivo é analisar qualitativamente e quantitativamente a morfologia da cintura pélvica de *Monodelphis (Microdelphys)* da mata atlântica, a fim de fornecer novos caracteres para identificação dos táxons.

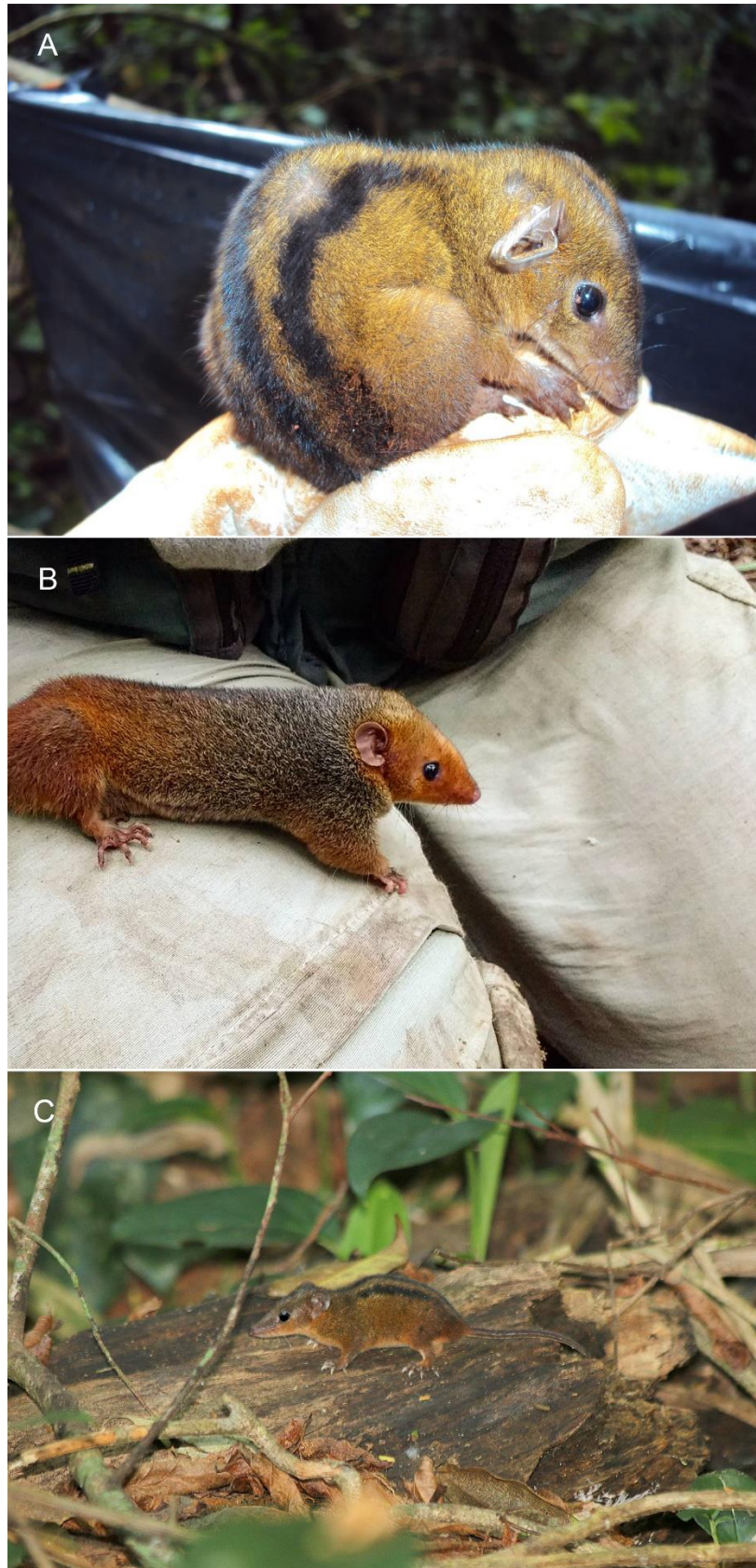


Figura 1. Exemplar de *Monodelphis americana* procedente de Brumadinho - MG em 2011 (A). Foto: Andréa de Oliveira Mesquita. Exemplar de *Monodelphis scalops* procedente de Ribeirão Pires – SP (B). Foto: Gisela Sobral. Exemplar de *Monodelphis iheringi* procedente do Parque Estadual Serra do Mar – SP (C). Foto: Miguel Nema.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Caracterizar a anatomia dos ossos da cintura pélvica de espécies de *Monodelphis* (*Microdelphys*) da Mata Atlântica.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar a anatomia dos ossos da cintura pélvica de *Monodelphis americana*, *Monodelphis iheringi* e *Monodelphis scalops*.
- Caracterizar a anatomia da cintura pélvica em diferentes classes etárias (jovem, subadulto e adulto).
- Testar dimorfismo sexual a partir da morfologia da cintura pélvica de forma quantitativa e qualitativa.
- Testar diferenciação interespecífica a partir da morfologia da cintura pélvica de forma quantitativa e qualitativa.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados para subsidiar as análises qualitativas e quantitativas pele e esqueleto de 162 exemplares de *Monodelphis americana* (n=109), *Monodelphis scalops* (n=28) e *Monodelphis iheringi* (n=25). A espécie peruana, *Monodelphis gardneri*, não foi incluída neste artigo devido ao baixo número de espécimes depositados em coleções científicas estrangeiras (SOLARI *et al.*, 2012). Os espécimes listados neste artigo estão depositados nas coleções de mamíferos das seguintes instituições brasileiras: Museu de Zoologia João Moojen da Universidade Federal de Viçosa de Viçosa, Minas Gerais (MZUFV); Laboratório de Biologia e Parasitologia de Mamíferos Reservatórios Silvestres da Fundação Oswaldo Cruz do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (LABPMR/FIOCRUZ); Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (MNRJ) e Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, São Paulo (MZUSP). Analisamos também espécimes não catalogados (Apêndice A; Tabela S1; Figuras S1; S2; S3 e S4).

A identificação dos espécimes seguiu Duda e Costa (2015) e Pavan e Voss (2016), que utilizaram caracteres morfológicos externos e internos. Os espécimes foram inicialmente separados por classes etárias baseadas na erupção e desgaste dos dentes, de acordo com Pavan *et al.* (2012) (Figura S5). Assim, classes 1 a 3 representam os jovens (antes da erupção do M4) e classe 4 os subadultos (M4 em erupção). Entre os adultos, a classe 5 representam os adultos precoces (desgaste incipiente em M3), a classe 6 os adultos completos (pouco desgaste em M3) e as classes 7 e 8 os adultos velhos (conspícuo para total desgaste em M3). Em seguida foram diferenciadas também de acordo com a fase de ossificação até a fusão completa do ílio, do ísquio e dos ossos púbicos de acordo com Dyce *et al.* (2010). Foram utilizados ainda a coloração do pelo (DUDA & COSTA, 2015) e informações contidas nas etiquetas dos espécimes.

As informações georreferenciais das etiquetas de identificação dos pontos de coleta dos exemplares foram transcritos em uma planilha do Excel[®] 14.0. Para a confecção do mapa foram incorporados os pontos de coleta dos exemplares a um arquivo vetorial utilizando o programa QGIS 3.4.4 (Figura 2).

A descrição qualitativa dos ossos pélvicos foi realizada para as diferentes classes etárias, seguindo Argot (2002), Flores (2009), Flores e Díaz (2009) e Abello e Candela (2010) (Figura 3A e B). A nomenclatura das estruturas do osso epipúbico foi de acordo com a proposta de Guilhon (2017) (Figura 3C). A cintura pélvica foi fotografada em vista dorsal, lateral e ventral com a ajuda do microscópio (SZX7 *Stereoscope Microscope*) com câmera a cores CMOS,

sendo assim, este é o primeiro trabalho que mostra imagens de três ossos pélvicos e epipúbicos de *Monodelphis* de três listras.

Para as análises quantitativas foram aferidas 14 medidas lineares, realizadas três repetições com paquímetro digital (INSIZE *Digital Caliper*) com uma precisão de 0,01 mm e apenas a média foi transformada em logaritmo para a criação da base de dados, seguindo-se: Sargis (2002b), Abello e Candela (2010), Guilhon (2017) e Cervantes e Martínez (2020) (Figura 4; Tabela S2).

As amostras independentes de diferentes classes etárias de *Monodelphis americana* foram utilizadas para a análise de variabilidade das medidas dentro dos grupos. Para isto, foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) para variáveis paramétricas (MONTGOMERY & RUNGER, 2016) e o Kruskal-Wallis para variáveis não paramétricas (GIBBONS & CHAKRABORTI, 2003). Para identificar as classes etárias que apresentavam variáveis com medianas distintas, o teste de Tukey de comparações múltiplas, estabeleceu um nível de significância de 5% (TUKEY, 1949). O teste Mann-Whitney U (teste U) foi utilizado para dados não paramétricos a fim de testar o dimorfismo sexual em adultos (FREUND & SIMON, 2007).

Para *Monodelphis scalops* e *Monodelphis iheringi*, o teste U foi utilizado para dados não paramétricos a fim de analisar o dimorfismo sexual entre espécimes adultos. Devido ao tamanho reduzido da amostra, os jovens e subadultos não foram incluídos na análise estatística.

Além disso, foi realizado o método multivariado, KMeans, para testar o dimorfismo sexual em adultos de *Monodelphis americana* e *Monodelphis scalops*. O KMeans é um algoritmo de clusterização (ou agrupamento) que utiliza de valores das variáveis a fim de agrupar os objetos em classes, de modo que objetos similares estejam na mesma classe (MANLY, 2008). Devido à grande quantidade de dados faltantes, a abertura da bacia (ADB), foi removida desta fase. Para as outras medidas que tinham dados faltantes (*missing data*), foi utilizada a técnica de múltipla imputação (MI) (*Fully Conditional Specification - FCS*) (MARIANI & ROMANO, 2017), implementada pelo algoritmo MICE (LITTLE, 1988; SCHENKER & TAYLOR, 1996; VAN BUUREN & GROOTHUIS-OUDSHOORN, 2011).

Finalmente, a comparação entre as espécies foi realizada através dos testes ANOVA, Kruskal-Wallis e KMeans, comparando adultos, usando apenas o sexo mais abundante se houvesse uma diferença sexual. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Rstudio 4.0.1 (R CORETEAM, 2018).

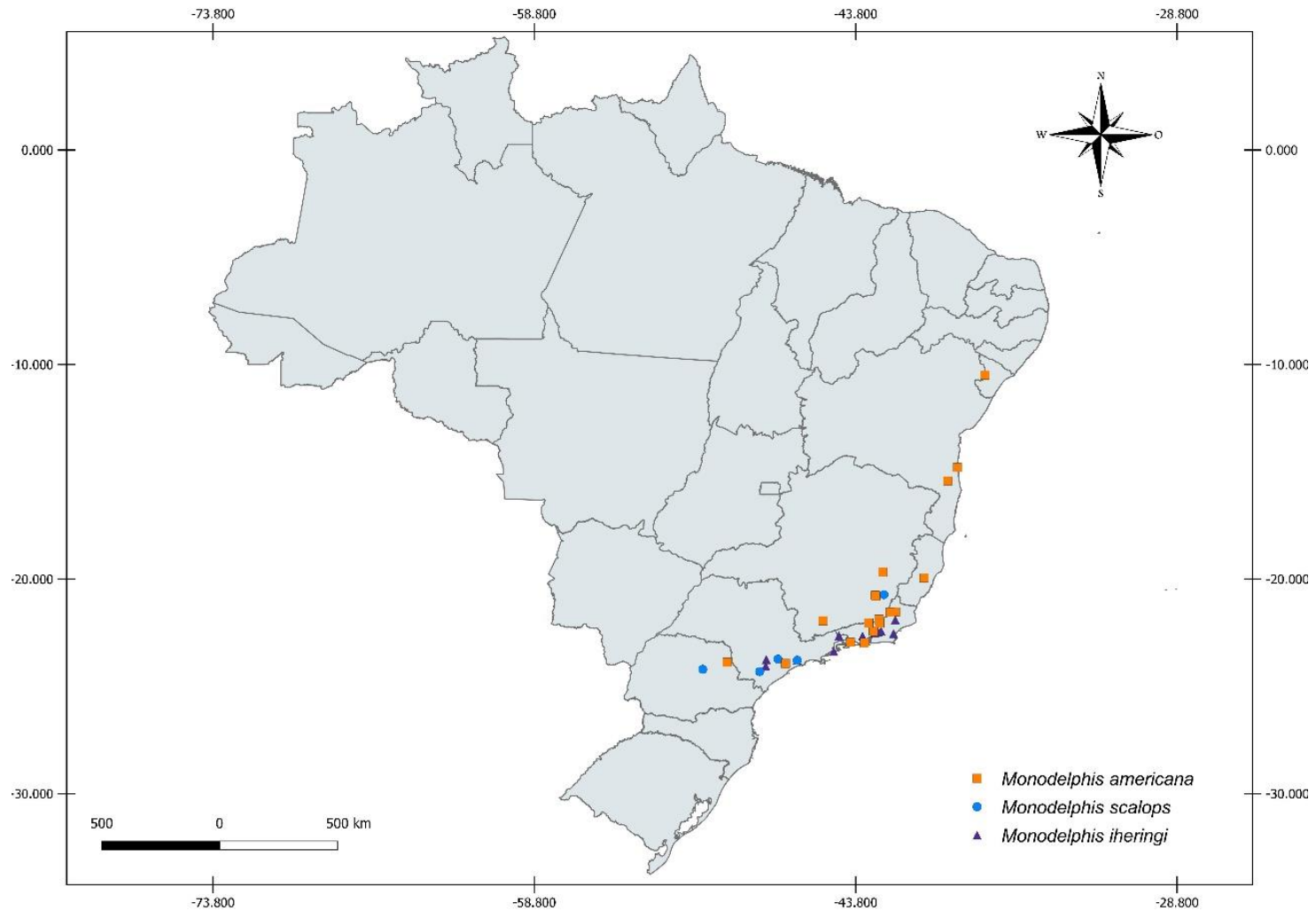


Figura 2. Mapa de distribuição dos exemplares de *Monodelphis* (*Microdelphys*) da Mata Atlântica, utilizados nas análises de variações ontogenéticas e sexuais. Criado com a aplicação do software QGIS. Escala: 500 km.

