



Boletim da
Sociedade Brasileira
de Mastozoologia



SOCIEDADE BRASILEIRA DE MASTOZOLOGIA
WWW.SBMZ.ORG
2019-2021

PRESIDENTES DA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE MASTOZOLOGIA

Presidente:	Alexandre Reis Percequillo	1985-1991	Rui Cerqueira Silva
Vice-Presidente:	Katia M.P.M.B. Ferraz	1991-1994	Maria Dalva Mello
1º Secretário:	Silvio Marchini	1994-1998	Ives José Sbalqueiro
2º Secretária:	Elisandra de Almeida Chiquito	1998-2005	Thales Renato Ochotorena de Freitas
3º Secretário:	Marcelo Magioli	2005-2008	João Alves de Oliveira
1º Tesoureiro:	Joyce Rodrigues do Prado	2008-2012	Paulo Sergio D'Andrea
2º Tesoureiro:	Edson Fiedler Abreu Junior	2012-2017	Cibele Rodrigues Bonvicino
		2017-2019	Paulo Sergio D'Andrea

Os artigos assinados não refletem necessariamente a opinião da SBMz.

**As Normas de Publicação encontram-se disponíveis em
versão atualizada no site da SBMz: www.sbmz.org.**

Ficha Catalográfica de acordo com o Código de Catalogação Anglo-Americano (AACR2).
Elaborada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.

Sociedade Brasileira de Mastozoologia.
Boletim.
Rio de Janeiro, RJ.
Quadrimestral.

Continuação de: Boletim Informativo. SBMz, n.28-39; 1994-2004;
Boletim Informativo. Sociedade Brasileira de Mastozoologia,
n.1-27; 1985-94.

Continua como:
Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia, n.40,
2005- .

ISSN 1808-0413

1. Mastozoologia. 2. Vertebrados. I. Título

“Depósito legal na Biblioteca Nacional, conforme Lei n° 10.994, de 14 de dezembro de 2004”.

Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia

PUBLICAÇÃO QUADRIMESTRAL

Rio de Janeiro, número 88, agosto de 2020

EDITORAS

Erika Hingst-Zaher – Instituto Butantan
Lena Geise – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

EDITORA EXECUTIVA

Joelma Alves da Silva

EDITOR EMÉRITO

Rui Cerqueira Silva – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

EDITORES ASSOCIADOS

Alexandra M. R. Bezerra	Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG), Belém, PA, Brasil.
Amelia Chemisquy	Centro Regional de Investigaciones Científicas y de Transferencia Tecnológica de La Rioja (CRILAR), Anillaco, Argentina
Mauricio E. Graipel	Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
Renato Gregorin	Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil
Hugo Mantilla-Meluk	Facultad de Ciencias Básicas y Tecnológicas, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia
Fabiano Rodrigues de Melo	Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, Goiás, Brasil

REVISORES

Os editores agradecem a colaboração dos revisores anônimos, cuja participação garantiu a qualidade da publicação.

O **Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia** (ISSN 1808-0413) é uma publicação quadrimestral da **Sociedade Brasileira de Mastozoologia (SBMz)**, distribuído gratuitamente aos associados. Indivíduos e instituições que desejem informações sobre a inscrição na **SMBz** e recebimento do Boletim devem entrar em contato com sbmz.diretoria@gmail.com.

O desenho gráfico foi realizado por Airton de Almeida Cruz.

Mais informações disponíveis em: www.sbmz.org

Capa: Morcego-de-linha-branca (*Platyrrhinus lineatus*), Instituto Butantan, São Paulo SP. Foto de Tony Genérico, outubro de 2016.

Sobre a SBMz

A **Sociedade Brasileira de Mastozoologia (SBMz)** é uma sociedade científica, sem fins lucrativos, criada em 1985, com a missão de congregar, organizar e amparar profissionais, cientistas e cidadãos que atuam ou estão preocupados com as temáticas ligadas à pesquisa e conservação de mamíferos.

A **SBMz** tem como objetivo incentivar o estudo e pesquisa dos mamíferos, além de difundir e incentivar a divulgação do conhecimento científico desenvolvido no Brasil sobre os mamíferos. A **SBMz** também atua frente a órgãos governamentais, Conselhos Regionais e Federal de Biologia, e instituições privadas, representando e defendendo os interesses dos sócios, e atendendo a consultas em questões ligadas a mamíferos. Nossa Sociedade oferece e incentiva cursos de Mastozoologia em níveis de graduação e pós-graduação, além de conceder bolsas de auxílio financeiro para simpósios e congressos nacionais e internacionais. Além disso, ajudamos a estabelecer e zelar por padrões éticos e científicos próprios da Mastozoologia brasileira.

A **SBMz** foi fundada durante o “XII Congresso Brasileiro de Zoologia”, realizado em Campinas, em fevereiro de 1985. Desde então, a **SBMz** cresceu em número de sócios, e agora conta com congressos próprios bienais realizados nas diversas regiões do país, além do apoio e promoção de eventos regionais. Nossa sociedade conta com uma publicação própria intitulada **Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia**, com 3 números anuais, classificada como B3 pela CAPES na área de Biodiversidade. Além disso, nossa sociedade atualmente mantém conta com parceria com a SAREM (Sociedade Argentina para o Estudio de los Mamíferos, fornecendo aos sócios a revista Mastozoologia Neotropical. A **SBMz** financia a publicação de livros acerca de mamíferos brasileiros para ser distribuído gratuitamente aos sócios.

Fazemos parte da Rede Latino-Americana de Mastozoologia (RELAM), o que abre portas para cooperação com pesquisadores de 12 países latino-americanos que fazem parte da rede. Integramos o Fórum da International Federation of Mammalogists (IFM), e também temos cooperação com a Sociedade Brasileira de Zoologia e Sociedade Brasileira para o Estudo de Quirópteros, facilitando a participação em congressos destas sociedades e promovendo o intercâmbio de informação entre seus associados.

Fruto da criação e organização proporcionadas pela **SBMz** ao longo desses anos, atualmente o Brasil apresenta uma comunidade científica mastozoológica madura e conectada, que congrega profissionais trabalhando em organizações e instituições públicas e privadas por todo país.

Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia Uma publicação da SBMz

INSTRUÇÕES GERAIS PARA AUTORES

O **Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia** é um periódico publicado pela **SBMz** para os sócios quites, com propósito de funcionar como um meio de comunicação para a comunidade de mastozólogos. O **Boletim da SBMz** publica artigos, notas e ensaios originais, revisados por pares, sobre temas relacionados à biologia de mamíferos.

Os manuscritos devem ser enviados por e-mail para bolsbmz@gmail.com, aos cuidados de Erika Hingst-Zaher e Lena Geise. A mensagem de e-mail enviada deverá conter uma declaração de que se trata de trabalho inédito, não submetido a outro periódico. Deverá especificar ainda se a contribuição se trata de uma nota, ensaio, artigo ou resumo. Os autores deverão indicar até cinco sugestões de revisores, com seus nomes e endereço eletrônico.

Os manuscritos enviados serão considerados para publicação, sob a forma de notas, artigos ou ensaios, seguindo o pressuposto de que os autores estão de acordo com os princípios éticos do **Boletim da SBMz** (ver os princípios no site da **SBMz**). O primeiro autor (ou o autor para correspondência) deverá, ao submeter o manuscrito, enviar o e-mail com cópia para todos os demais autores. Desta forma, será oficializada a concordância de todos os autores quanto à submissão/publicação do manuscrito no **Boletim da SBMz**. Neste mesmo e-mail deverá vir explicitado que o manuscrito é original, não tendo sido publicado e/ou submetido a outro periódico. No caso de resumos, é suficiente o envio do arquivo anexado à mensagem, já que este tipo de contribuição não passa pelo processo de revisão.

Os critérios para publicação dos artigos, notas e ensaios são a qualidade e relevância do trabalho, clareza do texto, qualidade das figuras e formato de acordo com as regras de publicação. Os manuscritos que não estiverem de acordo com as regras aqui definidas, ou ainda se nenhum dos autores estiver com o pagamento da **SBMz** em dia, serão devolvidos sem passar pelo processo de revisão.

As submissões são direcionadas pelas Editoras aos Editores de Área, que os enviarão para pelo menos dois pares para revisão. Os Editores de Área retornam as revisões e recomendações para os Editores para a decisão final. Toda a comunicação será registrada por meio eletrônico entre os Editores e o autor correspondente.

Os trabalhos devem seguir o **Código Internacional de Nomenclatura Zoológica**, e espécimes relevantes mencionados devem ser propriamente depositados em uma coleção científica reconhecida. Amostras relacionadas aos exemplares-testemunho (tecidos, ecto e endoparasitas, células em suspensão, etc.) devem ser relacionadas a seus respectivos exemplares. Os números de acesso às sequências depositadas no **Genbank** ou **EMBL** são obrigatórios para publicação. Localidades citadas e exemplares estudados devem vir listadas de forma completa, no texto ou em anexo, dependendo do número de registros. É fundamental a inclusão, no texto, do número da Licença de Coleta e a concordância do Comitê de Ética da Instituição onde foram desenvolvidos os trabalhos, quando aplicável. Todos os textos, antes do envio aos editores de área ou revisores serão analisados quanto a sua originalidade, com o uso de programas para verificação de plágio.