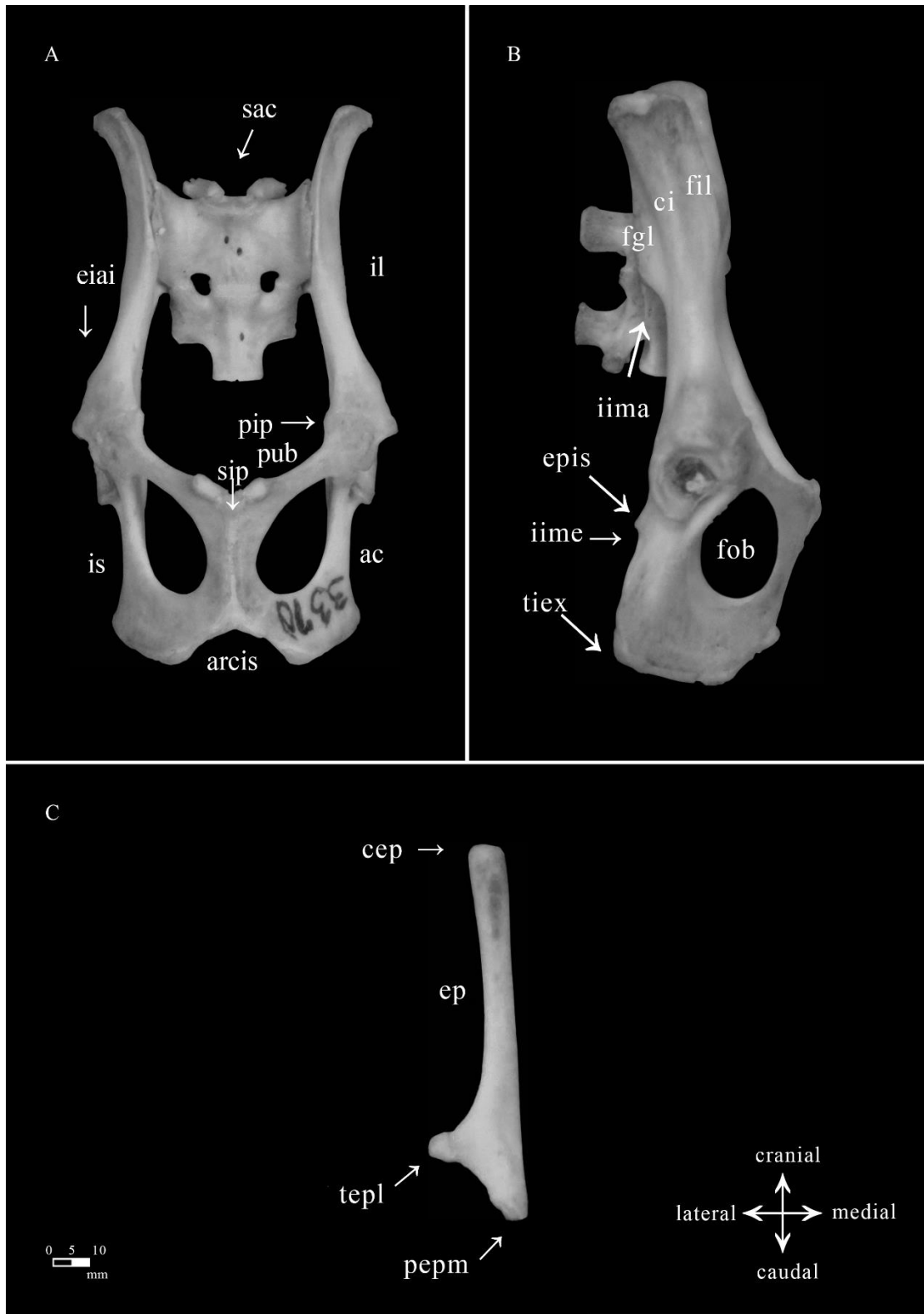


Figura 3. Cintura pélvica (A e B) e osso epipúbico (C) de *Monodelphis scalops*, demonstrando ossos e acidentes anatômicos. Espécime: MZUFV 3370. Abreviaturas: Sac, sacro; eiai, espinha íliaca anterior inferior; il, ílio; pip, processo iliopúbico; pub, pubis; sínfise púbica; sip; ac, acetábulo; arcis, arco isquiático; is, ísquio; fil, fossa íliaca; ci, crista íliaca; fgl, fossa glútea; iima, incisura isquiática maior; iime, incisura isquiática menor; epis, espinha isquiática; tiex, tuberosidade isquiática expandida; fob, forame obturador. Ep, osso epipúbico; cep, corno do epipúbico; pepm, processo epipubial medial; tepl, tubérculo epipubial lateral. Escala: 10 mm.

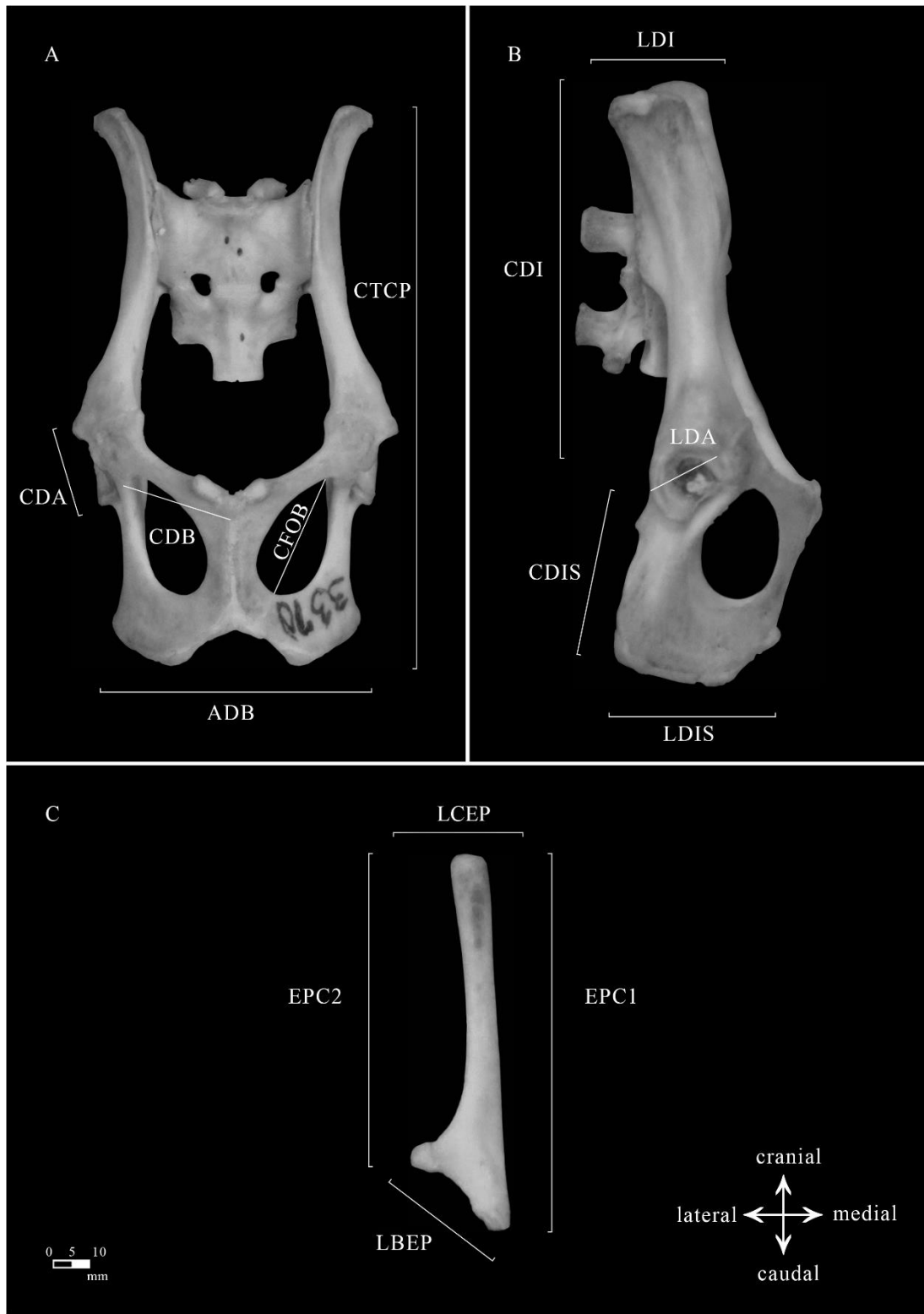


Figura 4. Vista ventral (A) e lateral da cintura pélvica (B) e osso epipúbico (C) de *Monodelphis scalops*, indicando as medidas lineares utilizadas no estudo. Espécime: MZUFV 3370. Escala: 10mm. Abreviaturas: CTCP, comprimento total da cintura pélvica; CDA, comprimento do acetábulo; CDB, comprimento do púbis; CFOB, comprimento do forame obturador; ADB, abertura da bacia; CDI, comprimento do ílio; LDI, largura do ílio; LDA, largura do acetábulo; CDIS, comprimento do ísquio; LDIS, largura do ísquio; EPC1, comprimento longo 1 do osso epipúbico; EPC2, comprimento longo 2 do osso epipúbico; LBEP, largura da base do osso epipúbico; LCEP, largura do corno do osso epipúbico. Escala: 10mm.

4. RESULTADOS

4.1. Análise Qualitativa Intraespecífica

4.1.1. *Monodelphis americana* (Figuras 5 e 6).

Na cintura pélvica, a região caudal do ísquio é reta. No ísquio, observamos uma espinha isquiática pouco desenvolvida. Em jovens, subadultos e adultos, esta espinha está ausente ou em desenvolvimento, sendo mais evidente apenas em espécimes velhos. As incisuras isquiáticas (menor e maior) são depressões agudas separadas pela espinha isquiática. Além disso, a tuberosidade isquiática está presente na região dorsal do ísquio, tanto nos ramos esquerdo quanto direito da cintura pélvica. Nos espécimes velhos, esta tuberosidade expande-se, cobrindo a região dorsal do ísquio, o que é bem evidenciado na vista lateral da pélvis

Em todos os espécimes, o forame obturador é oval e a extremidade anterior do ílio é dorsolateralmente curvada. As fossas (glútea e ilíaca) são depressões com tamanho semelhante, separadas pela crista ilíaca. Em juvenis e subadultos, o processo iliopúbico está ausente, enquanto que em adultos está em desenvolvimento e em adultos velhos é proeminente. Por outro lado, em todas as classes etárias, a espinha ilíaca anterior inferior está ausente. A fossa acetabular é redonda e varia entre os espécimes como profunda e rasa. Por fim, na cintura pélvica de espécimes velhos, as suturas ósseas são sutis, o que demonstra o limite de crescimento dos ossos ao longo do desenvolvimento etário.

Na haste lateral do osso epipúbico, há uma ligeira flexão convexa, sendo mais evidente perto do tubérculo epipubial lateral. Nos machos há uma ligeira curvatura convexa na haste medial, enquanto que nas fêmeas velhas, esta curvatura é acentuada. Nos machos não há curvatura entre o processo articular epipubial medial e o tubérculo epipubial lateral, enquanto que nas fêmeas a curvatura torna-se pronunciada ao longo de todo o desenvolvimento. Além disso, apenas nos machos o corno do osso epipúbico é abaulado. Assim, há dimorfismo sexual no osso epipúbico de *M. americana*.



Figura 5. Vista ventral e lateral da cintura pélvica de *Monodelphis americana* mostrando os acidentes ósseos. Espécimes: (A, B, E, F, L, K) adultos (MZUFV 2635; 3330; 4433; 4434); (C, D G, H, I, J) velhos (MZUFV 3892; 4431, 4439). Abreviaturas: Figura 3. Escala: 1000 μ m.

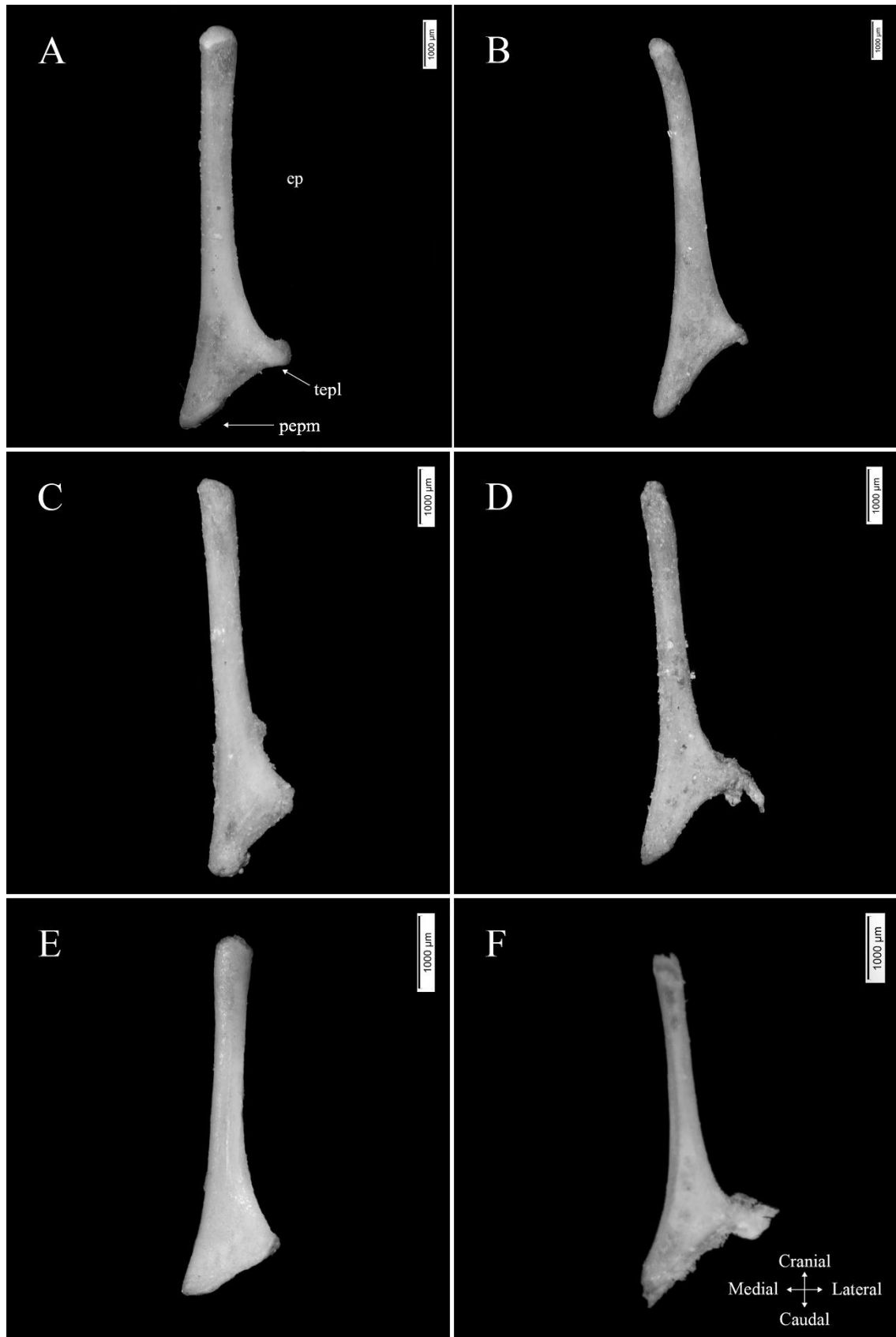


Figura 6. Vista ventral do osso epipúbico de *Monodelphis americana*. Espécimes: (A) macho velho (MZUFV 3892); (B) fêmea velha (MZUFV 4431) (C) macho adulto (MZUFV 4433); (D) fêmea adulta (MZUFV 4434); (E) macho jovem (MZUFV 2368); (F) fêmea jovem (MZUFV 3498). Abreviaturas: Figura 3. Escala: 1000µm.

4.1.2. *Monodelphis scalops* (Figuras 7, 8 e 9).

Na cintura pélvica, a região caudal do ísquio é reta e o forame obturador é oval. Em espécimes velhos, as incisuras isquiáticas (menor e maior) são depressões agudas separadas por uma espinha isquiática desenvolvida, que é mais proeminente nos machos do que nas fêmeas. Em jovens, subadultos e adultos, esta espinha está ausente ou em desenvolvimento. A tuberosidade isquiática varia entre adultos, sendo proeminente ou pouco proeminente. Em velhos, esta tuberosidade expande-se, cobrindo toda a região posterior do ísquio. Em todos os espécimes, a extremidade anterior do ílio é dorsolateralmente curvada e as fossas glútea e ilíaca são semelhantes em tamanho e separadas pela crista ilíaca. A fossa acetabular é redonda e profunda. Também, em indivíduos velhos, as suturas ósseas não são muito evidentes e a espinha ilíaca anterior inferior e o processo iliopúbico são proeminentes. Por outro lado, em juvenis, subadultos e adultos, a tuberosidade isquiática, a espinha ilíaca anterior inferior e o processo iliopúbico estão em desenvolvimento ou ausente. Por fim, há dimorfismo sexual em adultos de *M. scalops* na proeminência dos acidentes ósseos.

Na haste lateral do osso epipúbico, há uma ligeira flexão convexa, sendo mais evidente nas proximidades do tubérculo epipubial lateral. Em velhos, esta curvatura é acentuada. Nos machos não há curvatura entre o processo articular epipubial medial e o tubérculo epipubial lateral, enquanto que nas fêmeas a curvatura torna-se pronunciada ao longo do desenvolvimento. Nos machos velhos o corno ósseo epipúbico é abaulado. Em jovens, subadultos e adultos, a haste medial é curva, enquanto que nas fêmeas velhas é reta. Devido aos poucos exemplares, são necessários mais estudos a fim de corroborar com o dimorfismo sexual no osso epipúbico de velhos de *M. scalops*.

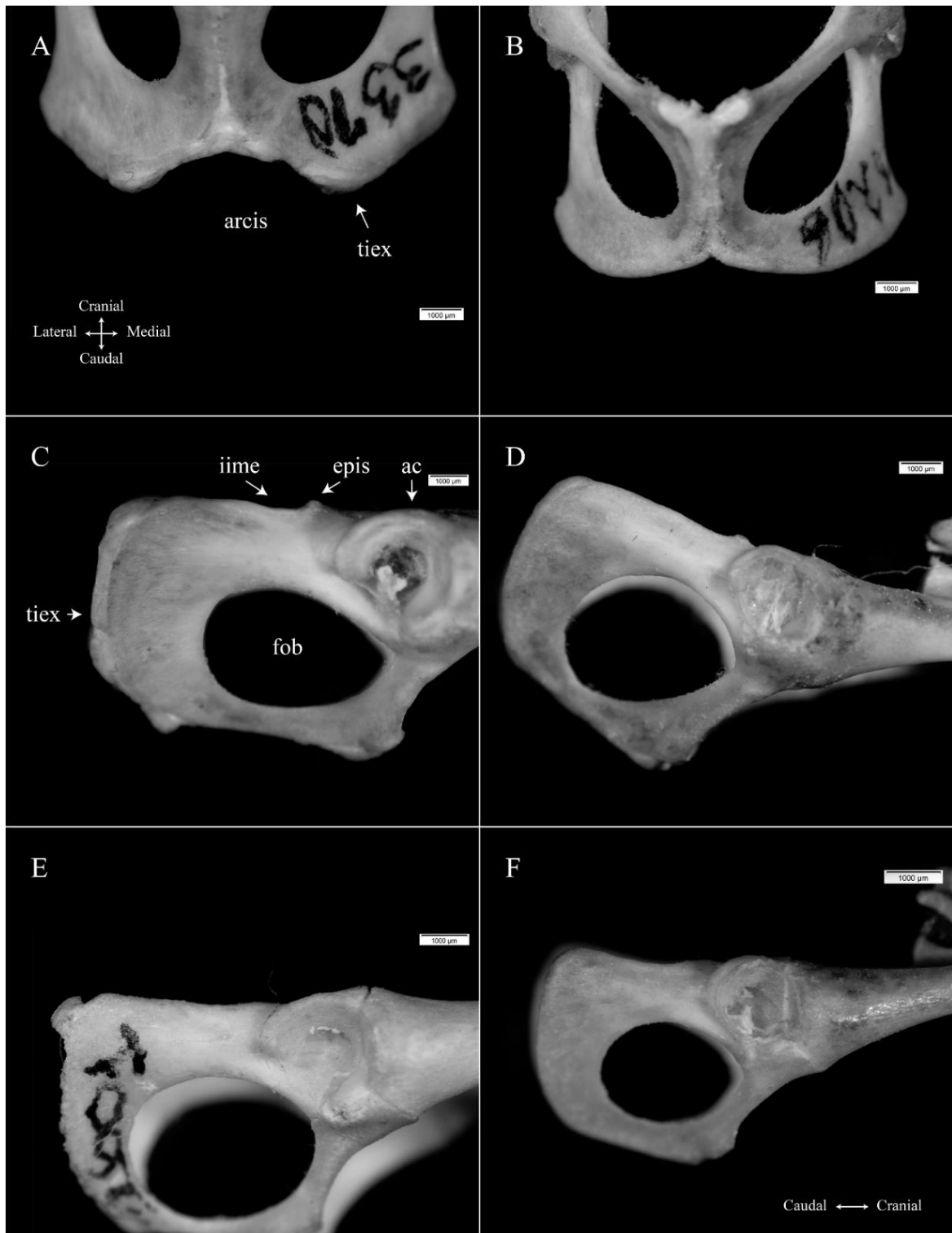


Figura 7. Vista ventral e lateral da cintura pélvica de *Monodelphis scalops* mostrando os acidentes ósseos. Espécimes: (A) macho velho (MZUFV 3370); (B) fêmea velha (MZUFV 1206); (C) macho adulto (MZUFV 1601) e (D) fêmea adulta (MZUFV 3359). Abreviaturas: Figura 3. Escala: 1000µm.



Figura 8. Vista ventral e lateral da cintura pélvica de *Monodelphis scalops* mostrando os acidentes ósseos. Espécimes: (A, E, F) macho velho (MZUFV 3370); (B e G) fêmea velha (MZUFV 1206); (C e I) fêmea adulta (MZUFV 3359); (D e H) macho adulto (MZUFV 1601). Abreviaturas: Figura 3. Escala: 1000µm.

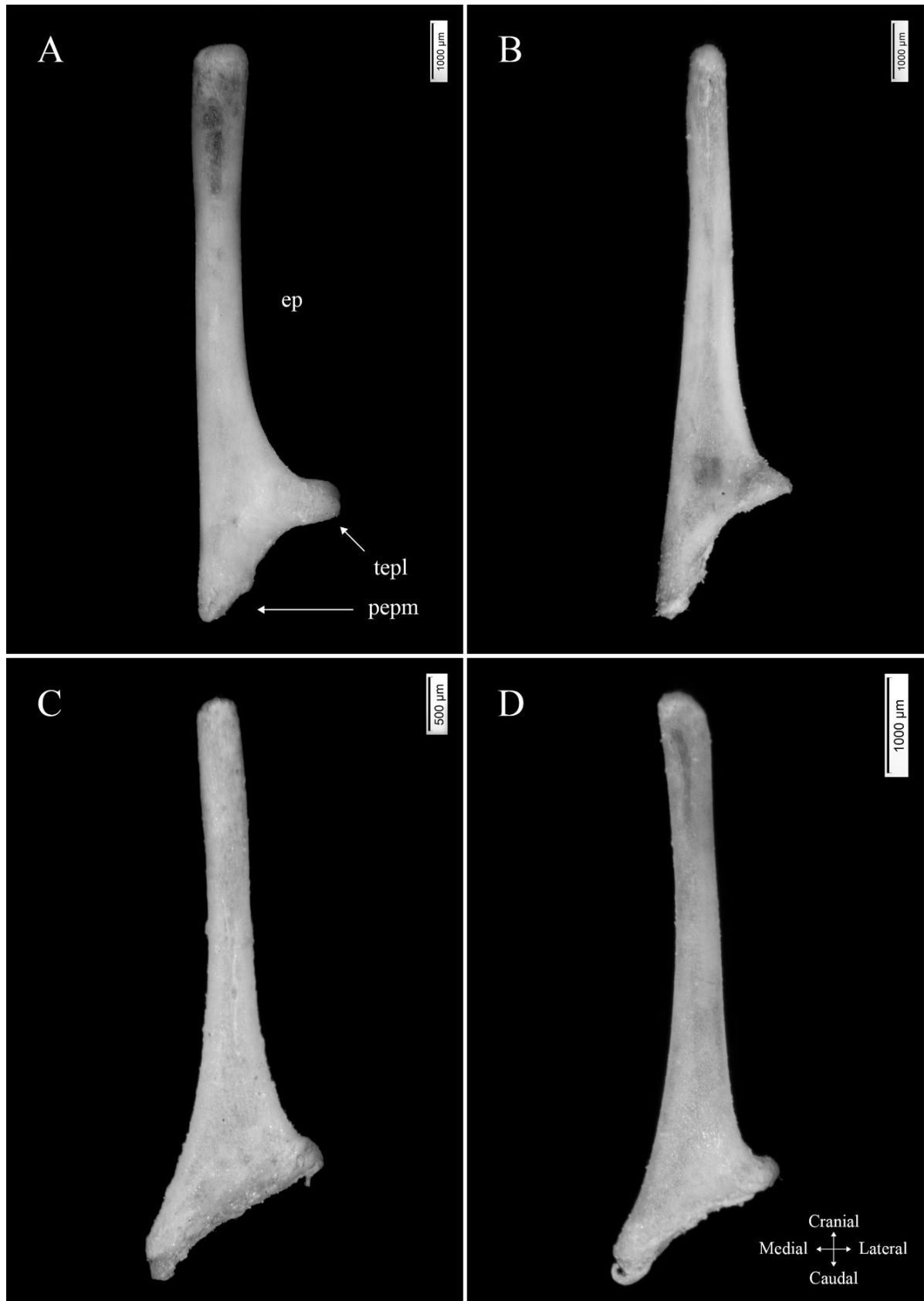


Figura 9. Vista ventral do osso epipúbico de *Monodelphis scalops*. Espécimes: (A) macho velho (MZUFV 3370); (B) fêmea velha (MZUFV 1206); (C) macho adulto (MZUFV 1601) e (D) fêmea adulta (MZUFV 3359). Abreviaturas: Figura 3. Escala: 500 µm e 1000 µm.

4.1.3. *Monodelphis iheringi* (Figura 10)

Na cintura pélvica de adultos, a porção caudal do ísquio é reta e o forame obturador é oval. A tuberosidade isquiática, o processo iliopúbico e a espinha ilíaca anterior inferior estão ausentes. As incisuras isquiáticas (menor e maior) são ligeiras depressões separadas pela espinha isquiática, que é pouco proeminente ou ausente. A extremidade anterior do ílio é dorsolateralmente curvada e as fossas glútea e ilíaca são semelhantes em tamanho e separadas pela crista ilíaca. A fossa acetabular é redonda e profunda. Tanto na haste medial quanto lateral do osso epipúbico, há uma ligeira flexão convexa. Há uma curvatura entre o processo articular epipubial medial e o tubérculo epipubial lateral. O dimorfismo sexual não foi observado nas diferentes classes etárias de *M. iheringi*.

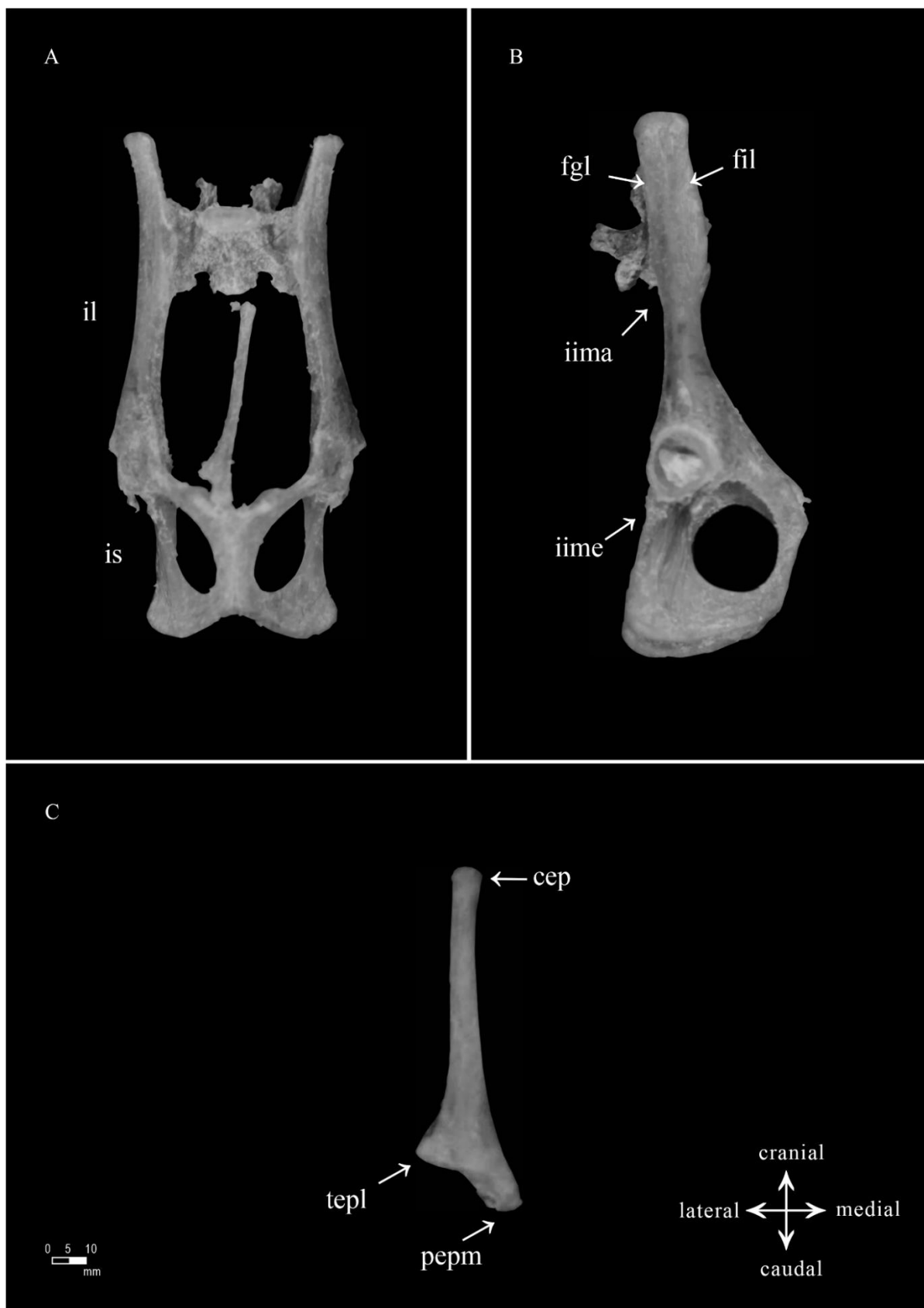


Figura 10. Vista ventral (A) e lateral (B) da cintura pélvica e vista ventral do osso epipúbico (C) de *Monodelphis iheringi*. Espécime: macho adulto (CB 34). Abreviaturas: Figura 3. Escala: 500 μm e 1000 μm .

4.2. Análise Qualitativa Interespecífica

A comparação dos 162 *Monodelphis* de três listras depositados em coleções científicas no Brasil, demonstra o desenvolvimento de acidentes ósseos da cintura pélvica ao longo do crescimento de *Monodelphis americana* e *Monodelphis scalops*. Como também a ausência destes acidentes ósseos em todos os espécimes de *Monodelphis iheringi* (Tabela 1).

Por fim, a pélvis das três espécies apresentam: Porção caudal do ísquio reta, extremidade anterior do ílio dorsolateralmente curvada, forame obturador oval, fossa acetabular arredondada e os tamanhos semelhantes da fossa glútea e da fossa ilíaca.

Tabela 1. Resumo dos acidentes anatômicos dos ossos da cintura pélvica de *Monodelphis* de três listras de acordo com o sexo e classe etária mostrando o desenvolvimento de acidentes ósseos ao longo do crescimento.

	<i>Monodelphis americana</i>					<i>Monodelphis scalops</i>					<i>Monodelphis iheringi</i>				
	pip	eiai	epis	ti	tiex	pip	eiai	epis	ti	tiex	pip	eiai	epis	ti	tiex
Jovem ♂	A	A	A	P	A	-	-	-	-	-	A	A	A	A	A
Jovem ♀	A	A	A	P	A	-	-	-	-	-	A	A	A	A	A
Subadulto ♂	A	A	D/A	P	A	-	-	-	-	-	A	A	A	A	A
Subadulto ♀	A	A	D	P	A	-	-	-	-	-	A	A	A	A	A
Adulto ♂	D	A	D	A	P	D	D	D	P	A	A	A	A	A	A
Adulto ♀	D	A	D	A	P	D	D	D	P	A	A	A	A	A	A
Velho ♂	P	A	P	A	P	P	P	P	A	P	A	A	A	A	A
Velho ♀	P	A	P	A	P	P	P	P	A	P	A	A	A	A	A

Abreviaturas: Figura 3
A, ausente; D, em desenvolvimento; P, presente; ♂, macho; ♀, fêmea; (-), indisponível

4.3. Análises Quantitativas Intraespecífica

4.3.1. *Monodelphis americana*

Para as 14 medidas totalizando 1.429 medições, encontramos 10 medidas que possuíam ao menos um valor faltante, totalizando 114 medições. Destacando a medida da abertura da bacia (ADB) que totalizou 54 valores faltantes (Tabela 2).

Por meio da análise de variância (ANOVA), foi possível identificar que as medianas entre as classes etárias são diferentes, exceto na abertura da bacia, este fato ocorre devido à grande quantidade de dados faltantes para esta medida, o que pode influenciar no resultado do teste. O teste de Kruskal-Wallis é diferente em pelo menos uma das classes etárias (Tabelas 2 e 3).