Números Especiais: Também poderão ser publicadas monografias e estudos de revisão de até 350 (trezentas e cinquenta) páginas, individualmente. Como apenas um número limitado poderá ser publicado, autores devem entrar em contato com os Editores previamente à submissão. Números Especiais seguem as mesmas regras de submissão e revisão dos artigos, notas e ensaios. Considerando as despesas de impressão e envio, autores serão solicitados a contribuir com R\$ 40,00 (quarenta reais) por página publicada.



Pequenos mamíferos do parque urbano do Instituto Butantan, São Paulo, Brasil

Jade Lima-Santos^{1,*}, Eletra de Souza^{2,3}, Amanda de Oliveira Viana^{4,5} & Erika Hingst-Zaher⁴

¹ Laboratório de Ecologia, Zoologia e Fisiologia Comparada, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) – Campus Diadema, Diadema, SP, Brasil.

² Laboratório de Vertebrados, Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, São Paulo, Brasil.

³ Laboratório de Ecologia e Evolução, Instituto Butantan, São Paulo, SP, Brasil.

⁴ Museu Biológico, Instituto Butantan, São Paulo, SP, Brasil.

⁵ Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Departamento de Microbiologia, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP, Brasil.

* Autor para correspondência: jadelima26@gmail.com

Resumo: Áreas verdes urbanas constituem um importante instrumento de conservação da biodiversidade silvestre. Entretanto, habitats urbanos são fragmentados e frequentemente isolados, resultando no declínio da riqueza de espécies. Inventários de fauna em áreas verdes urbanas aumentam significativamente o conhecimento da biodiversidade e auxiliam a compreensão sobre impactos da perda do habitat e da fragmentação sobre as comunidades silvestres. Sendo assim, nosso objetivo foi caracterizar, pela primeira vez, a composição de espécies da comunidade de pequenos mamíferos terrestres e voadores que habitam o parque do Instituto Butantan, no município de São Paulo. Dezesete espécies foram registradas, sendo sete de pequenos mamíferos terrestres e 10 de morcegos. As espécies registradas são comuns em outros fragmentos urbanos, indicando características sinantrópicas. Observamos que atributos como o histórico de isolamento do fragmento e a capacidade de dispersão dos animais representam fatores chave para a presença e a abundância das espécies amostradas. Para pequenos mamíferos terrestres, o isolamento do parque atua como uma barreira para a recolonização, resultando em uma baixa riqueza de espécies. Entretanto, para morcegos, o isolamento não se constitui como característica limite devido à capacidade de dispersão desses animais. Assim, o fragmento oferece um ponto de abrigo e forrageio para espécies de quirópteros que residem no município de São Paulo.

Palavras-Chave: Fauna urbana; Fragmentação; Morcegos; Roedores.

Abstract: Small mammals in the urban park at Instituto Butantan, São Paulo, Brazil. Urban green areas are an important instrument for the conservation of wildlife. However, urban habitats are fragmented and often isolated, resulting in a decline in species richness. Faunistic inventories in urban green areas significantly increase the knowledge on biodiversity and contribute to the understanding about impacts of habitat loss and fragmentation on wild communities. Thus, our goal was to characterize, for the first time, the species composition of the community of small terrestrial and flying mammals that inhabit the park of Instituto Butantan in the municipality of São Paulo. Seventeen species were recorded, seven of which are terrestrial small mammals and 10 are bats. The species recorded for the park are common in other urban fragments, indicating synanthropic characteristics. We observed that attributes such as the degree of isolation of the fragment and dispersal capacity of animals represent critical factors for the presence and abundance of the sampled species. For terrestrial small mammals, the park's isolation acts as a barrier to recolonization, resulting in low species richness. However, for bats, isolation is not a limiting characteristic due to the dispersion capacity of these animals. Thus, the fragment offers a point of shelter and foraging for species of chiropterans in the municipality of São Paulo.

Key-Words: Bats; Fragmentation; Rodents; Urban fauna.

INTRODUÇÃO

Parques urbanos são espaços verdes que cumprem o papel de propiciar recreação e lazer aos seus visitantes (SIMA, 2019). Neles é possível que a população fortaleça sua relação com a natureza, fazendo destes parques

uma importante ferramenta para conservação e conscientização ambiental (Macedo & Sakata, 2002; SIMA, 2019). Além disso, áreas verdes urbanas representam um importante instrumento de conservação da biodiversidade silvestre (Aronson *et al.*, 2017; Ives *et al.*, 2015). No entanto, habitats urbanos são fragmentados



e frequentemente isolados, o que dificulta fluxo gênico entre populações silvestres e a recolonização do ambiente (Aronson *et al.*, 2017; Evans, 2010).

Áreas verdes urbanas apresentam algumas características típicas de ambientes antropizados, como altos índices de poluição sonora e atmosférica, iluminação artificial intensa e grandes flutuações de temperatura e umidade (Lima & Reis, 2010). Os limites destas áreas estão sujeitos a efeitos de borda, tornando as áreas mais frágeis em comparação a ambientes naturais contínuos (Schlaepfer & Gavin, 2001). Frequentemente estas características impedem a utilização desses ambientes por espécies sensíveis e mais exigentes (Lima & Reis, 2010). O conhecimento de como o processo de fragmentação dos habitats urbanos influencia os padrões de biodiversidade de plantas e animais silvestres residentes, bem como quais espécies são capazes de colonizar ou manter as populações viáveis, são fundamentais para a prática da conservação das espécies em um mundo cada vez mais urbanizado (Aronson *et al.*, 2017; Shochat *et al.*, 2006).

Apesar de a diminuição global da biodiversidade ser atribuída aos efeitos decorrentes da perda de habitat e da fragmentação (Haddad *et al.*, 2015; Haila, 2002), a natureza desses efeitos ainda é pouco compreendida (Palmeirim *et al.*, 2019). De modo geral, a fragmentação florestal decorrente de ações antrópicas pode levar ao declínio de populações, especialmente das espécies especialistas e ameaçadas de extinção, e ao aumento na abundância das poucas espécies remanescentes, que são sinantrópicas generalistas, de baixa prioridade para a conservação (Chace & Walsh, 2006; Grimm *et al.*, 2008; McKinney, 2008; Pardini *et al.*, 2010; Shochat *et al.*, 2010).

Na cidade de São Paulo, o processo de exclusão do habitat natural é antigo, o que torna difícil a caracterização original do bioma na região (Barbo *et al.*, 2008). Acredita-se que a região apresentava uma paisagem original que combinava fisionomias florestais com áreas alagadas e campos (Usteri, 1911), e ocorrência de fragmentos de Cerrado (Ab'Saber, 1970). Na região do bairro do Butantã a paisagem constituía-se em grande parte por campos, o que se acredita ser uma consequência do uso histórico da terra pelos povos indígenas (Joly, 1950). Atualmente, os parques que constituem o Instituto Butantan (IBu) e a vizinha Universidade de São Paulo (USP) formam em conjunto a segunda maior área verde da cidade de São Paulo (Mantovani, 2003). Historicamente, ambas eram parte da Fazenda Butantã, com áreas de pastagem e agrícolas, especialmente de café, adquirida pelo governo do estado de São Paulo no início do século XX para a instalação do Instituto Serumtherapico, atual Instituto Butantan (Joly, 1950). Atualmente a área é recoberta por vegetação secundária de Mata Atlântica e espécies vegetais exóticas (Teixeira-Costa *et al.*, 2014), classificada por diversos autores como um bosque heterogêneo (SVMA, 2017).

A lista mais completa e atual da fauna silvestre do município de São Paulo, considerando parques urbanos e unidades de conservação e incluindo apenas a Universidade de São Paulo, mas não o Instituto Butantan,

elencou uma riqueza de 108 espécies de mamíferos, dentre os quais 78 espécies (72,22%) são pequenos mamíferos (SVMA, 2018). Até o momento não existem, portanto, informações disponíveis sobre os pequenos mamíferos do IBu (Magalhães & Vasconcellos, 2007). Inventários de pequenos mamíferos em áreas verdes urbanas podem servir de base para o monitoramento e manejo da área, e contribuir para a compreensão sobre possíveis impactos da perda do habitat e da fragmentação na riqueza desses grupos. O objetivo deste trabalho foi caracterizar as espécies que compõem a comunidade de pequenos mamíferos terrestres e voadores que habitam este fragmento de vegetação urbana no município de São Paulo, relacionando os registros com os aspectos históricos e ambientais do parque.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizamos o levantamento no parque urbano do Instituto Butantan (IBu), na Zona Oeste do município de São Paulo (23°34'03.96"S, 46°43'06.16"O; Datum WGS84; Figura 1). O Instituto possui 80 hectares de área verde, com 62% da área total constituída por vegetação secundária (Teixeira-Costa *et al.*, 2014). Para a captura de pequenos mamíferos terrestres, realizamos 12 campanhas de coletas de cinco dias cada uma, entre janeiro e dezembro de 2016. Utilizamos três metodologias de amostragem: armadilhas do tipo Sherman iscadas com banana, aveia e manteiga de amendoim, armadilhas de interceptação e queda (AIQ) e busca visual noturna. Realizamos a amostragem em cinco transectos, cada um com 20 pontos de armadilha equidistantes cerca de 10 m. Cada transecto continha cinco AIQ enterradas sob o solo de modo contínuo e 15 Sherman, durante 24 horas, totalizando 20 armadilhas por campanha. Para possibilitar a captura de pequenos mamíferos com variados usos de habitat, as posições das armadilhas foram alternadas entre o nível do solo e o estrato arbóreo (1,0-1,5 m acima do solo) sempre que possível. A busca visual noturna foi feita por duas pessoas durante uma hora a partir do pôr do sol, totalizando o esforço total de 120 horas de amostragem, sendo uma hora de amostragem por noite. Observações oportunísticas realizadas durante o dia também resultaram no registro de espécies.

Examinamos todos os indivíduos capturados e marcamos com brinco numerado (roedores) ou com tatuagem dérmica nas escamas do terço final da cauda (marsupiais). Após identificação, todos os indivíduos foram soltos no local de captura. Realizamos a identificação taxonômica dos espécimes coletados através da morfologia externa, seguindo Bonvicino *et al.* (2008) e Reis *et al.* (2011). Para confirmar a identificação do indivíduo pertencente ao gênero *Calomys* coletado, preparamos o cariótipo, em parceria com o Laboratório de Ecologia e Evolução do Instituto Butantan.

Para a captura de pequenos mamíferos voadores, realizamos coletas mensais entre setembro de 2016 e maio de 2019, com periodicidade mensal até dezembro de 2017 e pontuais a partir de 2018, no total de 17

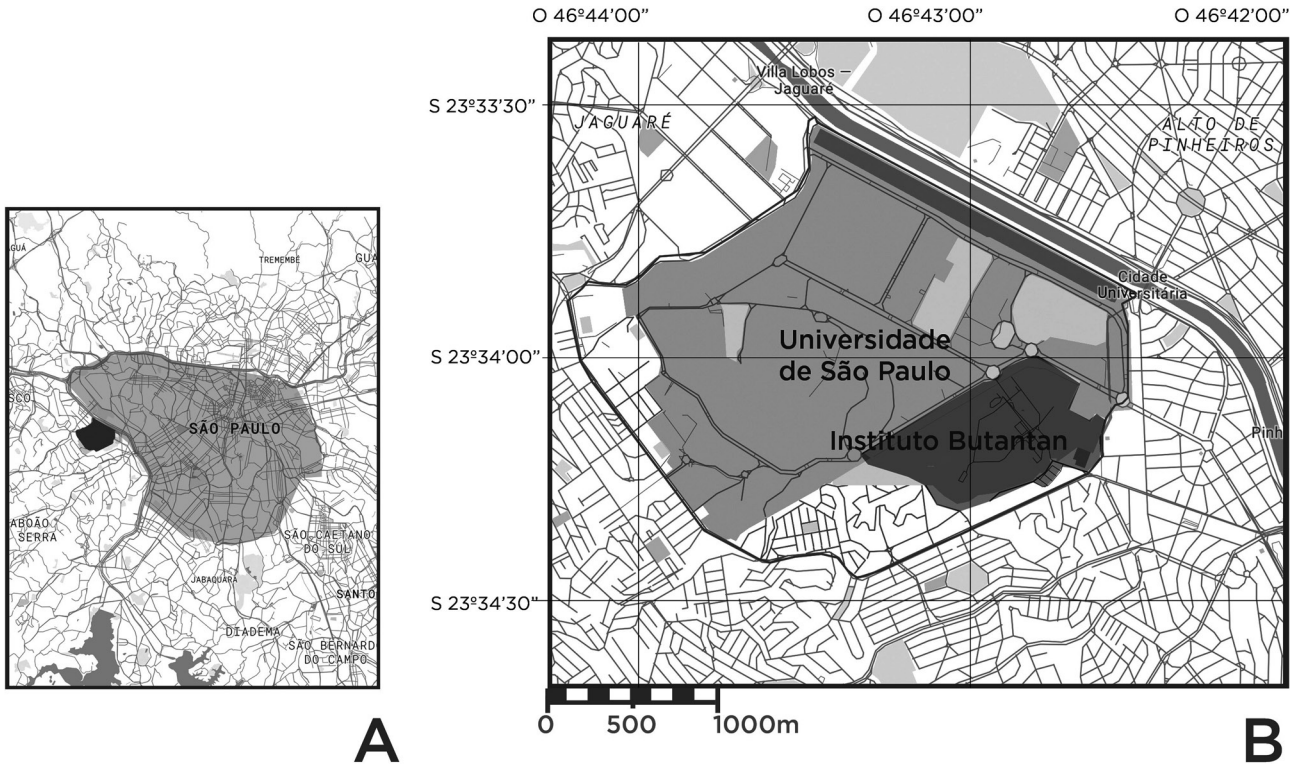


Figura 1: Mapa do município de São Paulo (A) mostrando o centro expandido da cidade em cinza claro. A área em cinza escuro situada na Zona Oeste da cidade encontra-se ampliada em (B), indicando a localização da área do estudo, o Parque Urbano do Instituto Butantan (em cinza escuro), e a Universidade de São Paulo (em cinza claro), e ainda os principais bairros no seu entorno.

campanhas. As capturas foram feitas no decorrer de 17 noites utilizando redes de neblina. Seis redes foram armadas por seis horas a partir do pôr do sol, totalizando um esforço amostral de 99.144 m²/h ou 108 horas de captura. Armamos as redes de neblina em trilhas, junto a árvores em frutificação e em todas as fases do ciclo lunar. Examinamos e mensuramos todos os indivíduos capturados. Realizamos a identificação com o auxílio de guia de campo e chaves de Reis *et al.* (2013) e Reis *et al.* (2017) e marcamos os indivíduos com anilha de metal.

Todos os procedimentos foram realizados após a obtenção das autorizações necessárias (Pequenos mamíferos terrestres: licença SISBIO Nº 52280, CEUA Instituto Butantan Nº 9494150116; pequenos mamíferos voadores: licença SISBIO Nº 59547-2, CEUA Instituto Butantan Nº 9447240918).

RESULTADOS

Coletamos um total de 58 indivíduos de pequenos mamíferos terrestres, sendo uma espécie pertencente à ordem Didelphimorphia e quatro à ordem Rodentia. As observações oportunistas na área durante o dia resultaram no registro de duas espécies de hábitos arborícolas pertencentes às ordens Primates e Rodentia (Tabela 1). O sucesso de captura foi de 1,43%, e não houve recapturas. O gambá-de-orelha-preta, *Didelphis aurita*, foi a espécie mais abundante da amostra (23 indivíduos), seguido pela espécie *Oligoryzomys nigripes* (nove indivíduos) e *Rattus rattus* (oito indivíduos) (Tabela 1). *Cavia aperea*, *Calomys tener* e *Guerlinguetus brasiliensis*

foram as espécies mais raras da amostra, com apenas um indivíduo de cada espécie coletado. O espécime de *C. tener* (2n = 66, NF = 66) foi identificado com auxílio de análise citogenética devido a morfologia extremamente semelhante dos indivíduos da família Cricetidae (Salazar-Bravo *et al.*, 2001).

Tabela 1: Riqueza e abundância relativa de capturas para cada espécie de pequenos mamíferos terrestres amostrada no Instituto Butantan, São Paulo, SP.

Táxon	Número de Capturas			
	Sherman®	Pitfall	Busca Ativa	Observação
Didelphimorphia				
Didelphidae				
<i>Didelphis aurita</i>	14	6	2	1
Rodentia				
Caviidae				
<i>Cavia aperea</i>		1		
Cricetidae				
<i>Calomys tener</i>		1		
<i>Oligoryzomys nigripes</i>		9		
Muridae				
<i>Rattus rattus</i>	7	1		
Sciuridae				
<i>Guerlinguetus brasiliensis</i>				1
Primates				
Callitrichidae				
Híbridos entre <i>Callithrix penicillata</i> e <i>C. jacchus</i>				± 15
Total de indivíduos				58



Tabela 2: Riqueza e abundância relativa de capturas para cada espécie de pequenos mamíferos voadores amostrada no Instituto Butantan, São Paulo, SP.

Táxon	Número de Capturas
Chiroptera	
Phyllostomidae	
Stenodermatinae	
<i>Artibeus fimbriatus</i>	47
<i>Artibeus lituratus</i>	34
<i>Artibeus obscurus</i>	4
<i>Platyrrhinus lineatus</i>	34
<i>Sturnira lilium</i>	59
<i>Sturnira tildae</i>	26
<i>Carollia perspicillata</i>	2
Glossophaginae	
<i>Glossophaga soricina</i>	31
Vespertilionidae	
<i>Histiotus velatus</i>	2
<i>Myotis riparius</i>	2
Total de indivíduos	241

Ao longo das coletas, durante os deslocamentos diurnos, foi comum a observação de bandos de saguis pertencentes ao gênero *Callithrix*. Foram identificados ao menos três bandos com ± 15 indivíduos que circulam entre o fragmento do IBu e da USP. Da mesma forma, um indivíduo de *Guerlinguetus brasiliensis* foi observado durante o estudo. Assim, estes animais foram incluídos como parte da fauna de pequenos mamíferos do parque.