Por meio do Mann-Whitney (U) verificou-se que todas as medidas são diferentes entre machos e fêmeas adultos com exceção da largura do corno do epipúbico (Tabela 4). A estatística descritiva mostrou que as médias das medidas da cintura pélvica: Comprimento total da cintura pélvica (CTCP), comprimento do ílio (CDI), comprimento do acetábulo (CDA), largura do acetábulo (LDA), largura do ílio (LDI), largura do ísquio (LDIS), comprimento do púbis (CDB) e comprimento do forame obturador (CFOB) são maiores nos machos do que nas fêmeas. Para as fêmeas, os destaques são para as medidas do osso epipúbico, que em média são maiores: Comprimento longo 1 do osso epipúbico (EPC1), comprimento longo 2 do osso epipúbico (EPC2) e largura da base do osso epipúbico (LBEP). Para a cintura pélvica, apenas duas medidas são maiores nas fêmeas: Comprimento do ísquio (CDIS) e abertura da bacia (ADB).

Tabela 2. Estatística descritiva (mediana, desvio padrão e intervalo), ANOVA e Kruskal-Wallis para a cintura pélvica de *Monodelphis americana*. Os valores de p em negrito são estatisticamente significativos.

Variáveis	<i>Monodelphis americana</i>										ANOVA p-valor/F	Kruskall- Wallis
	Jovem			Subadulto			Adulto			Dados faltantes		
	N	Mediana± DP	Mín-Máx	n	Mediana± DP	Mín-Máx	n	Mediana± DP	Mín-Máx			
CTCP	24	11,30-1,58	8,0-15,76	16	13,02- 1,94	11,48-17,09	69	17,10-2,57	11,71-20,83	2	0,001 /68,64	-
CDI	24	6,90-1,00	4,63- 9,56	17	7,82-1,08	6,82-10,45	69	10,49-1,65	7,22-12,89	1	0,001 /67,08	-
CDA	24	1,78-0,28	1,14-2,37	17	1,93-0,36	1,55-2,65	70	2,35-0,35	1,65-3,03	-	0,001 /30,26	-
LDA	24	1,77-0,26	1,32-2,31	17	1,93-0,28	1,28-2,33	70	2,24-0,32	1,48-3,16	-	0,001 /24,5	-
LDI	24	2,04-0,60	1,03-3,05	17	1,41-0,26	1,12-2,00	70	2,04-0,60	1,11-6,11	-	0,001 /19,03	-
LDIS	23	3,57-0,74	3,26-6,8	17	3,96-0,55	3,26-5,19	70	5,45-0,90	3,26-6,8	1	0,001 /59,25	-
CDIS	24	2,49-0,39	1,77-3,48	17	2,91-0,47	2,31-4,02	70	4,12-0,75	2,65-5,47	-	0,001 /75,48	0,001
CDB	23	2,93-0,45	2,02-4,13	17	5,99-2,66	0,73-3,54	70	4,79-0,96	2,60-8,68	1	0,001 /51,25	-
CFOB	22	2,76-0,53	1,82-4,66	17	5,99-2,29	0,79-3,28	70	4,25-0,99	2,96-9,06	2	0,001 /29,4	-
ADB	8	5,14-1,03	3,68-7,22	7	5,60-1,93	3,5-9,93	42	7,11-1,56	3,55-10,28	54	0,06/2,84	-
EPC1	18	4,80-1,08	2,93-7,15	15	5,64-1,02	4,63-7,84	62	7,89-1,73	0,49-11,43	14	0,001 /45,3	-
EPC2	18	4,05-0,97	1,45-5,53	15	4,94-1,01	3,99-7,38	62	6,77-1,33	3,92-9,55	14	0,001 /53,12	-
LBEP	18	4,42-1,09	2,12-6,98	15	4,79-1,11	1,82-7,12	62	7,27-1,51	4,34-10,00	14	0,001 /52,04	-
LCEP	18	0,42-0,10	0,15-0,63	15	0,47-0,13	0,35-0,76	62	0,62-0,12	0,36-1,10	14	0,001 /28,87	-
Total	292			219			918			114		

Abreviaturas: Figura 4

Tabela 3. Teste de Tukey entre classes etárias de *Monodelphis americana* com base em dados da cintura pélvica. Os valores de p em negrito são estatisticamente significativos.

Variáveis	Teste de Tukey (p-valor)		
	Adulto vs. Subadulto	Adulto vs. Jovem	Jovem vs. Subadulto
CTCP	<0,001	<0,001	0,037
CDI	<0,001	<0,001	0,019
CDA	<0,001	<0,001	0,353
LDA	<0,001	<0,001	0,267
LDI	<0,001	<0,001	0,982
LDIS	<0,001	<0,001	0,140
CDIS	<0,001	<0,001	0,1165
CDB	<0,001	<0,001	<0,001
CFOB	<0,001	<0,001	<0,001
ADB	<0,001	<0,001	0,9773
EPC1	0,292	0,009	0,557
EPC2	0,215	0,004	0,538
LBEP	0,091	<0,001	0,776
LCEP	<0,001	<0,001	0,9569

Abreviaturas: Figura 4

Tabela 4. Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo) e teste de Mann-Whitney entre machos e fêmeas adultos de *Monodelphis americana* com base em dados da cintura pélvica. Os valores de p em negrito são estatisticamente significativos.

<i>Monodelphis americana</i>								
Variáveis	Machos	Fêmeas	Machos		Fêmeas		Dados faltantes	Mann-Whitney
	n	N	Média±DP	Mín-Máx	Média±DP	Mín-Máx		p-valor
CTCP	46	20	17,61±2,58	12,21-20,83	16,78±2,32	12,03-19,73	1	<0,001
CDI	46	20	10,81±1,60	7,45-12,76	10,57±1,58	7,37-12,89	1	0,047
CDA	47	20	2,45±0,39	1,66-3,03	2,24±0,16	1,93-2,51	-	0,012
LDA	47	20	2,33±0,32	1,61-3,16	2,15±0,25	1,76-2,63	-	<0,001
LDI	47	20	2,08±0,40	1,19-2,81	1,88±0,30	1,41-2,28	-	0,014
LDIS	47	20	5,60±0,88	3,8-6,8	5,42±0,81	3,91-6,46	-	0,032
CDIS	47	20	4,30±0,77	2,65-5,47	3,92±0,56	2,77-4,53	-	<0,001
CDB	47	20	4,88±0,85	3,32-6,48	4,67±0,74	3,36-6,07	-	0,024
CFOB	47	20	4,15±0,66	2,96-5,78	4,11±0,73	3,15-5,66	-	0,038
ADB	26	13	7,13±1,85	4,34-10,28	7,33±1,37	4,7-9,06	25	0,023
EPC1	44	16	8,04±1,58	4,82-10,73	8,31±1,48	5,17-10,19	7	0,046
EPC2	44	16	6,84±1,35	4,07-8,82	6,93±1,22	4,32-8,49	7	0,012
LBEP	44	16	6,80±1,35	4,07-8,82	6,93±1,22	4,32-8,49	7	0,016
LCEP	44	16	0,63±0,12	12,21-20,83	0,60±0,09	0,38-0,74	7	0,466
Total	257	623					55	

Abreviaturas: Figura 4

Por meio da análise multivariada KMeans, verificou-se que 67,61% da variabilidade dos pontos é explicada pelos dois primeiros componentes principais. Portanto, as estimativas entre os sexos possuem separação moderadas nos clusters (Figura 11; Tabela S3).

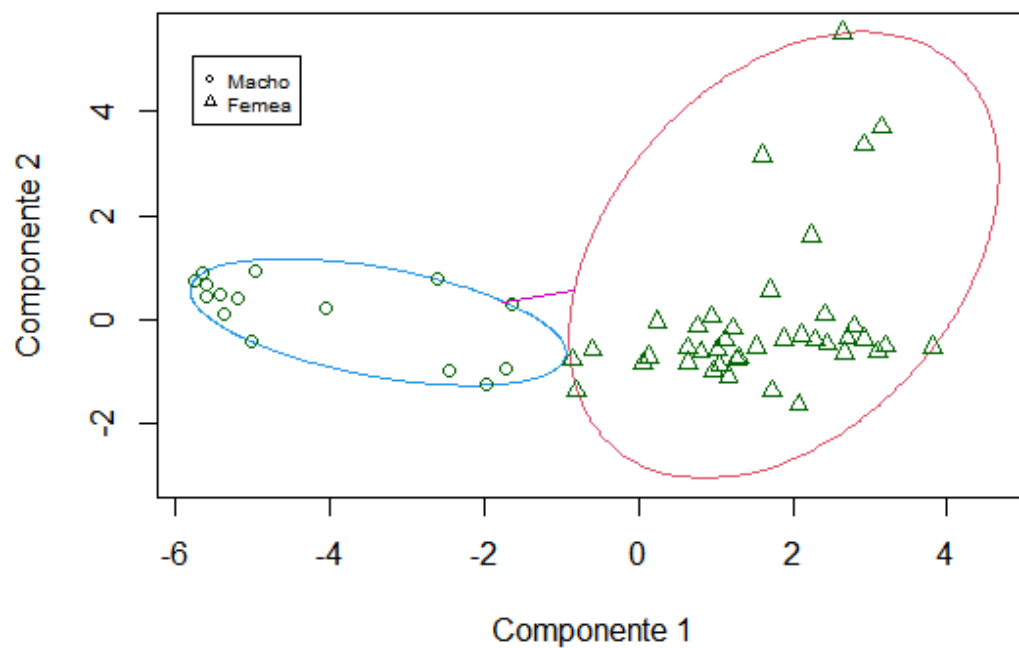


Figura 11. Gráfico de agrupamentos (clusters) entre indivíduos machos e fêmeas de *Monodelphis americana*.

4.3.2. *Monodelphis scalops*

No teste de Mann-Whitney as variáveis da cintura pélvica, exceto a largura do ílio (LDI) e abertura da bacia (ADB), são dimórficas para os machos e as fêmeas. Para o osso epipúbico, nenhuma das variáveis difere entre os grupos (Tabela 5).

A estatística descritiva demonstrou que as medidas: Comprimento total da cintura pélvica (CTCP), comprimento do ílio (CDI), comprimento do acetábulo (CDA), largura do acetábulo (LDA), largura do ísquio (LDIS), comprimento do púbis (CDB), comprimento do forame obturador (CFOB) dos machos são maiores do que das fêmeas. Em fêmeas, apenas uma medida: Comprimento do ísquio (CDIS) é em média maior (Tabela 5).

Tabela 5. Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo) e teste de Mann-Whitney entre machos e fêmeas adultos de *Monodelphis scalops* com base em dados da cintura pélvica. Os valores de p em negrito são estatisticamente significativos.

<i>Monodelphis scalops</i>								
Variáveis	Machos	Fêmeas	Machos		Fêmeas		Dados faltantes	Mann-Whitney
	N	n	Média±DP	Mín-Máx	Média±DP	Mín-Máx		p-valor
CTCP	9	8	19,01±3,55	13,12- 23,31	15,25±2,92	12,15-19,27	-	0,008
CDI	9	8	11,53±2,26	7,78-14,42	9,42±1,82	7,51-11,86	-	0,017
CDA	9	8	2,65±0,37	2,04-3,22	2,21±0,38	1,59-2,7	-	0,003
LDA	9	8	2,91±0,54	1,92-3,7	2,11±0,35	1,65-2,71	-	0,006
LDI	9	8	2,36±0,60	1,32-3,37	1,88±0,44	1,18-2,54	-	0,101
LDIS	9	8	6,30±1,19	4,2-7,93	4,48±1,00	3,1-6,23	-	0,001
CDIS	9	8	3,07±1,00	3,07-5,85	3,60±0,73	2,56-4,63	-	0,005
CDB	9	8	5,54±1,01	3,87-6,77	4,22±0,92	3,33-6,03	-	0,010
CFOB	9	8	4,55±0,66	3,52- 5,43	3,91±1,00	2,76-5,31	-	0,012
ADB	7	7	7,54±1,82	4,93-10,27	6,11±1,54	4,73-8,94	4	0,09
EPC1	6	5	8,13±1,93	5,17-10,63	7,39 ±1,72	5,71-9,99	7	0,463
EPC2	6	5	6,91±1,66	4,44-9,08	6,13±1,29	4,95-8,1	7	0,353
LBEP	6	5	2,80 ±0,57	1,9-3,33	2,57±0,50	2,02-3,25	7	0,08
LCEP	6	5	0,73±0,20	0,47-1,07	0,57±0,13	0,4-0,74	7	0,08
Total	112	99						

Abreviaturas: Figura 4

Por meio da análise multivariada KMeans, verificou-se que 82,09% da variabilidade dos pontos é explicada pelos dois primeiros componentes principais. Portanto, as estimativas entre os sexos possuem separação perfeitamente explicada nos clusters (Figura 12; Tabela S3).

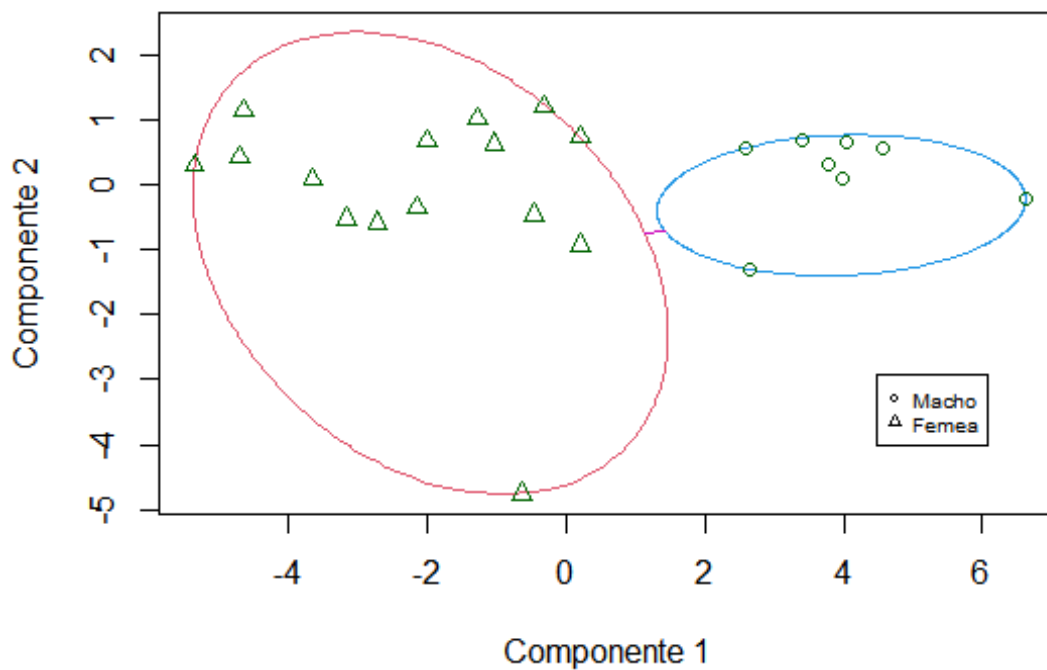


Figura 12. Gráfico de agrupamentos (clusters) entre indivíduos machos e fêmeas de *Monodelphis scalops*.

4.3.3. *Monodelphis iheringi*

Por meio do Mann-Whitney (U) verificou-se que todas as medidas da cintura pélvica de machos e fêmeas adultos são estatisticamente iguais ($p < 0,05$). Portanto, não há dimorfismo sexual em *Monodelphis iheringi* (Tabela 6).

Tabela 6. Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo) e teste de Mann-Whitney de machos e fêmeas adultos de *Monodelphis iheringi* com base em dados da cintura pélvica.

Variáveis	<i>Monodelphis iheringi</i>						Dados faltantes	Mann-Whitney
	Machos	Fêmeas	Machos		Fêmeas			
	n	N	Média±DP	Mín-Máx	Média±DP	Mín-Máx		
CTCP	13	4	15,37±0,63	14,33-16,29	14,53± 0,75	13,75-15,56	-	0,059
CDI	13	4	9,54±0,43	8,87-10,2	8,98±0,59	8,55-9,86	-	0,789
CDA	13	4	1,81±0,12	1,63-2,06	1,70±0,13	1,61-1,9	-	0,130
LDA	13	4	2,08±0,15	1,82-2,25	1,93±0,17	1,76-2,16	-	0,890
LDI	13	4	1,77±0,19	1,55-2,1	1,58±0,12	1,43-1,73	-	0,120
LDIS	13	4	4,97±0,22	4,61-5,3	4,5±0,24	4,20-4,76	-	0,533
CDIS	13	4	3,65±0,24	3,23-4,1	3,58±0,18	3,39-3,83	-	0,571
CDB	13	4	4,23±0,26	3,71-4,7	4,14±0,26	3,83-4,45	-	0,957
CFOB	13	4	3,52±0,29	3,13-4,12	3,47±0,27	3,13-3,72	-	0,181
ADB	10	2	5,74±0,52	5,12-6,85	6,15± 0,11	6,07-6,23	5	0,639
EPC1	12	4	6,97±0,44	6,26-7,68	7,04±0,57	6,54-7,86	1	0,903
EPC2	12	4	5,88±0,48	5,15-6,91	5,83±0,53	5,41-6,59	1	0,715
LBEP	12	4	2,31±0,17	2,01-2,56	2,42±0,12	2,31-2,53	1	0,504
LCEP	12	4	0,50±0,05	0,41-0,62	0,47± 0,07	0,41-0,56	1	0,392
Total	175	54					9	

Abreviaturas: Figura 4

4.4. Análise Quantitativa Interespecífica

Na ANOVA e Kruskal-Wallis todas as medianas da cintura pélvica são significativas para a diferença entre as espécies (Tabela 7).

No teste de Tukey, machos adultos diferem em pelo menos uma espécie. A espécie *Monodelphis iheringi* se diferencia de *Monodelphis scalops* na largura do acetábulo (LDA) e comprimento longo 2 do osso epipúbico (EPC2) que são maiores nesse último. Não foram identificadas diferenças nas medidas de machos adultos entre *Monodelphis americana* e *Monodelphis scalops* e entre *Monodelphis americana* e *Monodelphis iheringi* (Tabela 8).

Tabela 7. Estatística descritiva (média, desvio padrão e intervalo), ANOVA e Kruskal-Wallis para machos adultos de *Monodelphis americana*, *Monodelphis scalops* e *Monodelphis iheringi*, com base em dados da cintura pélvica. Os valores de p em negrito são estatisticamente significativos.

Variáveis	<i>Monodelphis americana</i>			<i>Monodelphis scalops</i>			<i>Monodelphis iheringi</i>			Shapiro-Wilk	ANOVA	Kruskall-Wallis
	n	Média±DP	Mín-Máx	n	Média±DP	Mín-Máx	n	Média±DP	Mín-Máx	p-valor/W	p-valor	p-valor
CTCP	46	17,61±2,58	12,21-20,83	13	19,01±3,55	13,12-23,31	13	15,37±0,63	14,33-16,29	0,04/0,96	<0,001	<0,001
CDI	46	10,81±1,60	7,45-12,76	13	11,53±2,26	7,8-14,42	13	9,54±0,43	8,87-10,2	0,04/0,96	<0,001	<0,001
CDA	47	2,33±0,32	1,61-3,16	13	2,65±0,37	2,04-3,22	13	1,81±0,12	1,63-2,06	0,1/0,97	<0,001	<0,001
LDA	47	2,45±0,39	1,66-3,03	13	2,91±0,54	1,92-3,7	13	2,08±0,15	1,82-2,25	0,23/0,97	<0,001	<0,001
LDI	47	2,08±0,40	1,19-2,81	13	2,36±0,60	1,32-3,37	13	1,77±0,19	1,55-2,10	0,41/0,98	<0,001	<0,001
LDIS	47	5,60±0,88	3,8-6,8	13	6,30±1,19	4,22-7,93	13	4,97±0,22	4,61-5,30	0,28/0,97	<0,001	<0,001
CDIS	47	4,30±0,77	2,65-5,47	13	4,68±1,00	3,07-5,85	13	4,65±0,24	3,23-4,10	0,08/0,97	<0,001	<0,001
CDB	47	4,88±0,85	3,32-6,48	13	5,54±1,10	3,87-6,77	13	4,23±0,26	3,71-4,70	0,08/0,97	<0,001	<0,001
CFOB	47	4,15±0,66	2,96-5,78	13	4,55±4,69	3,52-5,43	13	3,45±0,22	3,18-3,93	0,08/0,97	<0,001	<0,001
ADB	24	7,35±1,75	4,34-10,28	11	7,17±2,07	4,37-10,27	12	5,88±0,90	4,93-8,21	0,02/0,94	0,003	<0,001
EPC1	43	8,11±1,54	4,82-10,73	10	8,13±1,93	5,17-10,63	13	6,84±0,62	5,31-7,68	0,04/0,96	0,07	<0,001
EPC2	43	6,90±1,32	4,07-8,82	10	6,91±1,65	4,44-9,08	13	5,77±0,61	4,44-6,91	0,00/0,94	0,04	<0,001
LBEP	43	6,85±1,31	4,07-8,82	10	3,04±0,66	1,9-4,37	13	2,28±0,20	1,9-2,56	0,00/0,87	0,36	0,29
LCEP	43	0,63±0,11	0,36-0,85	10	0,72±0,22	0,4-10,7	13	0,50±0,61	0,41-0,62	0,04/0,96	0,04	0,01

Abreviaturas: Figura 4

Tabela 8. Teste de Tukey para dados da cintura pélvica entre três espécies de *Monodelphis* de três listras. Os valores de p em negrito são estatisticamente significativos.

Variáveis	Teste de Tukey (p-valor)		
	<i>iheringi</i> vs. <i>scalops</i>	<i>iheringi</i> vs. <i>americana</i>	<i>scalops</i> vs. <i>americana</i>
CTCP	0,929	0,956	0,983
CDI	0,938	0,951	0,992
CDA	0,482	0,359	0,996
LDA	0,034	0,141	0,393
LDI	0,223	0,647	0,374
LDIS	0,972	0,945	0,694
CDIS	0,917	0,978	0,941
CDB	0,999	0,960	0,917
CFOB	0,999	0,925	0,952
EPC1	0,999	0,409	0,550
EPC2	0,017	0,526	0,441
LBEP	0,995	0,083	0,176
LCEP	0,795	0,658	0,328

Abreviaturas: Figura 4

Por meio da análise multivariada KMeans, verificou-se que 71,83% da variabilidade dos pontos é explicada pelos dois primeiros componentes principais. Para as espécies, as estimativas entre os machos adultos possuem sobreposição moderada explicada nos clusters (Figura13; Tabela S4).

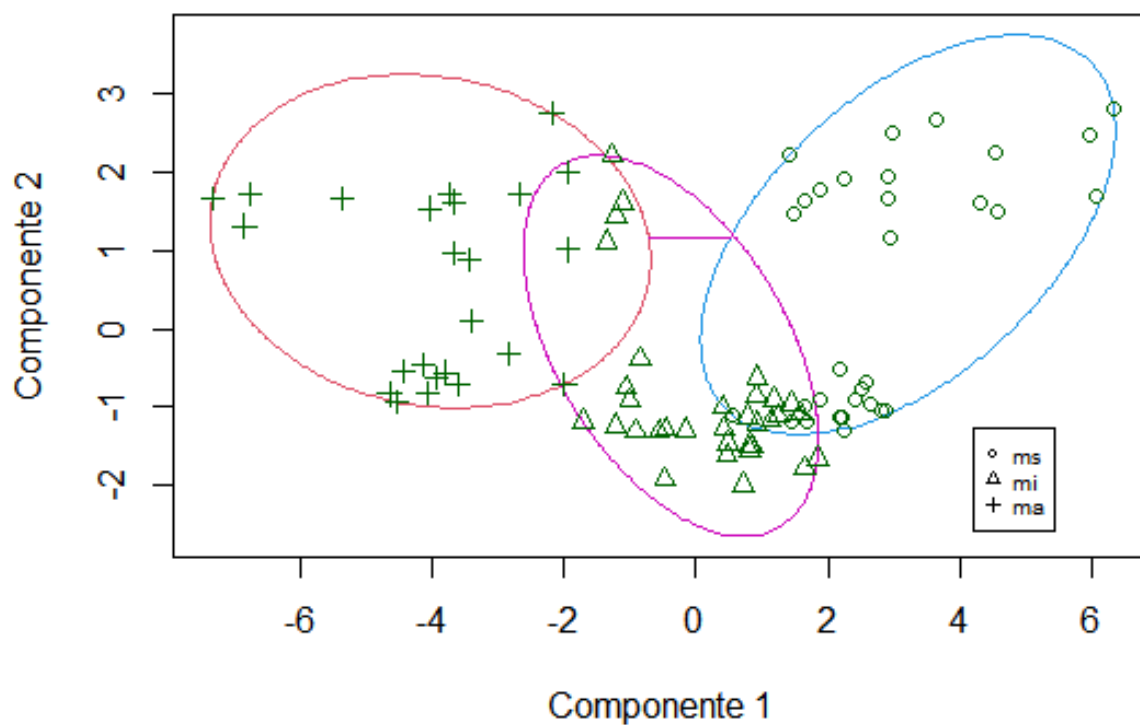


Figura 13. Gráfico de agrupamentos (clusters) entre machos adultos de *Monodelphis americana* (ma), *Monodelphis scallops* (ms) e *Monodelphis iheringi* (mi).

5. DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo descritivo das estruturas da cintura pélvica de *Monodelphis americana*, *Monodelphis scalops* e *Monodelphis iheringi*, incluindo análises morfológicas e morfométricas. Os nossos resultados visam colaborar estudos anteriores de Argot (2001, 2002, 2003, 2004), Flores (2009) e Flores e Díaz (2009) que salientam a importância da anatomia do pós-crânio como carácter taxonômico para os marsupiais da família Didelphidae.

Os nossos resultados da análise qualitativa confirmam que a porção caudal do ísquio é reta nas três espécies (ambos os sexos e em todas as classes etárias). Esta característica foi observada por Flores e Díaz (2009) que definiu esta porção caudal do ísquio como reta nos gêneros *Monodelphis brevicaudata*, *Monodelphis adusta* e *Glironia venusta* e lateralmente curvada nos gêneros *Metachirus*, *Chironectes*, *Philander*, *Didelphis* e *Lutreolina*. Esta região posterior está intimamente relacionada com a origem dos músculos *bíceps femoris* e *semitendinosus*, que atuam na flexão da tíbia em movimentos fortes e lentos e são muito ativos na porção caudal lateralmente curvada do ísquio (ARGOT, 2002). Estes músculos são fortes extensores do quadril em marsupiais arborícolas, que variam na posição do corpo de quadrúpede a semi-ereto, mantendo o tronco levantado (ARGOT, 2002), estão também associados a uma maior amplitude de abdução (JEKINS & CAMAZINE, 1977). De acordo com Flores e Díaz (2009), um ângulo ligeiramente aberto do ísquio, como observado em *Glironia*, sugere redução da amplitude de abdução. Assim, os nossos resultados sugerem que a porção caudal do ísquio reta de *Monodelphis* de três listras poderia estar relacionada com a postura quadrúpede e modo de locomoção terrestre (PAGLIA *et al.*, 2012), bem como a uma menor função dos músculos abdutores (EVANS & LAHUNTA, 2013).

A presença da espinha isquiática bem desenvolvida foi observada em exemplares velhos de *Monodelphis scalops*, e pouco desenvolvida ou ausente em *Monodelphis americana* e *Monodelphis iheringi*. Abello e Candela (2010) verificaram uma espinha isquiática proeminente em *Caenolestes* e *Metachirus*. Esta característica promove a origem dos músculos de abdução (*bíceps femoris* e *semitendinosus*) que estão associados ao modo de locomoção cursosaltatorial. Por outro lado, Flores e Díaz (2009) determinaram este acidente ósseo como não proeminente para os marsupiais arborícolas como *Caluromys*, *Caluromysiops* e *Marmosa*. É provável que a ausência desta espinha isquiática promova uma menor área de origem para estes músculos nas espécies, *M. americana*, *M. iheringi* e juvenis de *M. scalops*. Assim, os nossos resultados sugerem um maior desempenho destes músculos em *M. scalops* relacionados com a locomoção terrestre. Finalmente, a proeminência da espinha isquiática é um fator de

diferenciação interespecífica e pode ser usado como um carácter variável em *Monodelphis* e, portanto de importância taxonômica para *Monodelphis* de três listras. Esta descoberta é importante para o grupo, uma vez que os caracteres anatômicos atualmente utilizados para diferenciar as espécies baseiam-se estritamente no crânio e na pele (MOREIRA *et al.*, 2009; DUDA & CARDOSO, 2012).

A tuberosidade isquiática foi observada em jovens e subadultos de ambos os sexos de *Monodelphis americana* e *Monodelphis scalops* enquanto que em *Monodelphis iheringi* está ausente. Em exemplares velhos esta tuberosidade expande-se cobrindo a região dorsal e toda a região posterior do ísquio em *M. americana* e *M. scalops*, respectivamente. A tuberosidade isquiática cobrindo a região dorsal do ísquio, foi observada por Flores e Díaz (2009) em *Didelphis*, *Metachirus*, *Philander* e em formas arborícolas como *Caluromys*, *Caluromysiops* e *Marmosa*. Além disso, Abello e Candela (2010) observaram esta tuberosidade em *Paleothenes* e *Caenolestes*, ambos gêneros cursoriais com capacidades saltatorias. O desenvolvimento da tuberosidade isquiática indica maior atividade dos músculos *bíceps femoris*, *semitendinosus* e *semimembranosus* que promovem a aceleração necessária para saltar como em *Metachirus* (ARGOT, 2002; ABELLO & CANDELA, 2010). Embora estudos com *Monodelphis dimidiata* não tenham relatado esta característica para a espécie (ABELLO & CANDELA, 2010), o nosso trabalho sugere esta característica para *M. americana* e *M. scalops*. Por fim, a extensão posterior do ísquio pode ser utilizado para a identificação pós-craniana das espécies *M. americana* e *M. scalops*, assim como para diferenciá-las.

O processo iliopúbico está presente em adultos e velhos de *Monodelphis scalops* e *Monodelphis americana*. Está ausente em *Monodelphis iheringi*. Horovitz (2003), estudou este acidente ósseo no canguru vermelho, *Osphranter rufus*, um marsupial australiano cursosaltatorial, e definiu como bem desenvolvido. Também foi relatado por Flores e Díaz (2009) e Flores (2009) para marsupiais didelfídeos sul-americanos com diferentes modos de locomoção, tais como *Metachirus* (cursosaltatorial), *Lutreolina* (terrestre), *Thylamys* (escansorial) e *Caluromysiops* (arborícola), e por Abello e Candela (2010) para espécies da ordem Paucituberculata como *Paleothenes minutus*, uma espécie fóssil cursorial com capacidades de saltar. Por outro lado, este acidente ósseo é pouco desenvolvido em *Glironia venusta* com modo de locomoção generalista (FLORES & DÍAZ, 2009). Segundo Elftman (1929) e Evans (1993), neste acidente ósseo há a inserção do músculo *psaos minor* que tem origem na última vértebra torácica e na primeira vértebra lombar, atuando na flexão da parte lombar da coluna vertebral e no equilíbrio do corpo quando este é apoiado pelos membros posteriores. Atua também, sobre a extensão da pélvis no sacro, o que é vantajoso no movimento

de recuperação. Embora estudos não tenham relatado a presença deste acidente anatômico para o gênero *Monodelphis*, o nosso estudo sugere o desenvolvimento do processo iliopúbico como um carácter taxonômico para diferenciar *Monodelphis* de três listras e também relatado para o modo de locomoção terrestre.

A morfologia do acetábulo variou em *Monodelphis americana* como rasa ou profunda, enquanto nas outras espécies o acetábulo profundo era o padrão comum. Um acetábulo profundo foi relatado em *Metachirus* e *Paleothentes*, espécies cursosaltatoriais (ABDALA *et al.*, 2001; ARGOT, 2002; ABELLO & CANDELA, 2010). Devido à grande variação intrapopulacional encontrada em *Monodelphis* de três listras, as espécies estudadas apresentaram o acetábulo morfologicamente semelhante tanto a espécies arborícolas como terrestres. Esta variação encontrada no pós-crânio de *Monodelphis* poderia representar que algumas espécies terrestres ou semiterrestres retêm características associadas à capacidade de locomoção arborícola (FLORES & DÍAZ, 2009). Além destas características, encontramos também uma forma arredondada do acetábulo no *Monodelphis americana*, *Monodelphis scalops* e *Monodelphis iheringi*. Esta mesma forma arredondada foi observada por Flores e Díaz (2009) em *Metachirus*, e a forma oval em várias outras espécies de didelfídeos, incluindo *Monodelphis adusta*, *M. brevicaudata* e *M. scalops* (*M. theresa*). Contudo, para esta última espécie, os autores utilizaram apenas de um espécime (MVZ 182775) e não especificaram o sexo. Assim, os nossos resultados sugerem o polimorfismo do acetábulo para *M. scalops* e também a forma do arredondada do acetábulo como identificação taxonômica para *Monodelphis* de três listras.