Para pequenos mamíferos voadores, registramos 241 indivíduos pertencentes a 10 espécies, sendo oito espécies da família Phyllostomidae e duas da família Vespertilionidae (Tabela 2), com sucesso de captura de 40,16%. Entre os indivíduos, registramos três recapturas de indivíduos pertencentes às espécies *Artibeus lituratus*, *Sturnira tildae* e *Platyrrhinus lineatus*. As espécies mais abundantes coletadas foram *Sturnira lilium* (59 indivíduos) e *Artibeus fimbriatus* (47 indivíduos). As espécies menos abundantes da amostragem foram *Artibeus obscurus*, com quatro indivíduos, e *Carollia perspicillata*, *Histiotus velatus* e *Myotis riparius* com apenas dois indivíduos de cada espécie coletado.

DISCUSSÃO

O conhecimento sobre a riqueza da fauna de pequenos mamíferos, incluindo roedores, marsupiais e quirópteros, presentes em parques urbanos da Mata Atlântica brasileira é ainda pequeno, porém diversos trabalhos recentes representam contribuições importantes. Para a cidade de São Paulo, destacam-se os levantamentos feitos pela Divisão de Fauna Silvestre (DEPAVE) da Secretaria do Verde e Meio Ambiente (SVMA, 2018), e os estudos de impacto ambiental para a implantação do Rodoanel Mario Covas (ST, 2010).

As áreas verdes urbanas frequentemente estão isoladas, o que dificulta o fluxo gênico e a recolonização da área, influenciando a riqueza de espécies (Evans, 2010). A composição de espécies amostradas neste trabalho é

semelhante à de estudos prévios realizados em parques urbanos de regiões de Mata Atlântica. No Rio Janeiro, na Estação Biológica Fiocruz Mata Atlântica (12.492 hectares) foram registradas sete espécies de pequenos mamíferos terrestres, incluindo *D. aurita*, *O. nigripes* e *R. rattus* (Gentile *et al.*, 2018). Em Maringá, no Parque Municipal do Ingá (48 hectares) e o Parque Florestal dos Pioneiros (59 hectares) estudos indicam a presença de 10 espécies de quirópteros, incluindo *C. perspicillata*, *S. lilium*, *P. lineatus* e *M. riparius* (Gazarini & Pedro, 2013). Em Campinas, na Mata de Santa Genebra (251.77 hectares), foram registradas 39 espécies de pequenos mamíferos (EMBRAPA, 2020). Umetsu & Pardini (2007) compararam a diversidade de pequenos mamíferos de 23 fragmentos florestais antropizados (de 50 a 250 hectares), a Reserva do Morro Grande, entre as cidades de Cotia e Ibiúna no estado de São Paulo. O estudo concluiu que os habitats antropizados foram colonizados principalmente por espécies terrestres introduzidas (*e.g.*, *R. rattus*) ou não endêmicas (*e.g.*, *O. nigripes* e *C. tener*), com perda significativa de espécies endêmicas de Mata Atlântica (Umetsu & Pardini, 2007).

No município de São Paulo os mamíferos representam um grupo relativamente bem amostrado, principalmente em áreas mais preservadas da região norte e sul da cidade (Malagoli *et al.*, 2008). Entre as espécies de pequenos mamíferos terrestres encontradas no Instituto Butantan (IBu), apenas três constam no Inventário da Fauna Silvestre do Município de São Paulo (SVMA, 2018), sendo duas espécies nativas generalistas (*D. aurita* e *O. nigripes*) e uma espécie exótica sinantrópica (*R. rattus*). Embora seja um acréscimo ao inventário, *G. brasiliensis* já foi registrado no bairro do Butantã (Lazo & Penna, 2008). Duas outras espécies de pequenos roedores nativos amostrados (*C. aperea* e *C. tener*) representam um acréscimo ao inventário municipal de 2018 (SVMA, 2018). Com exceção de *D. aurita*, nenhuma outra espécie amostrada é exclusiva da Mata Atlântica (Patton *et al.*, 2015; Reis *et al.*, 2011). Em todos os parques urbanos da Zona Oeste de São Paulo que possuem características de fragmentação e tamanho similares ao parque urbano do IBu, encontramos *D. aurita* (SVMA, 2018).

Os saguis presentes na área foram identificados como sendo híbridos entre as espécies *Callithrix penicillata* e *C. jacchus*. Estes mesmos grupos foram recentemente objeto de estudos etológicos (Braz *et al.*, 2019). *Callithrix jacchus* tem sua distribuição original na Caatinga e Mata Atlântica do nordeste do Brasil, enquanto *C. penicillata* é uma espécie amplamente distribuída no Cerrado. As duas espécies foram introduzidas na região sudeste como consequência do tráfico de animais silvestres, resultando em híbridos que atualmente predominam em áreas urbanas (SMA, 2010; Traad & Weckerlin, 2012). As interações destes primatas com a fauna nativa são motivo de preocupação (Bicca-Marques *et al.*, 2016), devido principalmente a prejuízos à estrutura da comunidade, como mudanças em estratégias de forrageio de espécies nativas (Ruiz-Miranda *et al.*, 2006) e predações de ninhos de aves (Begotti & Landesmann, 2008).



No que diz respeito a Chiroptera, todas as espécies encontradas no IBu estão presentes no Inventário da Fauna Silvestre do Município (SVMA, 2018) e no Parque Estadual da Cantareira (SMA, 2004). No trecho norte do Rodoanel Mario Covas também foram encontradas todas as espécies de morcegos presentes no IBu, com exceção de *C. perspicillata* (ST, 2010). O parque CEMUCAM (50 hectares) localizado em Cotia, cidade vizinha à Zona Oeste do município de São Paulo, apresenta a fauna de mamíferos terrestres similar ao IBu, enquanto o Parque Estadual da Cantareira (7.916,52 hectares), no norte do município, e o Parque Burle Marx (15 hectares), na zona sul do município, possuem a fauna de Chiroptera similar ao IBu (SMA, 2004; SVMA, 2018).

O processo de fragmentação da área do Instituto Butantan e do bairro Butantã é antigo, o que resultou na perda significativa do hábitat e substituição precoce da paisagem florestal, de turfeiras ou brejos, e principalmente de campos, presente nos primórdios da colonização europeia, por áreas de pastagens e agrícolas (Joly, 1950), com o conseqüente declínio de espécies exclusivamente florestais. Ao mesmo tempo, a expansão acelerada da metrópole de São Paulo resultou no isolamento do fragmento do Instituto em relação a outras áreas florestais contínuas. Embora a vegetação do IBu tenha se reconstituído em um bosque heterogêneo (SVMA, 2017) e se tornado um parque urbano (Teixeira-Costa *et al.*, 2014), não foi possível a recolonização da área pela fauna de pequenos mamíferos terrestres devido ao isolamento do parque. Para a fauna urbana, o ambiente urbano pode parecer como um conjunto de hábitats fragmentados separados por uma matriz de áreas construídas mais ou menos inóspitas (Fattorini *et al.*, 2018). Atributos intrínsecos do fragmento, como o grau de isolamento de fontes colonizadoras (Lomolino *et al.*, 2010), e das espécies envolvidas, como a capacidade de dispersão (Marzluff, 2001) regulam os processos de recolonização dos hábitats fragmentados por espécies nativas. Portanto, as características da paisagem não são percebidas da mesma forma por espécies diferentes (Bender & Fahrig, 2005; Ewers & Didham, 2006), e atributos como o isolamento e a capacidade de dispersão podem ser fatores chave para algumas espécies, e não para outras (Holland & Bennett, 2009).

Pequenos roedores possuem baixa mobilidade e alto grau de endemismo (Bonvicino *et al.*, 2002), o que dificulta sua recolonização em fragmentos com alto grau de isolamento (Umetsu & Pardini, 2007). *Didelphis aurita* é a espécie mais abundante no parque do IBu e a única amostrada durante buscas ativas noturnas. Como um marsupial generalista e escansorial (Paglia *et al.*, 2012; Santori *et al.*, 2015), o uso do habitat em três dimensões permite a *D. aurita* aumento potencial na exploração do ambiente e na utilização dos recursos disponíveis, possibilitando a sobrevivência em menor área florestal (Finotti *et al.*, 2018; Vieira *et al.*, 2012). Devido a esta característica, esse marsupial provavelmente se adapta bem às condições particulares dos ambientes que ocupam (Vieira *et al.*, 2012). Além disso, a espécie é comumente conhecida por ser nômade (Cáceres *et al.*,

2012). Assim, pode se dispersar por fragmentos próximos ao IBu, como a USP, aumentando sua área de vida e exploração de recursos disponíveis. As características de uso do hábitat por essa espécie podem ser a razão de sua prevalente abundância ao longo do fragmento. Por sua vez, quirópteros possuem alta capacidade de dispersão devido à habilidade de sustentação do voo (Burns & Broders, 2014). Algumas espécies se deslocam de 3,0 km a 170 km em um único dia ou em algumas semanas (Pacheco *et al.*, 2010). Assim, esses animais transitam com facilidade entre parques urbanos e fragmentos florestais das regiões periféricas da cidade. O parque do IBu abriga 21% das espécies de quirópteros comumente encontradas em hábitats urbanos no Brasil (Pacheco *et al.*, 2010), um valor próximo dos 26% encontrados em dois parques urbanos na cidade de Maringá no estado do Paraná (Gazarini & Pedro, 2013). Nos centros urbanos, espécies frugívoras e insetívoras são mais frequentes (Lima, 2008; Esbérard *et al.*, 2014). As espécies frugívoras capturadas no presente estudo (*A. fimbriatus*, *A. lituratus*, *A. obscurus*, *P. lineatus*, *S. lilium*, *S. tildae* e *C. perspicillata*) pertencem à família Phyllostomidae e correspondem a 70% do total de espécies amostradas. Os filostomídeos representam as espécies mais comuns em ambientes urbanos, talvez por serem os mais abundantes na região Neotropical (Reis *et al.*, 2011). Apenas duas espécies insetívoras foram capturadas (*H. velatus* e *M. riparius*), ambas pertencentes à família Vespertilionidae. A alta representatividade de morcegos da família Phyllostomidae em comparação à Vespertilionidae pode ser explicada pela escolha metodológica, que favoreceu a captura de espécies de voo baixo (Pedro & Taddei, 1997), já que vespertilionídeos geralmente voam na altura do dossel ou sobre espelhos d'água (Esbérard, 2009). Por fim, *Glossophaga soricina* é uma espécie nectarívora de ampla distribuição em território nacional, seja em ambiente natural ou antropizado (Pacheco *et al.*, 2010).