A porção anterior do ílio é dorsolateralmente curvada em todas as espécies de *Monodelphis* de três listras. Flores (2009) relatou a porção anterior lateralmente curva do ílio para os gêneros *Metachirus*, *Glironia*, *Chironectes* e *Tlacuatzin* e reta para *Didelphis*. Esta morfologia aumenta o desenvolvimento dos músculos *gluteus*, *iliacus* e *sartorius* que estão relacionados com movimentos de extensão e flexão da articulação do quadril, que são utilizados na escalada (*Glironia*), natação (*Chironectes*) e saltos (*Metachirus*), bem como associados a uma locomoção mais rápida (FLORES & DÍAZ, 2009). Assim, sugere-se que a curvatura da porção anterior do ílio de *Monodelphis* de três listras proporciona uma maior área de origem para estes músculos e está relacionada com o modo de locomoção terrestre.

Em todas as espécies de *Monodelphis* três listras, a fossa ilíaca e glútea têm tamanhos semelhantes, com uma crista ilíaca a separá-las. Este tamanho semelhante entre a fossa ilíaca e a fossa glútea foi encontrado em espécies arborícola como *Glironia*, *Caluromys*, *Caluromysiops* e *Marmosa* (FLORES & DÍAZ, 2009). Por outro lado, em *Metachirus* e marsupiais

australianos, o ílio é semelhante a uma lâmina, onde a fossa ilíaca é reduzida (ARGOT, 2002; FLORES, 2009). Portanto, os nossos resultados sugerem a morfologia do ílio de *Monodelphis* três listras mais semelhante às aquelas relatadas para as espécies de didelfídeos arborícolas.

Tal como em *Pucadelphys andinus*, espécie extinta de marsupial terrestre, a espinha ilíaca anterior inferior é proeminente em velhos de *Monodelphis scalops*. Esta espinha saliente e áspera está relacionada com a origem do músculo *rectus femoris*, responsável pela extensão da articulação do joelho, permitindo uma locomoção mais ágil (ARGOT, 2002), promovendo a propulsão necessária para correr no ambiente terrestre (SARGIS, 2002a) e permitindo a capacidade de saltar (ARGOT, 2004). Assim, o nosso trabalho sugere que em exemplares velhos de *M. scalops* o desenvolvimento da espinha ilíaca anterior inferior permite uma maior área de inserção muscular, uma locomoção mais ágil e a propulsão necessária para a corrida em terra. Além disso, Argot (2002), Flores e Díaz (2009) e Flores (2009), não encontraram esta característica para os gêneros de didelfídeos. Assim, este é o primeiro registo de espinha ilíaca anterior inferior em marsupial vivente da família Didelphidae.

O dimorfismo sexual foi encontrado na cintura pélvica de velhos de *Monodelphis scalops* em que a espinha isquiática e o processo iliopúbico são mais evidentes nos machos. O dimorfismo sexual é frequente em *Monodelphis*, e em *M. scalops*, já foi encontrado, na morfologia externa e craniana (ASTÚA, 2010; CARDOSO & COSTA, 2015). Em adição, os nossos resultados demonstraram o dimorfismo sexual nos ossos epipúbicos de velhos de *Monodelphis americana*, o qual nas fêmeas é curvo e nos machos é reto. Flores (2009) sugeriu o osso epipúbico curvo para *Caluromysiops*, *Caluromys*, *Marmosops*, *Chironectes* e *Marmosa* e reto para *Monodelphis*. Contudo, Guilhon (2017) também observou ossos epipúbicos curvos em fêmeas e retos em machos de *Caluromys*, *Marmosa*, *Metachirus*, *Philander*, *Chironectes* e *Didelphis*. Assim, os nossos resultados complementam os achados de Guilhon (2017).

Os nossos resultados mostram que a anatomia da cintura pélvica de jovens, subadultos e adultos de *Monodelphis americana* e *Monodelphis scalops* se diferem pela proeminência de acidentes anatômicas, tais como a tuberosidade isquiática, espinha isquiática e processo iliopúbico. A proeminência destes acidentes anatômicos estão estritamente relacionados com a atuação de músculos que se originam e se inserem nestas regiões da pélvis (EVAN & LAHUNTA, 2013). Portanto, sugere-se que ao longo do crescimento destes marsupiais, há uma maior ação muscular pélvica. As diferenças ontogenéticas e sexuais são frequentes em *Monodelphis* de três listras, embora relatadas para características craniodentárias e de pelagem (CARDOSO & COSTA, 2015). Deste modo, este é o primeiro trabalho ontogenético da cintura pélvica para o gênero *Monodelphis*. Os nossos resultados também mostram diferenças

ontogenéticas no tamanho e na forma do osso epipúbico em *M. scalops*, onde este osso é menor e curvo em jovens e maior e reto em adultos. Desta forma, este trabalho pode ser utilizado como ferramenta para a estimativa da idade por meio da morfometria e descrição anatômica.

Os resultados obtidos pelas nossas análises quantitativas revelaram que os adultos *Monodelphis americana* diferem dos jovens e subadultos em todas as medidas da cintura pélvica. Por outro lado, os jovens e subadultos diferem nas medidas: Comprimento total da cintura pélvica, comprimento do ílio, comprimento da púbis e comprimento do forame obturador, que são maiores nos subadultos. Este resultado indica que, nas primeiras fases de crescimento dos indivíduos, a principal alteração da morfologia pélvica é no tamanho. As alterações no tamanho e forma da cintura pélvica e dos ossos epipúbicos ocorreram em fases mais avançadas. Este crescimento contínuo de ossos marsupiais tem sido relatado em ossos do pós-crânio, tais como o fêmur e ossos do crânio que apresentam epífise não fusionada (WASHBURN, 1946; LOWRANCE & DAKOTA, 1949; TAGUE, 2003). Deste modo, os nossos resultados sugerem que as medidas da cintura pélvica de *M. americana* crescem ao longo de toda a vida até a completa fusão dos ossos.

O dimorfismo sexual foi encontrado em adultos de *Monodelphis americana* em que a maioria das medidas da cintura pélvica dos machos são maiores do que das fêmeas, com exceção do comprimento do ísquio e da abertura da bacia. De acordo com Tague (2003), espera-se que os marsupiais não apresentem adaptações pélvicas para o parto e que as fêmeas tenham uma pelve menor do que os machos, o mesmo encontrado para *Monodelphis*. O dimorfismo sexual é relatado para *Monodelphis* de três listras, embora, para características craniodentárias e de pelagem. Deste modo, os nossos resultados sugerem a morfometria e descrição anatômica como ferramentas utilizadas para diferenciar machos e fêmeas de *M. americana*.

Além disso, o dimorfismo sexual foi observado no osso epipúbico de *Monodelphis americana*, em que as fêmeas são maiores do que os machos em todas as medidas exceto na largura da base do osso epipúbico. Este resultado é semelhante ao relatado por Cervantes e Martínez (2020) para *Didelphis virginiana*. Além disso, os nossos resultados mostram que as fêmeas de didelfídeos apresentam ossos epipúbicos relativamente maiores e curvos do que os machos. Este resultado corrobora com achados em *Caluromys*, *Chironectes*, *Didelphis*, *Marmosa*, *Metachirus* e *Philander* (WHITE, 1989; GUILHON, 2017). Segundo White (1989), em espécies de marsupiais que têm bolsa marsupial, o osso epipúbico é maior nas fêmeas do que nos machos. Ao contrário desta afirmação, o nosso estudo indica que as fêmeas sem bolsa de *M. americana*, têm medidas maiores de osso epipúbico do que os machos.

Os nossos resultados mostraram que para *Monodelphis scalops* o dimorfismo sexual foi

encontrado nas medidas de comprimento e largura da cintura pélvica, em que nos machos são maiores do que nas fêmeas em todas as medidas, com ressalva para o comprimento do ísquio. Estes resultados corroboram com os achados em marsupiais, onde as fêmeas não apresentam adaptações pélvicas para o parto e possuem a pélvis menor do que dos machos (TAGUE, 2003). Embora o comprimento do ísquio seja maior nas fêmeas, estudos relatam que esta medida não é importante para o parto de filhotes altriciais e, portanto, não pode ser considerada como uma adaptação ao parto (TAGUE, 2003). Deste modo, os nossos resultados sugerem que as diferenças nesta medida podem estar relacionadas com elementos assíncronos do esqueleto na idade em que cessa o crescimento, assim como, com o investimento reprodutivo envolvendo diferenças entre machos e fêmeas ao longo do crescimento, o mesmo encontrado em *Didelphis virginiana* (TAGUE, 2003). Os nossos resultados relatam também que nenhuma das variáveis dos ossos epipúbicos foram diferentes entre os sexos. Este fato corrobora com as descobertas de White (1968) que propôs a ausência de dimorfismo sexual no osso epipúbico de marsupiais sem bolsa. Por outro lado, segundo Cervantes e Martínez (2020) há dimorfismo sexual no osso epipúbico de *Tlacuatzin canascens* e *Marmosa mexicana*, ambos marsupiais sem bolsa. Assim, ressaltamos a importância de mais estudos sobre o osso epipúbico de marsupiais, em especial para a melhor compreensão de sua função em machos e fêmeas.

Além disso, para *Monodelphis iheringi* nenhuma das variáveis é diferente entre os sexos. Portanto, os nossos resultados corroboram com as descobertas de White (1968) para marsupiais sem bolsa. É importante salientar que são necessárias mais amostras de *M. iheringi* para se chegar a conclusões sobre o dimorfismo sexual.

Os resultados quantitativos das análises univariadas interpopulacionais indicaram que a espécie *M. iheringi* difere de *M. scalops* no comprimento do ílio e comprimento longo 2 do osso epipúbico, que são maiores neste último. De acordo com a literatura, espera-se que a diferença entre as espécies seja no tamanho do corpo e do crânio, e em caracteres morfológicos externos, sendo *M. iheringi* a menor espécie (DUDA & CARDOSO, 2015). O nosso trabalho, portanto, sugere o tamanho da cintura pélvica como um carácter para diferenciar machos adultos de *Monodelphis* de três listras.

Finalmente, esperamos que as informações contidas neste trabalho possam contribuir para o conhecimento da morfologia pélvica de *Monodelphis* de três listras, com o objetivo de subsidiar aspectos taxonômicos do grupo. É necessário salientar a importância das coleções de mamíferos, especialmente de marsupiais didelfídeos, que em alguns casos são raros em coleções científicas, a fim de expandir o conhecimento intra e interespecífico das espécies.

6. CONCLUSÕES

- A pélvis de *Monodelphis (Microdelphys)* tem a porção caudal do ísquio reta, extremidade anterior do ílio dorsolateralmente curvada, forame obturador oval, fossa acetabular arredondada e as fossas glútea e ilíaca com tamanhos semelhantes.
- As classes etárias de *Monodelphis americana* e *Monodelphis scalops* se diferenciam pelas extensões posteriores do ísquio e proeminência da espinha isquiática, eminência iliopúbica e espinha ilíaca. Em *Monodelphis iheringi* estes acidentes anatômicos estão ausentes.
- Há dimorfismo sexual em velhos de *Monodelphis americana*, em que a pélvis das fêmeas é pequena e o osso epipúbico é grande e curvo, enquanto nos machos a pélvis é grande e osso epipúbico é pequeno e reto.
- Os sexos de *Monodelphis scalops* se diferenciam nas medidas de comprimento e largura da cintura pélvica, em que nos machos são maiores do que nas fêmeas.
- Não há dimorfismo sexual na cintura pélvica de *Monodelphis iheringi*.
- Todas as medidas da cintura pélvica foram significativas para discriminar as espécies.
- Este trabalho pode ser utilizado como ferramenta para a estimativa da idade relativa, dimorfismo sexual e variação interespecífica, a partir da morfometria e osteologia da cintura pélvica de *Monodelphis (Microdelphys)*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALA, F.; FLORES, D.A.; GIANNINI, N.P. Postweaning Ontogeny of the Skull of *Didelphis Albiventris*. **Journal of Mammalogy**, Oxford University Press, v.82, n.1, 190–200, February, 2001. Doi: 10.1644/1545-1542(2001)082<0190:pootso>2.0.co;2.
- ABELLO, M.A.; CANDELA, A.M. Postcranial skeleton of the Miocene Marsupial *Palaeothentes* (Paucituberculata, Palaeothentidae): Paleobiology and phylogeny. **Journal of Vertebrate Paleontology**, University of Oklahoma, v.30, n.5, 1515-1527, September, 2010. Doi: 10.1080/02724634.2010.501437.
- ARGOT, C. Evolution of South American mammalian predators (Borhyaenoidea): anatomical and palaeobiological implications. **Zoological Journal of the Linnean Society**, Oxford University Press, n.140, 487-521, 2004.
- ARGOT, C. Functional, adaptive analysis of the hindlimb anatomy of extant marsupials and the paleobiology of the Paleocene marsupials *Mayulestes ferox* and *Pucadelphys andinus*. **Journal of Morphology**, Wiley Periodicals, v.253, n.1, 76-108, June, 2002. Doi: 10.1002/jmor.1114.
- ARGOT, C. Functional-adaptive anatomy of the axial skeleton of some extant marsupials and the paleobiology of the Paleocene marsupials *Mayulestes ferox* and *Pucadelphys andinus*. **Journal of Morphology**, Wiley Periodicals, v.255, 279–300, 2001.
- ARGOT, C. Postcranial functional adaptations in the South American miocene borhyaenoids (Mammalia, Metatheria): *Cladosictis*, *Pseudonotictis* and *Sipalocyon*. **Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology**, v.27, n.4, 303-356, December, 2003. Doi: 10.1080/03115510308619110.
- ASTÚA D. Family Didelphidae (Opossums). In D. E. Wilson and R. A. Mittermeier, editors. **Handbook of the mammals of the world** - Volume 5 – Monotremes and marsupials. Lynx Editions, Barcelona, Spain, 2015.
- ASTÚA, D. American Society of Mammalogists Cranial sexual dimorphism in New World marsupials and a test of Rensch's rule in Didelphidae. **Journal of Mammalogy**, Oxford University Press, v.91, n.4, 1011–1024, August, 2010. Doi: 10.1644/09-MAMM-A-018.1.
- BISCOE, H.T. **Life of Marsupials**. Revised [New Ed]. Australia: CSIRO PUBLISHING, 2005. Doi: 10.1111/j.1442-9993.2006.01646.x.
- BROWN, B.E. **Atlas of New World Marsupials**. Chicago: Fieldiana Zoology, 2004.
- BROWN, J.H.; LOMOLINO, M.V. **Biogeografia**. 2ª ed. Ribeirão Preto, SP: FUNPEC, 2006.
- BURNETT, G.T. Illustrations of the Quadrupeda, or quadrupeds, being the arrangement of the true four-footed beasts indicated in outline. **Quarterly Journal of Science**, Literature and Art 1829, 336–353, 1830.
- CARDOSO, R.D. Padrões de variação genética e morfológica em *Monodelphis* de listras (Marsupialia: Didelphidae). 2012. **Dissertação** (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal) da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória,

2012.

CARDOSO, R.D.; COSTA, L.P. Morphological, morphometric and genetic variation among cryptic and sympatric species of southeastern South American three-striped opossums (*Monodelphis*: Mammalia: Didelphidae). **Zootaxa**, Magnolia Press, v.3936, n.4, 485-506, March, 2015. DOI: 10.11646/zootaxa.3936.4.2.

CARTHEW, S.M.; GOLDINGAY, R.L. Non-flying mammals as pollinators. **Trends in Ecology & Evolution**, Elsevier, v.12, n.3, 104-8, February, 1997. Doi: 10.1016/S0169-5347(96)10067-7.

CERVANTES, F.A.; OVIEDO-MARTÍNEZ, V. Epipubic bones of the Virginia Opossum (*Didelphis virginiana*) from Mexico. **Theyra**, Asociación Mexicana de Mastozoología, v.101, n.1, 1-7, January, 2020. Doi: 10.12933/theyra-19-700.