Concluimos que a baixa diversidade da comunidade de pequenos mamíferos terrestres do Instituto Butantan é consequência do processo histórico de fragmentação, suplementação da vegetação e das espécies associadas, e da posterior incapacidade de recolonização devido ao isolamento do parque. Os pequenos mamíferos terrestres que existem hoje no parque são uma mistura das espécies que resistiram às alterações (*e.g.*, *D. aurita*, *O. nigripes*, *C. aperea*, *C. tener* e *G. brasiliensis*) e espécies introduzidas ao longo do processo de urbanização (*e.g.*, *R. rattus*). Ao mesmo tempo, identificamos que o parque do Instituto Butantan pode atuar como um potencial fragmento de abrigo e forrageio para espécies de quirópteros que residem no município de São Paulo.

Para estudos futuros, sugerimos a caracterização das interações entre os mamíferos e seus potenciais recursos alimentares dentro do parque, a fim de possibilitar melhor compreensão das relações ecológicas que possibilitam a persistência desses animais em fragmentos urbanos. Assim, buscamos contribuir na elaboração de planos de conservação em longo prazo para hábitats urbanos e sua biodiversidade associada.



AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Betina Chaluppe, Bruno Costa, Bruno Rocha, Daniela Gennari, Diego Mota, Enrico Tosto, Flora Roncolato Ortiz, Ivan Nery Cardoso, Jéssica Borges, Juliana Passos, Karina Banci, Leandro Sanchez Gomes, Letizia Migliore, Lucas Siqueira, Maísa Assano Matuoka, Marlison Cruz, Natália Torello, Patrícia Marinho, Rodolpho Gonçalves, Silara Batista, Valquiria de Oliveira e Vanessa Bento pelo auxílio em campo. Agradecemos à Camilla Bruno Di Nizo pelo auxílio na análise citogenética e à Maria José de J. Silva (Laboratório de Ecologia e Evolução, Instituto Butantan) por ceder o uso dos equipamentos. Agradecemos a Guto Carvalho pela confecção do mapa do Instituto Butantan. Jade Lima-Santos e Eletra de Souza foram financiadas pela Fundação para o Desenvolvimento Administrativo (FUNDAP) em parceria com a Secretaria da Saúde de São Paulo (SES-SP). Amanda de Oliveira Viana foi financiada pela Fundação Butantan.

REFERÊNCIAS

- Ab'Saber AN. 1970. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. *Geomorfologia*, São Paulo, 20: 1-26.
- Aronson MF, Lepczyk CA, Evans KL, Goddard MA, Lerman SB, MacIvor JS, Nilon CH, Vargo T. 2017. Biodiversity in the city: key challenges for urban green space management. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15(4): 189-196. <http://doi.org/10.1002/fee.1480>.
- Barbo FE, Malagoli LR, Bajesterro FB, Whately M. 2008. Os Répteis no Município de São Paulo: aspectos históricos, diversidade e conservação. Pp. 234-267. In: Malagoli LR, Bajesterro FB, Whately M (Eds.), *Além do Concreto: contribuições para a proteção da biodiversidade paulistana*. Editora Instituto Socioambiental, São Paulo.
- Begotti RA, Landesmann LF. 2008. Predação de ninhos por um grupo híbrido de sagüis (*Callithrix jacchus/penicillata*) introduzidos em área urbana: implicações para a estrutura da comunidade. *Neotropical Primates* 15(1): 28-29. <http://doi.org/10.1896/044.015.0107>.
- Bender DJ, Fahrig L. 2005. Matrix structure obscures the relationship between interpatch movement and patch size and isolation. *Ecology* 86(4): 1023-1033. <http://doi.org/10.1890/03-0769>.
- Bicca-Marques JC, Silva VD, Gomes DF. 2006. Ordem Primates. Pp. 107-150. In: Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP (Eds.), *Mamíferos do Brasil*. Editora Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Bonvicino CR, Lindbergh SM, Maroja LS. 2002. Small non-flying mammals from conserved and altered areas of Atlantic Forest and Cerrado: comments on their potential use for monitoring environment. *Brazilian Journal of Biology* 62(4B): 765-774. <http://doi.org/10.1590/S1519-69842002000500005>.
- Bonvicino CR, Oliveira JD, D'Andrea PS. 2008. Guia dos Roedores do Brasil, com chaves para gêneros baseadas em caracteres externos. Série de Manuais Técnicos. Centro Pan-Americano de Febre Aftosa, Rio de Janeiro.
- Braz BA, Fogaça MD, Victorio GG, Ferreira LG. 2019. Método de captura e sedação utilizado em um grupo de híbridos de *Callithrix penicillata* e *Callithrix jacchus* (Primates: Callitrichidae) em uma floresta urbana no Instituto Butantan, São Paulo. *Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozologia* 80: 16-19.
- Burns LE, Broders HG. 2014. Correlates of dispersal extent predict the degree of population genetic structuring in bats. *Conservation Genetics* 15(6): 1371-1379. <http://doi.org/10.1007/s10592-014-0623-y>.
- Cáceres NC, Prevedello JA, Loretto D. 2012. O uso do espaço por marsupiais: fatores influentes sobre área de vida, seleção de habitat e movimentos. *Biologia, Ecologia e Conservação*. Editora Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.
- Chace JF, Walsh JJ. 2006. Urban effects on native avifauna: A review. *Landscape and urban planning* 74(1): 46-69. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.007>.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2020. Monitoramento por Satélite dos Mamíferos da Mata de Santa Genebra. Disponível em: <http://www.stagenebra.cnpem.embrapa.br/mamiferos.html>. Acessado em: 16 de junho de 2020.
- Esbérard CE. 2009. Capture sequence and relative abundance of bats during surveys. *Zoologia (Curitiba)* 26(1): 103-108. <http://doi.org/10.1590/S1984-46702009000100016>.
- Esbérard CE, Luz JL, Costa L M, Bergallo HG. 2014. Bats (Mammalia, Chiroptera) of an urban park in the metropolitan area of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Iheringia. Série Zoologia* 104(1): 59-69. <http://doi.org/10.1590/1678-4766201410415969>.
- Evans KL. 2010. *Individual species and urbanisation*. Urban ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ewers RM, Didham RK. 2006. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews* 81(1): 117-142. <http://doi.org/10.1017/S1464793105006949>.
- Fattorini S, Mantoni C, De Simoni L, Galassi DM. 2018. Island biogeography of insect conservation in urban green spaces. *Environmental Conservation* 45(1): 1. <http://doi.org/10.1017/S0376892917000121>.
- Finotti R, Cerqueira R, Vieira MV. 2018. Frugivory vs. insectivory in marsupials of the Atlantic Forest: trade-offs in the use of vertical strata. *Oecologia Australis* 22(2). <http://doi.org/10.4257/oeco.2018.2202.08>.
- Gazarini J, Pedro WA. 2013. Bats (Mammalia: Chiroptera) in urban fragments of Maringá, Paraná, Brazil. *Check List* 9(3): 524-527.
- Gentile R, Cardoso TS, Costa-Neto SF, Teixeira BR, D'Andrea PS. 2018. Community structure and population dynamics of small mammals in an urban-sylvatic interface area in Rio de Janeiro, Brazil. *Zoologia (Curitiba)* 35: e13465. <http://doi.org/10.3897/zoologia.35.e13465>.
- Grimm NB, Faeth SH, Golubiewski NE, Redman CL, Wu J, Bai X, Briggs JM. 2008. Global change and the ecology of cities. *Science* 319: 756-760. <http://doi.org/10.1126/science.1150195>.
- Haddad NM, Brudvig LA, Clobert J, Davies KF, Gonzalez A, Holt RD, Lovejoy TE, Sexton JO, Austin MP, Collins CD, Cook WM, Damschen EI, Ewers RM, Foster BL, Jenkins CN, King AJ, Laurance WF, Levey DJ, Margules CR, Brett A, Melbourne BA, Nicholls OA, Orrock JL, Song DX, Townshend JR. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances* 1: e1500052. <http://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>.
- Haila Y. 2002. A conceptual genealogy of fragmentation research: From island biogeography to landscape ecology. *Ecological Applications* 12: 321-334. [http://doi.org/10.1890/1051-0761\(2002\)012\[0321:ACGOFR\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1890/1051-0761(2002)012[0321:ACGOFR]2.0.CO;2).
- Holland GJ, Bennett AF. 2009. Differing responses to landscape change: implications for small mammal assemblages in forest fragments. *Biodiversity and Conservation* 18(11): 2997-3016. <http://doi.org/10.1007/s10531-009-9621-7>.
- Ives CD, Biggs D, Hardy MJ, Lechner AM, Wolnicki M, Raymond CM. 2015. Using social data in strategic environmental assessment to conserve biodiversity. *Land Use Policy* 47: 332-341. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.04.002>.
- Joly AB. 1950. Estudo fitogeográfico dos campos de Butantã. *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Botânica* 5-68. <http://doi.org/10.11606/issn.2318-5988.v8i0p13-68>.
- Lazo LJ, Penna MAH. 2008. Os mamíferos paulistanos: um histórico de resistência, adaptação e riscos. Pp. 316-349. In: Malagoli LR, Bajesterro FB, Whately M (Eds.), *Além do Concreto: contribuições para a proteção da biodiversidade paulistana*. Editora Instituto Socioambiental, São Paulo.
- Lima IP. 2008. Espécies de morcegos (Mammalia, Chiroptera) registradas em parques nas áreas urbanas do Brasil e suas implicações no uso deste ambiente. Pp. 71-86. In: Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP (Eds.), *Ecologia de Morcegos*. Editora Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Lima IP, Reis NR. 2010. Técnicas e procedimentos de estudo de quirópteros em áreas urbanas. Pp. 59-59. In: Reis NR, Peracchi AL, Rossaneis BK, Fregonezi MN (Eds.), *Técnicas de estudos aplicadas aos mamíferos silvestres brasileiros*. Technical Books Editora, Rio de Janeiro.



- Lomolino MV, Brown JH, Sax DF. 2010. Island biogeography theory. The theory of island biogeography revisited. Princeton University Press, Princeton.
- Macedo SS, Sakata FG. 2002. Parques Urbanos no Brasil. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Magalhães AFDA, Vasconcellos MK. 2007. Fauna silvestre: quem são e onde vivem os animais na metrópole paulistana. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, São Paulo.
- Malagoli LR, Bajesteiro FB, Whately M. 2008. Além do concreto: contribuições para a proteção da biodiversidade paulistana. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente, São Paulo.
- Mantovani W. 2000. Cobertura Vegetal do Município de São Paulo. Prefeitura do Município de São Paulo, São Paulo. Relatório Interno da Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura do Município de São Paulo. Atlas Ambiental do Município de São Paulo, São Paulo.
- Marzluff JM. 2001. Worldwide urbanization and its effects on birds. Pp. 19-47, In: Marzluff JM, Bowman R, Donnelly RA (Eds.), Avian conservation and ecology in an urbanizing world. Cluwer academic press, Norwell, Massachusetts.
- McKinney ML. 2008. Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. Urban ecosystems 11(2): 161-176. <http://link.springer.com/10.1007/s11252-007-0045-4>.
- Pacheco SM, Sodré M, Gama AR, Bredt A, Cavallini-Sanches EM, Marques RV, Guimarães M, Bianconi G. 2010. Morcegos urbanos: status do conhecimento e plano de ação para a conservação no Brasil. Chiroptera Neotropical 16(1): 629-647.
- Paglia AP, Fonseca GAB, Rylands AB, Herrmann G, Aguiar LMS, Chiarello AG, Leite YLR, Costa LP, Siciliano S, Kierulff MCM, Mendes SL, Tavares VDC, Mittermeier RA, Patton JL. 2012. Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil. Occasional Papers in Conservation Biology 6. Conservation International, Arlington, Virginia.
- Palmeirim AF, Figueiredo MS, Grelle CEV, Carbone C, Vieira MV. 2019. When does habitat fragmentation matter? A biome-wide analysis of small mammals in the Atlantic Forest. Journal of Biogeography 46(12): 2811-2825. <http://doi.org/10.1111/jbi.13730>.
- Pardini R, Bueno AA, Gardner TA, Prado PI, Metzger JP. 2010. Beyond the Fragmentation Threshold Hypothesis: Regime Shifts in Biodiversity Across Fragmented Landscapes. Plos One 5(10). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0013666>.
- Patton JL, Pardiñas UF, D'Elia G. 2015. Mammals of South America, Volume 2: Rodents. University of Chicago Press, Chicago.
- Pedro WA, Taddei VA. 1997. Taxonomic assemblage of bats from Panga Reserve, southeastern Brazil: abundance patterns and trophic relations in the Phyllostomidae (Chiroptera). Boletim do Museu de Biologia Mello Leitão 6: 3-21. <http://doi.org/10.1590/S0101-81752005000400063>.
- Reis NR, Fregonezi MN, Peracchi AL, Shibatta OA. 2013. Morcegos do Brasil: guia de campo. Technical Books Editora, Rio de Janeiro.
- Reis NR, Peracchi AL, Batista CB, Lima IP, Pereira AD. 2017. História Natural dos morcegos brasileiros: chave de identificação de espécies. Technical Books Editora, Rio de Janeiro.
- Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP. 2011. Mamíferos do Brasil. 2ª Edição. Editora Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Ruiz-Miranda CR, Affonso AG, Morais MMD, Verona CE, Martins A, Beck BB. 2006. Behavioral and ecological interactions between reintroduced golden lion tamarins (*Leontopithecus rosalia* Linnaeus, 1766) and introduced marmosets (*Callithrix* spp., Linnaeus, 1758) in Brazil's Atlantic coast forest fragments. Brazilian Archives of Biology and Technology 49(1): 99-109. <http://doi.org/10.1590/S1516-89132006000100012>.
- Salazar-Bravo J, Dragoo JW, Tinnin DS, Yates TL. 2001. Phylogeny and evolution of the Neotropical rodent genus *Calomys*: inferences from mitochondrial DNA sequence data. Molecular Phylogenetics and Evolution 20(2): 173-184. <http://doi.org/10.15560/10.3.650>.
- Santori RT, Astúa D, Finotti R, Lessa LG, Cerqueira R. 2015. Inter and Intraspecific Differences in Food Resources Selection and Use in Captive *Philander frenatus* and *Didelphis aurita* (Didelphimorphia; Didelphidae). Oecologia Australis 19(1): 102-116.
- Shochat E, Warren PS, Faeth SH, McIntyre NE, Hope D. 2006. From patterns to emerging processes in mechanistic urban ecology. Trends in Ecology & Evolution 21: 186-191. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2005.11.019>.
- Schlaepfer MA, Gavin TA. 2001. Edge effects on lizards and frogs in Tropical Forest fragments. Conservation Biology 15(4): 1079-109. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2005.11.019>.
- SIMA – Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2019. Parque Urbano. Sistema Ambiental Paulista. Disponível em: <http://www.infrastrukturameioambiente.sp.gov.br/parque-urbano/#>. Acessado em: 17 de maio de 2020.
- SMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 2004. Plano de Manejo do Parque Estadual da Cantareira. Revisão. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/2012/01/PECantareira/Plano%20de%20Manejo/0.%20P%C3%83%C2%A1ginas%20Iniciais.pdf>. Acessado em: 07 de julho de 2020.
- SMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 2010. Cadernos da Mata Ciliar. Disponível em: http://institutohorus.org.br/download/artigos/2009_SMA_cadernos.pdf. Acessado em: 07 de julho de 2020.
- SVMA – Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. 2017. Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica do Município de São Paulo. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/PMMA_final_8_jan%20ok.pdf. Acessado em: 16 de junho de 2020.
- SVMA – Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. 2018. Inventário da Biodiversidade do Município de São Paulo (Technical Report). Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/PUB_FAUNA_DIGITAL_2018%20download2.pdf. Acessado em: 17 de maio de 2020.
- ST – Secretaria de Transportes de São Paulo. Estudo de Impacto Ambiental. Programa Rodoanel Mario Covas, Trecho Norte. Volume III. (2010). Disponível em: <http://www.versa.sp.gov.br/empreendimentos/rodoanel-norte/marcos-ambientais>. Acessado em: 07 de julho de 2020.
- Teixeira-Costa L, Parajara VM, Puerto G, Hingst-Zaher E. 2014. Ampliando o público de ações educativas relacionadas à vegetação urbana: o caso do Parque do Instituto Butantan, SP. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, Rio de Janeiro.
- Traad RM, Weckerlin P. 2012. Introdução das espécies exóticas *Callithrix penicillata* (Geoffroy, 1812) e *Callithrix jacchus* (Linnaeus, 1758) em ambientes urbanos (Primates: Callithrichidae). Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade 2(1): 9-23.
- Umetsu F, Pardini R. 2007. Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats-evaluating matrix quality in an Atlantic Forest landscape. Landscape Ecology 22: 517-530. <http://doi.org/10.1007/s10980-006-9041-y>.
- Usteri A, 1911. Flora der Umgebung der Stadt São Paulo in Brasilien. Verlag & Gustav Fischer, Jena.
- Vieira EM, Camargo NF, Cáceres N. 2012. Uso do espaço vertical por marsupiais brasileiros. Pp. 345-362, In: Cáceres NC (Org.), Os marsupiais do Brasil: biologia, ecologia e conservação. Editora Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

Submetido em: 07/julho/2020

Aceito em: 24/julho/2020



Species concepts and taxonomic practice in the integrative taxonomy era: an example using South American rodents

Jeronymo Dalapicolla^{1,2,*} & Alexandre Reis Percequillo¹

¹ Laboratório de Mamíferos, Departamento de Ciências Biológicas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, São Paulo, Brasil.