DYCE, K.M.; WENSING, C.J.G.; SACK, W.O. **Tratado de Anatomia Veterinária**. 4^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

ELFTMAN, H.O. Functional adaptations of the pelvis in marsupials. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, American Museum of Natural History, 58, 189-232, 1929.

EVANS, H.E.; LAHUNTA, A. **Miller's Anatomy of the Dog**. 4^a ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 2013.

FLORES, D.A. Phylogenetic Analyses of Postcranial Skeletal Morphology in Didelphid Marsupials. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, American Museum of Natural History, n.320, 1-81, March, 2019. Doi: 10.1206/320.1.

FLORES, D.A.; DÍAZ, M.M. Postcranial Skeleton of *Glironia venusta* (Didelphimorphia, Didelphidae, Caluromyinae): Description and Functional Morphology. **Zoosystematics and Evolution**, Natural History Museum, v.85, n.2, 311-339, August, 2009. Doi: 10.1002/zoos.200900009.

FREUND, J.E.; SIMON, G.A. **Estatística aplicada : Economia, administração e contabilidade**. 11^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

GARDNER, A.L. **Mammals of South America, Volume 1: Marsupials, Xenarthrans, Shrews, and Bats**. 4^a ed. Chicago: University of Chicago Press, 2007.

GIBBONS, J.D.; CHAKRABORTI, S. **Nonparametric Statistical Inference**. 4^aed. New York: Marcel Dekker, 2003.

GOIN, F.J. *et al.* **A brief history of South American metatherians: evolutionary contexts and intercontinental dispersals**. 1^a ed, La Plata: Springer Netherlands, 2016. Doi: 10.1007/978-94-017-7420-8.

GOMES, N.F. Revisão sistemática do gênero *Monodelphis* (didelphidae: marsupialia). 1991. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1991.

GUILHON, G.N. Variação morfológica do osso epipúbico de marsupiais neotropicais (*Didelphimorphia*, *Didelphidae*): Dimorfismo sexual e locomoção. 2017. **Dissertação**

(Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Zoologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

HAIR, J.J.F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HOROVITZ, I.A morphological analysis of marsupial mammal higher-level phylogenetic relationships. **Cladistics**, Wiley-Blackwell, v.19, n.3, 181–212, May, 2003. Doi: 10.1016/s0748-3007(03)00045-8.

HUGHES, R.L.; HALL, L.S. **Structural adaptations of the newborn marsupial**. *In*: Tyndale-Biscoe C.H., Janssens P.A. (eds) *The Developing Marsupial*. Springer, Berlin, Heidelberg. Doi: 10.1007/978-3-642-88402-3_2.

TYNDALE-BISCOE, C. H.; JANSSENS, P.A. **The developing marsupial: models for biomedical research**. Springer, Berlin, Germany, 1988.

LITTLE, R.J.A. Missing-data adjustments in large surveys. **Journal of Business and Economic Statistics**, Los Angeles, v.6, n.3, 287–296, June, 1988. Doi:10.2307/1391878.

LOWRANCE, E.W.; DAKOTA, S. Variability and growth of the opossum skeleton. **Journal of Morphology**, Wiley Periodicals, v.85, n.3, 569–593, January, 1949. Doi: 10.1002/jmor.1050850310.

MAINLY, B.F.J. Métodos estatísticos multivariados: Uma introdução. 3ª ed. Western EcoSystems Technology, Inc. Laramie, Wyoming, USA, 2008.

MARIANI, T.F; ROMANO, P.S.R. Intra-specific variation and allometry of the skull of Late Cretaceous side-necked turtle *Bauruemys elegans* (Pleurodira, Podocnemididae) and how to deal with morphometric data in fossil vertebrates. **PeerJ**, April, 2017.

MENDES-OLIVEIRA, A.C. *et al.* Estudos sobre pequenos mamíferos não voadores da Amazônia brasileira: amostragem e lacunas de conhecimento. *In*: Mendes-Oliveira, A. C. and Miranda, C. L. (eds). **Pequenos Mamíferos Não-voadores da Amazônia Brasileira**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Mastozoologia, 2015.

MONTGOMERY, D.; RUNGER, G.C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MOREIRA, J.C; MANDUCA G. E; GONÇALVES P. R; JR MORAIS, M.M; PEREIRA R. F; LESSA, G; DERGAM J.A. Small mammals from Serra do Brigadeiro State Park, Minas Gerais, Southeastern Brazil: Species Composition and Elevation Distribution. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 1-12, 103- 118, 2009.

MÜLLER, P.L.S. Des Ritters Carl von Linné Königlich Schwedischen Leibarztes u. u. vollständiges Natursystem nach der zwölften lateinischen Ausgabe und nach Anleitung des holländischen Houttuynischen Werks mit einer ausführlichen Erklärung. Supl. Erste Classe Säugende Thiere. Nürnberg: Gabriel Nicolaus Raspe, 1776.

NOWAK, R.M. **Walker's Mammals of the World (Volume 1)**. 6ª ed., Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1999.

PAGLIA, A.P., *et al.* **Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil/Annotated Check list of Brazilian Mammals**. 2^a ed. Occasional Papers in Conservation Biology, n. 6. Conservation International, Arlington, VA, p. 76, 2012.

PAVAN, S.E. A revision of the *Monodelphis glirina* group (Didelphidae: Marmosini), with a description of a new species from Roraima, Brazil. **Journal of Mammalogy**, Oxford University Press, v.100, n.1, 103–117, February, 2019. Doi: 10.1093/jmammal/gyy165.

PAVAN, S.E.; JANSA, S.A.; VOSS, R.S. Molecular phylogeny of short-tailed opossums (Didelphidae: *Monodelphis*): Taxonomic implications and tests of evolutionary hypotheses. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Academic Press, v.79, n.1, 199–214, June, 2014. Doi: 10.1016/j.ympev.2014.05.029.

PAVAN, S.E.; JANSA, S.A.; VOSS, R.S. Spatiotemporal diversification of a low-vagility Neotropical vertebrate clade (short-tailed opossums, Didelphidae: *Monodelphis*). **Journal of Biogeography**, Willey-Blackwell, v.43, n.7, 1299–1309, February, 2016. Doi: 10.1111/jbi.12724.

PAVAN, S.E.; ROSSI, R.V.; SCHNEIDER, H. Species diversity in the *Monodelphis brevicaudata* complex (Didelphimorphia: Didelphidae) inferred from molecular and morphological data, with the description of a new species. **Zoological Journal of the Linnean Society**, Oxford University Press, v.165, n.1, 190–223, May, 2012. Doi: 10.1111/j.1096-3642.2011.00791.x.

PAVAN, S.E.; VOSS, R.S. A Revised Subgeneric Classification of Short-tailed Opossums (Didelphidae: *Monodelphis*). **American Museum Novitates**, American Museum of Natural History, n.3868, 1–44, December, 2016. 10.1206/3868.1.

PAVAN, S.E.O. Diversidade De Espécies No Complexo *Monodelphis Brevicaudata* (Didelphimorphia: Didelphidae), Inferida Por Dados Moleculares E Morfológicos. 2009. **Dissertação** (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Zoologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

PAVAN, S.E.; MENDES, A.C.O.; VOSS, R.S. A New Species of *Monodelphis* (Didelphimorphia: Didelphidae) from the Brazilian Amazon. **American Museum of Natural History**, American Museum of Natural History, n. 3872, 20, February, 2017.

R CORETEAM. **A Language and Environment for Statistical Computing**. Versão 3.0.1. Vienna, Áustria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.rproject.org>, 2018.

REIS, N.R.; PERACCHI, A.L.; WAGNER, P.A.; LIMA, I.P. **Mamíferos do Brasil**. 2^a ed. Londrina: 2011.

ROSSI, R.V. *et al.* Diversidade morfológica e taxonômica de marsupiais didelfídeos, com ênfase nas espécies brasileiras, *In*: CÁCERES, N.C. **Os marsupiais do Brasil: Biologia, Ecologia e Conservação**. 2^a ed. Campo Grande: Editora UFMS, 2012.

SARGIS, E.J. Functional morphology of the forelimb of tupaiids (Mammalia, Scandentia) and its phylogenetic implications. **Journal of Morphology**, Wiley Periodicals, v.253, n.1,

10–42, June, 2002a. Doi: 10.1002/jmor.1110.

SARGIS, E.J. Functional morphology of the hindlimb of tupaiids (Mammalia, Scandentia) and its phylogenetic implications. **Journal of Morphology**, Wiley Periodicals, v.254, n.2,149–185, October, 2002b. Doi: 10.1002/jmor.10025.

SCHENKER, N.; TAYLOR, J.M.G. Partially parametric techniques for multiple imputation. **Computational Statistics and Data Analysis**, Los Angeles, v.22, n.4,425–446, January, 1996. Doi: 10.1016/0167-9473(95)00057-7.

SOLARI, S. *et al.* A new species of *Monodelphis* (Mammalia : Didelphimorphia : Didelphidae) from the montane forests of central Perú. **Proceedings of the Biological Society of Washington**, v.125, n.3, 2095-307, August, 2012. Doi: 10.2988/11-33.1.

TAGUE, R.G. Pelvic Sexual Dimorphism in a Metatherian, *Didelphis virginiana*: Implications for Eutherians. **Journal of Mammalogy**, Oxford University Press, v.84, n.4,1464–1473, October, 2003. Doi: 10.1644/bme-009.

THOMAS, O. Diagnoses of four new species of *Didelphys*. **Annals and Magazine of Natural History**, Taylor & Francis Group, series 6, n.1, 158–159, 1888.

TUKEY, J.W. Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. **International Biometrics**, University of California, v.5, n.2, 99–114, June, 1949. Doi: 10.2307/3001913.

VAN BUUREN, S.; GROOTHUIS-OUDSHOORN, K. Mice: Multivariate imputation by chained equations in R. **Journal of Statistical Software**, v.45, n.3, 1–67, November, 2011. Doi: 10.18637/jss.v045.i03.

VIEIRA, E.M.; DELCIELLOS, A.C. Uso do espaço vertical em marsupiais brasileiros, *In*: CÁCERES, N.C. **Os marsupiais do Brasil: Biologia, Ecologia e Evolução**. Editora UFMG: Campo Grande, 2012.

VIEIRA, M.V.; DELCIELLOS, A.C. Locomoção, Morfologia e Uso do Habitat em Marsupiais Neotropicais: uma Abordagem Ecomorfológica, *In*: **Os marsupiais do Brasil: Biologia, Ecologia e Evolução**. Editora UFMG: Campo Grande, 2012.

VOSS, R.S., JANSA, S.A. Phylogenetic relationships and classification of didelphid marsupials, an extant radiation of New World metatherian mammals. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, American Museum of Natural History, v. 322, 1–177, 2009.

WASHBURN, S.L. The sequence of epiphysial union in the opossum. **The Anatomical Record**, John Wiley & Sons, v.95, n.3,353–363, 1946. Doi: 10.1002/ar.1090950311.

WHITE, T.D. An analysis of epipubic bone function in mammals using scaling theory. **Journal of Theoretical Biology**, Elsevier, v.139, n.3, 343–357, 1989. Doi: 10.1016/S0022-5193(89)80213-9.

WILSON, D.E.; REEDER, D.M. **Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference**. 3^aed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005

APÊNDICE

Monodelphis americana – **MINAS GERAIS (MG)**: Viçosa: 1. Estação de Pesquisas, Treinamento e Educação Ambiental (EPTEA) Mata do Paraíso: (MZUFV 191, 865, 2313, 2317, 2326, 2331, 2368, 2455, 2474, 2479, 2612, 2635, 2793, 2831, 3329, 3330, 3498, 3511, 3629, 3630, 3631, 3632, 3693, 3763, 3771, 3789, 3892, 3893, 4425, 4426, 4427, 4428, 4430, 4433, 4057, 4225, 4290, 4429, 4434, 4435, 4436, 4437, 4439, 4440, 4438, 4441, 4442 ARA 015, 073, 089, 116, 165, 252, 252, 255, 267, 301, 329, 330, 351, 371, 442, 460, 484, 499). 2. Universidade Federal de Viçosa (UFV): (MZUFV 2474, 2984). Além Paraíba: 1. Além Paraíba: (MN 69778, 7571); 2. Fazenda São Geraldo: (MN 7568). Lambari: Parque Estadual Nova Baden: (MZUFV 2575). Timóteo: Parque Estadual do Rio Doce: (LBCE 15846, 15867). **BAHIA (BA)**: Salvador: (MZUFV 3243, 3244). Ilhéus: 1. Fazenda Santa Maria: (MN 70051, 70054). **RIO DE JANEIRO (RJ)**: Rio de Janeiro: Fazenda Bom Jardim de Mangaratiba: (MN 73745, 73746, 73747, 73750). Jacarepaguá (Campus Fiocruz): (MN 83150, MN 83148). Guapimirim: Estação Ecológica Estadual Paraíso: (MN 71794). Teresópolis: (LBCE 6654, 6749, 6759, 7957, 7394, 7395, 7412, 7971. Parque Nacional Serra dos Órgãos: (LBCE 7954). Sumidouro: (MN 66072). Santo Antônio de Pádua: (MN 72723, 72722, 72724, 72731). Cambuci: (MN 71941). Comendador Levy Gasparian: 1. Fazenda Amazonas: (MN 43899, 43900). Fazenda Bom Jardim de Mangaratiba: (MN 73748, 73749). **SERGIPE (SE)**: Cristianópolis: 1. Fazenda do Cruzeiro: (MN 30553, 30554). **SÃO PAULO (SP)**: Juquitiba: (MZUSP 33097, MZUSP 33098). **PARANÁ (PR)**: Wenceslau Braz: (MZUFV 31836). **ESPÍRITO SANTO (ES)**: São José do Meriti: Ibatiba (LBCE 20553). Santa Teresa: Mata Caixa D' água: (MN 59108, LBCE 9625).

Monodelphis scalops – **MINAS GERAIS (MG)**: Araponga: 1. Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB): (MZUFV 1106, 1194, 1206, 1282, 1592, 1601, 1602, 1922, 3359, 3370). **SÃO PAULO (SP)**: 1. São Bernardo do Campo: (MZUSP 30625, 30702, 30712, 30759). 2. Piedade: (MZUSP 30748, 31098, 31131, 31128, 31130, 33087, 33088, 33089). 3. Riacho Grande: (MZUSP 30629, 30625). 4. Capão Bonito: Fazenda intervalos: (MZUSP 29201). **PARANÁ (PR)**: Ortigueira: (MZUSP 31648). **Sem localidade**: (EDH 404).

Monodelphis iheringi – **RIO DE JANEIRO (RJ)**: 1. Subaio: Cachoeira de Macacu: (MN 69875, 71793, 71795, 71947, 71814). 2. Casimiro de Abreu: Morro São João: MZUSP 71804. 3. Adrianópolis: (CB 27). 4. Jaracepaguá: Colônia Juliano Moreira: Parque Estadual da Pedra Branca: (MN 66077). **SÃO PAULO (SP)**: 1. São Bernardo do Campo: Riacho Grande:

(MZUSP 30638). 2. Paraty: Parque Nacional da Bocaina: (MN 77794). 3. Cachoeira de Macacu: Reserva Ecológica de Guaiipiaçu: (MN 71816, 71830). 4. Ubatuba: Parque Estadual Serra do Mar: (MN 69875). 2. Varginha: Parque Estadual Carlos Botelho: (CB 14, 35). 3. Santa Maria Madalena: Parque Estadual do Desengano: (MN 71935). **Sem localidade:** (MZUSP 32848, CB 29, 34, EDH 373, DM 37, EDH 444, SAR 343, ADR 442).

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela S1. Respetivo sexo e classe etária de *Monodelphis* de três listras.

	<i>Monodelphis americana</i>		<i>Monodelphis scalops</i>			<i>Monodelphis iheringi</i>		Total		
	♂	♀	♂	♀	♂	♀				
Jovem	11	10	3	3	1	-	2	2	-	32
Subadulto	8	8	1	-	1	-	-	-	1	19
Adulto	45	20	3	13	10	-	13	4	3	111
Total	64	38	7	16	12	-	15	6	4	162

Abreviaturas: (-) indisponível; ♂ machos; ♀ fêmeas

Tabela S2. Descrição das medidas lineares da cintura pélvica de *Monodelphis* de três listras utilizadas neste trabalho. Adaptado de Sargis (2002b).