² Instituto Tecnológico Vale, Desenvolvimento Sustentável, Belém, Pará, Brasil.

* Correspondent author: jdalapicolla@gmail.com

Abstract: The most common questions made by committees in undergraduate and graduate defenses, focusing on systematic and taxonomic reviews of any taxon are regarding the species concept employed in methodology. Students' difficulty in applying species concept is greater when they use multiple datasets for species delimitation analyses. Here, we presented a way to clarify for students what are the assumptions of integrative taxonomy and how it can interact with the different species concepts and operational criteria. Rather than defining which concept to use and how to apply it, this essay aims to assist students in discuss their results and to find elements to justify their choices. Here, we briefly summarized the history of integrative taxonomy and cite species concepts most commonly used in mammalogy. In addition, we compiled information on 122 descriptions of new rodent species from South America over the past 20 years in order to analyze how these descriptions are using species concepts and the principles of Integrative Taxonomy. Only 23 descriptions made explicit their species concept, being the Genetic Species Concept followed by the Phylogenetic Species Concept the most applied concepts in the descriptions. The datasets used in Integrative Taxonomy were the morphological (100% of new descriptions), molecular (52.46%), cytogenetic (43.44%), followed by the ecological (3.28%) one. We suggested that rather than using only one method to quantify differences and to delimit species, the ideal would be to use multiple methods and datasets to infer, not only discontinuities, but independence among potential species.

Key-Words: Neotropical; Ontological concepts; Operational criteria; Rodentia; Species delimitation.

Resumo: Conceitos de espécies e a prática taxonômica na era da Taxonomia Integrativa: um exemplo usando roedores sul-americanos. A pergunta mais recorrente em trabalhos de sistemática e de taxonomia, especialmente em bancas na graduação e na pós-graduação, é com relação ao conceito de espécie utilizado. A dificuldade dos alunos em aplicar a ideia de um conceito de espécies aumenta quando se utiliza vários conjuntos de dados diferentes para as análises de delimitação de espécies. Pensando nisso, nós apresentamos neste ensaio as premissas da taxonomia integrativa e como ela pode ser associada com os diferentes conceitos e critérios de espécies existentes. Mais do que definir qual conceito usar e como aplicá-los, este ensaio visa auxiliar os alunos na discussão de seus resultados. Aqui nós fizemos um breve resumo da história da Taxonomia Integrativa e dos conceitos de espécies mais utilizados em mastozoologia. Além disso, compilamos a informação de 122 descrições de novas espécies de roedores da América do Sul nos últimos 20 anos, a fim de analisar como essas descrições estão usando os conceitos de espécies e os princípios da Taxonomia Integrativa. Apenas 23 descrições explicitaram o conceito de espécie, sendo o Conceito Genético e Filogenético os mais aplicados nas descrições. Os conjuntos de dados mais utilizados nas descrições foram os morfológicos (100% das descrições), moleculares (52,46%), citogenéticos (43,44%), seguidos pelos dados ecológicos (3,28%). No fim, sugerimos que melhor do que usar apenas uma quantificação ou um método para delimitar espécies, o ideal seria usar múltiplos métodos e conjuntos de dados para inferir, não apenas descontinuidades, mas a independência entre as espécies potenciais.

Palavras-Chave: Conceitos ontológicos; Critérios operacionais; Delimitação de espécies; Neotropical; Rodentia.



A most common question made by committees in undergraduate and graduate defenses, focusing on systematic and taxonomic reviews of any taxon are: “what is a species?”, “what species concept did you use?”, or yet “why did you use species concept A instead of species concept B?”. On such occasions, students are usually nervous and sometimes do not respond satisfactorily to these questions, or they just recite the species concept that was employed in the study.

Taxonomic species are hypotheses, and as such, they are elaborated and described based on results of empirical analysis of scientific collections and museum specimens, and therefore, they can be tested in future studies with additional specimens, different datasets, and methodological approaches (Fujita *et al.*, 2012; Pante *et al.*, 2015a). In this view, there is no right or wrong species concept to perform systematic or taxonomic revisions. However, there are more than 30 species concepts in the literature (Zachos, 2016b), usually divided into two major groups: ontological species concepts (“broader” species concepts) and operational species concepts (also named “criteria”) (Sites & Marshall, 2004). It may bring misunderstandings, especially when the study uses different datasets (*e.g.*, genetic, morphological, ecological) for species delimitation. In these cases, students may mix assumptions from different species concepts, or even link a species concept to only one data type. For instance, students may presume morphological data should always be used in Morphological or Biological Species Concept and they cannot be used in a Phylogenetic Species Concept, or assume molecular phylogenies are mandatory for Phylogenetic Species Concepts.

This essay was written for the introduction of DSc thesis of Jeronymo, which focused on the systematic review of an Amazonian rodent genus (Echimyidae: *Proechimys* Allen), employing an integrative taxonomic approach. This material is not meant to be a review on species concepts, as for this there are broader and deeper papers and books – see Wilkins (2009), and Zachos (2016a). However, we believe this essay can be helpful to young mammalogists on their works on systematics and taxonomy. We hope that this may help them on their search for a species concept, and its employment on their integrative taxonomic approaches. Thus, in this essay, we will present a brief summary on integrative taxonomy and the most commonly species concepts used in mammalogy. Later, we will discuss how mammalogists have used species concepts and integrative taxonomy to describe new species of South American rodents for the past 20 years.

A brief history of the Integrative Taxonomy

Taxonomy is the science of delineating, describing, and classifying the biodiversity based on shared characteristics (Dayrat, 2005), and it is a central area to Biology since it defines the basic unit of its various fields of knowledge (Agapow *et al.*, 2004; Sites & Marshall,

2004). Taxonomy is often divided into three levels: alpha, beta and gamma, depending on the hierarchical level analyzed (Schlick-Steiner *et al.*, 2010). Alpha taxonomy is related to taxonomic studies at the species level, beta taxonomy at higher categories (*e.g.*, genus, family, order), and gamma at the intraspecific level.

In the last decades, new technologies have emerged, especially in Molecular Biology and Computer Sciences, and new areas of knowledge related to Taxonomy were created within the Biological Sciences, such as Phylogeography (Avice, 1989), Integrative Taxonomy (Dayrat, 2005), Landscape Genetics (Manel *et al.*, 2003), DNA barcoding (Hebert *et al.*, 2003a, b), Coalescent Theory (Kingman, 1982; 2000), Next-generation DNA sequencing (Ronaghi *et al.*, 1998), and Museomics (Miller *et al.*, 2009; Wandeler *et al.*, 2007). These new conceptual and methodological perspectives attracted more attention of younger researchers, and opened new funding opportunities to the detriment of taxonomy based on only morphological data (Dalton, 2003; Godfray, 2002; Wheeler, 2004). Thus, Taxonomy has suffered and still suffers from its loss of importance to these new areas, such as Phylogeography or Landscape Genetics, what scientists call the “Taxonomy Crisis” (Agnarsson & Kuntner, 2007; Godfray, 2002; Tautz *et al.*, 2003).

Late on the 1980 and early on the 1990’s, J.L. Patton research group pioneered the use of molecular markers, employing the mitochondrial gene cytochrome b (Cyt b), on taxonomic and evolutionary studies on South American small mammals (Patton & Smith, 1992). This was the marker that dominated the Molecular Ecology, Phylogeography and Systematics throughout the late 20th century and currently it still is widely used (Lara & Patton, 2000; Patton *et al.*, 2000; Granjon & Montgelard, 2012; Lessa *et al.*, 2014; D’Elía *et al.*, 2019). Furthermore, the traditional proceedings with morphological data configured a slower and more subjective alpha taxonomy, while the new phylogenetic methods had been announced as faster and more objective (Blaxter, 2004; Dayrat, 2005). At the beginning of the 2000’s the idea of using DNA to identify biodiversity was consolidated (Blaxter, 2003; Mallet & Willmott, 2003; Tautz *et al.*, 2003), and the most famous method was the DNA barcoding approach (Hebert & Gregory, 2005). In this method researchers used another mitochondrial marker, the cytochrome oxidase subunit I (CO1) for animals, for individual identification at the specific level through inference of phylogenetic trees and genetic distances (Hebert *et al.*, 2003a, b).

Although the DNA barcoding is not the same as Molecular Taxonomy (Jörger & Schrödl, 2013; Morard *et al.*, 2016), the idea of agility and more objectivity using one genetic marker was widely discussed among taxonomists (Will & Rubinoff, 2004; Hajibabaei *et al.*, 2007). However, many studies criticized the use of the DNA Barcode for taxonomic purposes because gene trees may diverge from species trees for various reasons, among them, the incomplete lineage sorting (DeSalle *et al.*, 2005; Maddison, 1997; Valdecasas *et al.*, 2007). Furthermore, the subjectivity persisted when the



researcher defines a species by one or another cladogenesis event from phylogenetic trees or by the percentage of genetic divergence (Hebert *et al.*, 2003b; Johns & Avise, 1998; Zachos, 2018a). In the end, DNA barcoding approach for taxonomy was the replacement of a morphological method for a non-morphological method with the same problem: a typological, and single-datatype-system approach (Dayrat, 2005; Will *et al.*, 2005).