Medidas	Acrônimo	Descrição
Comprimento total da cintura pélvica	CTCP	Da borda superior do ílio (crista ilíaca) até a borda inferior do ísquio.
Comprimento do ílio	CDI	Da borda superior do ílio a borda superior do acetábulo
Largura do ílio	LDI	Desde a borda medial do ílio até à borda lateral ao longo da crista ilíaca.
Comprimento do acetábulo	CDA	Da borda superior do ílio a bordo superior do
Largura do acetábulo	LDA	Da borda medial do acetábulo à borda lateral
Comprimento do púbis	CDB	Desde a borda medial do acetábulo até à borda medial do púbis ao longo do ramo superior do púbis.
Comprimento do ísquio	CDIS	Da borda inferior do acetábulo à borda inferior do ísquio
Largura do ísquio	LDIS	Da borda lateral (tuberosidade isquiática) até à extensão medial da área de fixação para o músculo semimembranosus ao longo do ramo isquiático
Comprimento do foramen obturador	CFOB	Da borda anterior à borda posterior do foramen obturador
Abertura da bacia	ADB	Da borda superior do ísquio esquerdo à borda superior do ísquio direito
Largura da base do osso epipúbico	LBEP	Do tubérculo epipúbico lateral ao processo epipúbico medial
Comprimento longo 1 do osso epipúbico	EPC1	Do corno do osso epipúbico ao processo epipúbico medial
Comprimento longo 2 do osso epipúbico	EPC2	Do corno do osso epipúbico ao tubérculo epipúbico lateral
Largura do corno do osso epipúbico	LCEP	Largura do corno do epipúbico

Tabela S3. Cluster médio das medidas da cintura pélvica entre machos e fêmeas de *Monodelphis americana* e entre machos e fêmeas de *Monodelphis scalops*.

Variáveis	<i>Monodelphis americana</i>		<i>Monodelphis scalops</i>	
	♂	♀	♂	♀
<i>Cintura pélvica</i>				
CTCP	0,1593	-0,4247	1,094	-0,584
CDI	0,1120	-0,2986	1,087	-0,580
CDA	0,3974	-1,0590	1,039	-0,554
LDA	0,3556	-0,9482	0,971	-0,518
LDI	0,5017	-1,3370	0,567	-0,302
LDIS	0,5202	-1,3870	1,181	-0,630
CDIS	0,5146	-1,3720	1,133	-0,604
CDB	0,5049	-1,3460	1,195	-0,638
CFOB	0,3838	-1,0230	0,920	-0,491
ADB	0,2583	-0,6888	1,164	-0,621
<i>Ossos epipúbicos</i>				
EPC1	0,2835	-0,7559	1,019	-0,544
EPC2	0,5241	-1,3970	0,923	-0,492
LBEP	0,5375	-1,4330	0,569	-0,303
LCEP	0,5375	-1,4330	1,024	-0,547

Abreviaturas: Figura 4
♂ machos; ♀ fêmeas

Tabela S4. Cluster médio das medidas da cintura pélvica entre machos adultos de *Monodelphis* de três listras.

Variáveis	<i>Monodelphis</i> de três listras		
	<i>Monodelphis americana</i>	<i>Monodelphis scalops</i>	<i>Monodelphis iheringi</i>
<i>Cintura pélvica</i>			
CTCP	-0,1368	-0,7311	0,8374
CDI	-0,2643	0,4840	0,7924
CDA	-0,1959	-0,8625	1,0350
LDA	-0,0622	-0,9200	0,9031
LDI	0,1743	-1,0660	0,7087
LDIS	0,1216	-1,2630	0,9563
CDIS	0,1865	-1,3270	0,9244
CDB	0,1332	-1,2680	0,9448
CFOB	0,2191	-1,1590	0,7305
ADB	0,1340	-1,0720	0,7698
<i>Ossos epipúbicos</i>			
EPC1	0,1544	-0,9764	0,6564
EPC2	0,4367	-1,3790	0,6280
LBEP	0,8004	-0,8544	-0,3374
LCEP	0,0294	-1,0820	0,9215

Abreviaturas: Figura 4

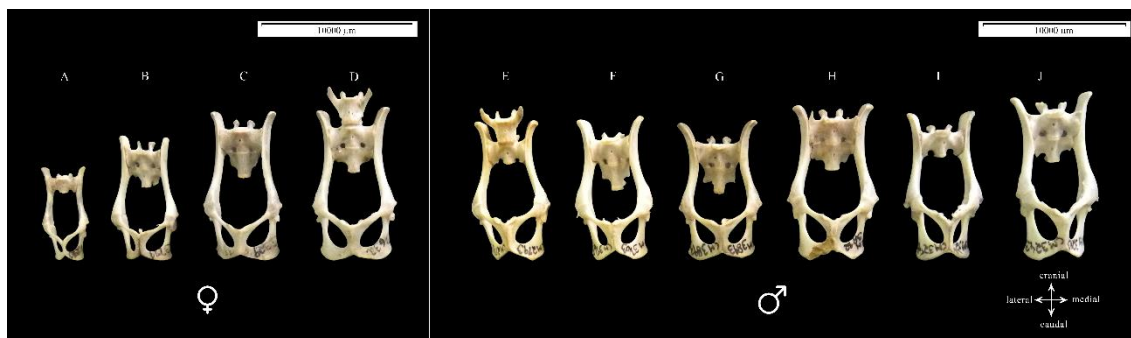


Figura S1. Vista ventral da cintura pélvica de fêmeas (A-D) e machos adultos (E-J) de *Monodelphis americana*. A, MZUFV 4290; B, MZUFV 3771; C, MZUFV 3329; D, MZUFV 3632; E, MZUFV 2793; F, MZUFV 3763; G, MZUFV 3893; H, MZUFV 3892; I, MZUFV 3244; J, MZUFV 3243. ♂ Machos; ♀ Fêmeas. Escala: 10 µm. Referência: do autor.



Figura S2. Vista ventral da cintura pélvica de fêmeas (A-E) e machos (F-I) adultos de *Monodelphis scalops*. A, MZUFV 1602; B, MZUFV 3359; C, MZUFV 1194; D, MZUFV 1206; E, MZUFV 1922; F, MZUFV 1282; G, MZUFV 1601; H, MZUFV 1592; I, MZUFV 3370. ♂ Machos; ♀ Fêmeas. Escala: 10 µm. Referência: do autor.

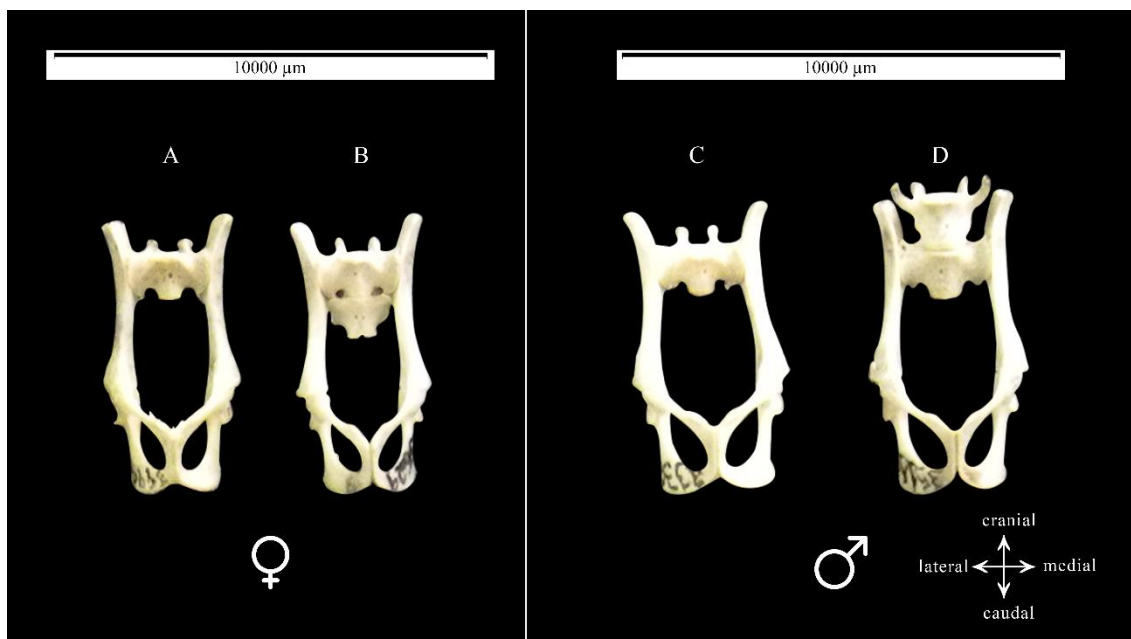


Figura S3. Vista ventral da cintura pélvica de machos (A e B) e fêmeas (C e D) subadultos de *Monodelphis americana*. A, MZUFV 3498; B, MZUFV 3629; C, MZUFV 3330; D, MZUFV 3511. ♂ Machos; ♀ Fêmeas. Escala: 10 μm. Referência: do autor

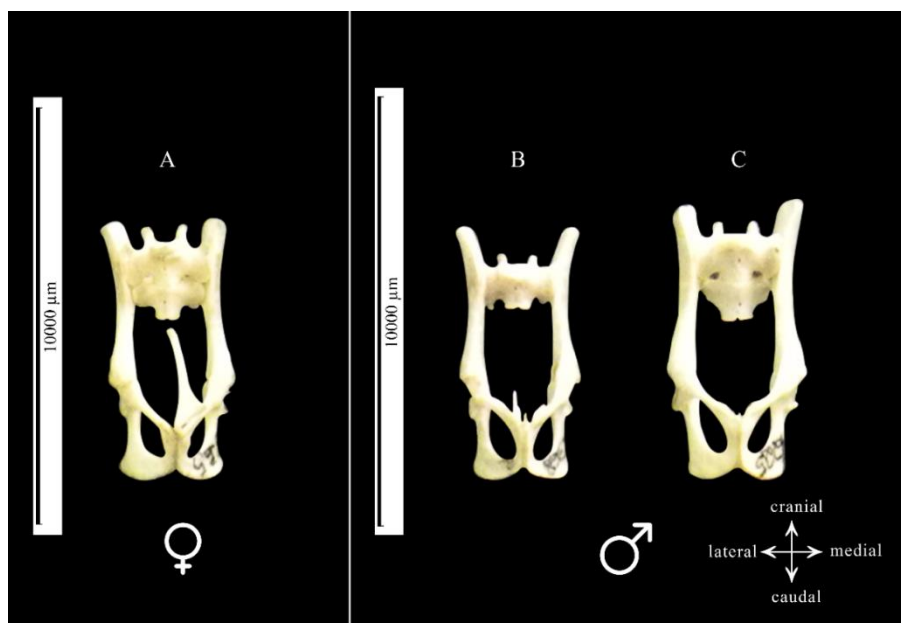


Figura S4. Vista ventral da cintura pélvica de juvenis de *Monodelphis americana*. A, MZUFV 865; B, MZUFV 2368; C, MZUFV 4224. ♂ Machos; ♀ Fêmeas. Escala: 10 μm. Referência: do autor.

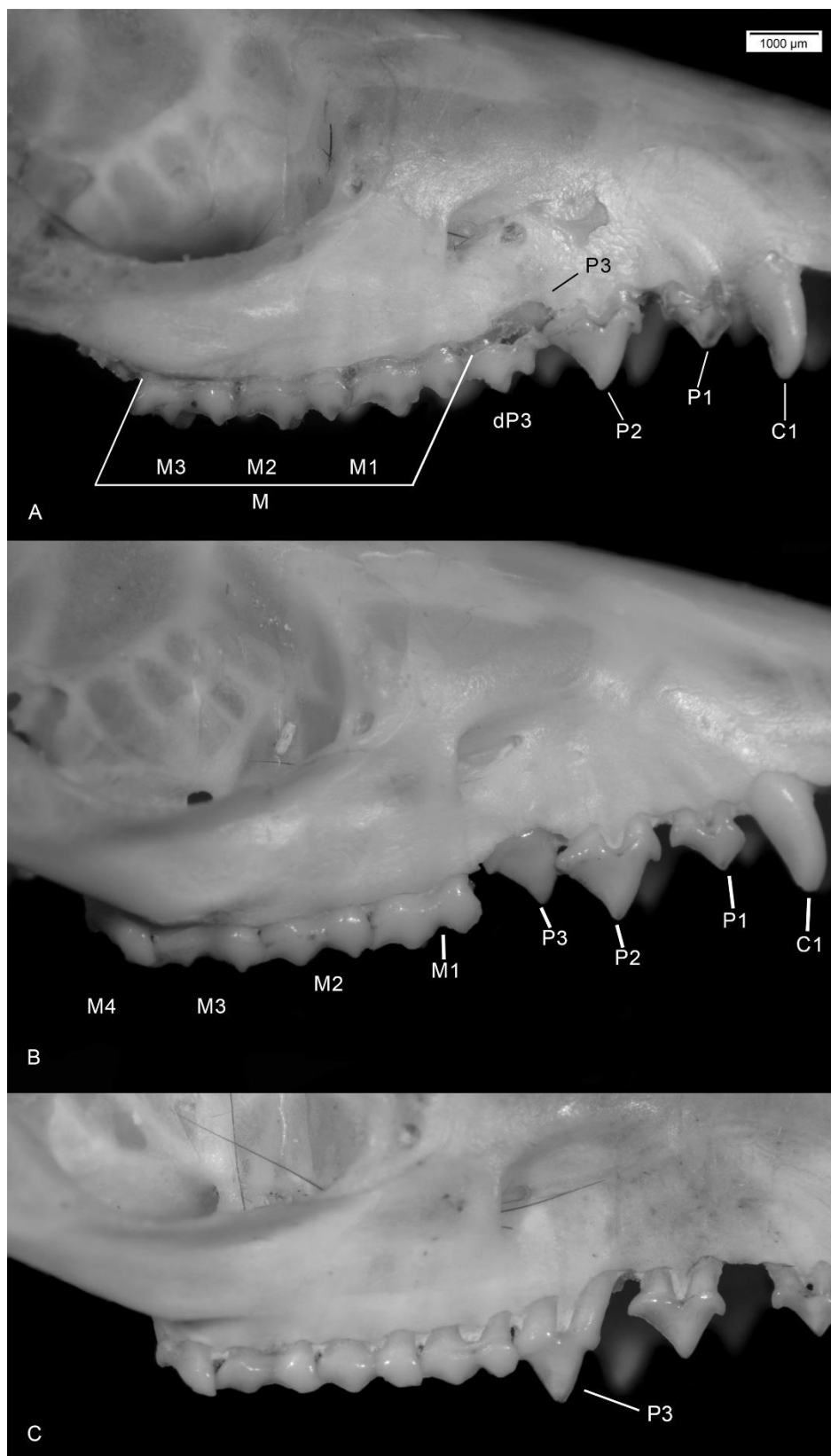


Figura S5. Vista lateral da maxila de *Monodelphis americana* demonstrando a erupção dos dentes pré-molares e molares. (A) jovem (MZUFV 3498); (B) subadulto (MZUFV 3300) e (C) adulto (MZUFV 1206). Abreviaturas: C1, canino; P1, primeiro pré-molar superior; P2, segundo pré-molar superior; P3, terceiro pré-molar superior; M, série molar superior; dP3, terceiro pré-molar decíduo. Escala: 1000µm. Referência: do autor.

CONCLUSÕES GERAIS

- Este trabalho de revisão sistemática da literatura sobre a cintura pélvica de mamíferos é pioneiro, uma vez que fornece dados que verificam tendências evolutivas para grupos de mamíferos e ajuda a compreender as principais características da pélvis que auxiliam em cada tipo de locomoção. Além disso, apresentamos os principais parâmetros utilizados para avaliar a adaptação dos mamíferos relativamente ao movimento e, conseqüentemente, a sua distribuição e diversidade em todo o mundo.
- Este trabalho pode ser utilizado como ferramenta para a estimativa da idade por meio da morfometria, para diferenciar machos e fêmeas de *Monodelphis americana* e *Monodelphis scalops*, bem como, para diferenciar machos adultos de *Monodelphis* (*Microdelphys*). O nosso trabalho, portanto, sugere as medidas e a anatomia da cintura pélvica como um caráter taxonômico para *Monodelphis* (*Microdelphys*).