Rather than replacing one data type by another, studies started to integrate both data (Baker *et al.*, 2003; Patton *et al.*, 2000; Shaw & Allen, 2000). Dayrat (2005) proposed the term “Integrative Taxonomy”, for this approach that uses multiple data types and methods, such as, phylogeography, morphology, population genetics, and others, to delimit the units of life in a multidisciplinary approach (Padiál *et al.*, 2010; Schlick-Steiner *et al.*, 2010). Several studies combined different databases for taxonomic purposes since the 1970’s, especially on vertebrates (Hafner *et al.*, 1983; Hillis, 1987; Patton & Gardner, 1972) and microorganisms (Oren, 2004). However, some authors have been criticized naming the concordance of different databases for species delimitation as Integrative Taxonomy (Pante *et al.*, 2015b; Yeates *et al.*, 2011) because they did not integrate the different datatype simultaneously during the analyses, see more details in the next section.

Integrative Taxonomy has consistently been applied in the delimitation of species and diversity in plants (*e.g.*, Barrett & Freudenstein, 2011), invertebrates (*e.g.*, Ross *et al.*, 2010) and mammals (*e.g.*, Chiquito *et al.*, 2014; Lanzone *et al.*, 2007; Prado & Percequillo, 2018). More recently, new methods for the integration of distinct databases were developed, employing simulations and coalescent theory (Fujita *et al.*, 2012; Yang & Rannala, 2010), Brownian motion for morphological evolution (Solís-Lemus *et al.*, 2015), and ecological niche models and distributional data (Massatti & Knowles, 2016). These methodological advances are closely related to the advancement of technologies to store, manage and analyze bigdata, as well as new approaches for generating and collecting better quality data such as genomics (NGS), geometric morphology (digitizer systems, computerized tomography (CT) scan), and availability of ecological data on online platforms – as WorldClim (<http://www.worldclim.org>), GBIF (<http://www.gbif.org>) or SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br>) – or datapapers (Bovendorp *et al.*, 2017; Figueiredo *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2017). These new approaches may be useful for species delimitation and may help the Taxonomy to popularize again and leave the crisis in which it finds itself.

Journals have currently encouraged systematic and taxonomic studies to use the integrative taxonomy assumptions, especially to described new taxa, employing integration of different data types, and also some of these new statistical approaches to improve species delimitation, focusing more on practical issues on how to identify a species better than understand theoretically what a species is.

What a species is?

Species is conceptually and philosophically a fundamental and natural unit in biology for most researchers (Sites & Marshall, 2004), and is pragmatically delimited based on discontinuities (Ridley, 2004). Some authors have emphasized the most relevant evolutionary unit is not species but populations (Simpson, 1951; Ehrlich & Raven, 1969; Ereshefsky, 1991) but issues on the reality of species as an unit of evolution and species as taxonomic category are, although essential on a philosophical perspective on the species problem, out of scope of this essay. The relevant aspects on the discussions on the theory of the species concept that we are concerned here focus on two points: (i) how to define a species in a way that encompasses all forms of life and (ii) what level of discontinuity is necessary for a group of individuals to be considered a fully formed species (González, 2018).

These questions are expected because species are the product of an evolutionary process. Evolution is a continuous process, and taxonomy is a discrete science – this group of individuals is a different species or not (Zachos, 2018b). Thus, taxonomy tries to simplify a continuous process in a discrete and binary classification, and consequently it will never match perfectly the ongoing process in nature (O’Hara, 1993). To cope with this impasse, several species concepts emerged as a response to multiple ways of thinking and defining the fundamental units of Taxonomy (Wilkins, 2009).

The most famous and prevalent of these concepts is the Biological Species Concept (BSC) proposed by Mayr (1940; 1942). During his career, Mayr changed the BSC definition, sometimes giving emphasis to interbreeding (Mayr, 1940), sometimes to reproductive isolation (Mayr, 1942), sometimes focusing on the difference of species as a taxon or as a category (Mayr, 1969). One of the last definitions for the BSC is that a species is a natural interbreeding community that is reproductively isolated from other communities (Beurton, 2002; Mayr, 1992). Regardless of the definition used, BSC central idea is that gene flow is an important criterion for species delimitation (Queiroz, 2005b). Over time, BSC was more accepted by zoologists than by botanists due to the frequent hybridization between plants, suggesting that the development of isolation mechanisms is not the main speciation factor in plants (Mallet, 2008). Furthermore, the BSC does not cover all living beings because the criterion of interbreeding or reproductive isolation do not fit in asexual organisms (Ward, 1998). Thus, BSC did not satisfy the premise of being broad enough to encompass all forms of life. Nevertheless, is so impregnated in biological thought, that probably is the species concept to come to people’s mind (even undergraduate and graduate students), when they are asked about what a species is.

Simpson (1961) proposed the Evolutionary Species Concept (EvSC), and later Wiley (1978) modified the EvSC, defining it as: an evolutionary species is a lineage (a sequence of ancestral-descendant populations) that evolves separately (maintains its identity) from other



species and has its own evolutionary tendencies and historical fate. EvSC added a time dimension that was not present in the BSC (Hull, 1997; Mayden, 1997; Wilkins, 2009). Some critiques have followed the EvSC, especially on the definition of some terms as “identity”, “evolutionary tendencies” and “historical fate”. Therefore, many scientists have considered the EvSC vague and impractical (Wiley, 1978; Mayr, 1982).

During the 1970s another idea, as opposed to the BSC, emerged, arguing that what kept one species cohesive and isolated from others was not gene flow but adaptation to different ecological niches, ultimately sustained by natural selection (Van Valen, 1976). In this Ecological Species Concept (EcSC), populations constitute distinct phenetic clusters, which we recognize as species not by interbreeding or gene flow but because the ecological and evolutionary processes that control the division of resources tend to produce such clusters (Ridley, 2004). For Van Valen (1976) a species is a lineage (or a grouping of related lineages) occupying different adaptive zones and evolving separately from other lineages, including in this concept the ideas of Simpson regarding the species temporal dimension and their different evolutionary histories. Therefore, life exists in the form of different species, in the EcSC context, because of adaptation to exploit resources in nature, and gene flow is shaped by the same process (Rapini, 2004). Thus, ecological difference would be related to genetic difference, speciation would occur by environmental change, and any reproductive isolation is only a consequence not the cause of this process. Van Valen ideas only mentioned evolution occurring by natural selection because the neutral theory of molecular evolution – explaining how genetic drift, especially in small populations, can drive changes in allele frequencies, fixing even alleles with low adaptive value – had not been published by that time (Kimura, 1983; Ohta, 1992). Like Simpson’s ideas, main criticisms of EcSC were the definitions of some terms as adaptive zones and how to quantify them (Mayr, 1982), returning to the problem on level of discontinuity in the occupation of adaptive zones to delimit species.

After the emergence of Phylogenetic Systematics (Hennig, 1966), taxonomists and Hennig himself proposed that the classification of organisms should reflect the monophyly between groups, thus added phylogenetic relationships to taxonomy (Baum, 1992; Meier & Willmann, 2000). Taxonomists elaborated species concepts that were compatible with phylogenetic systematics, named them Phylogenetic Species Concept (PSC) (Baum & Donoghue, 1995; Mishler & Theriot, 2000a). Cracraft (1983) was the first to use the name PSC for species definition although earlier scholars have used monophyly and other elements of phylogenetic systematics for species definition (Eldredge & Cracraft, 1980; Mishler & Donoghue, 1982; Nelson & Platnick, 1981).

Currently, there are numerous PSC versions, all them show two fundamental elements: monophyly and diagnosability (Gutiérrez & Garbino, 2018) and fall into two main groups: character-based and history-based PSC’s (Baum & Donoghue, 1995). PSC based on history

defines species based on phylogenetic relationships, where individuals within the same species are mutually monophyletic (Mishler & Theriot, 2000b). As monophyly can occur at any level of the hierarchical categories (above or below the species level), an additional criterion for phylogenetic species definition is usually required, the “ranking criteria” (Baum, 1992). The ranking criteria should involve practical criteria that operate on the monophyletic group, such as, characteristics related to breeding, mating system, representing the acquisition of an exclusivity (Zachos, 2016b). They may also include ecological criteria or the presence of barriers to reproduction. Thus, for grouping populations by monophyly, the history-based PSC is monistic, while the ranking criteria is pluralistic due to the amount of support for its monophyly (Mishler & Brandon, 1987). The character-based PSC considers that a set of individuals are from the same species when and only if they share a character or a combination of characters, in mammals usually, morphological and cytogenetic ones (D’Elía *et al.*, 2019). This character must be absent from other species, whereas the origin of the character (ancestral or derived) is not important (Baum, 1992; Baum & Donoghue, 1995). The most applied character-based PSC is the diagnostic Phylogenetic Species Concept (dPSC), where a species is the smallest possible group of individual organisms defined by a character in which there is a pattern of ancestry and descendant, which together become basal diagnostic units (Cracraft, 1983). dPSC maintains the idea of a species as a lineage and monophyly but does not retain the phylogenetic aspects for the diagnostic characters because they may be primitive (plesiomorphic or homoplastic) (Mishler & Theriot, 2000a; Zachos, 2018b).

The dPSC has been widely applied in the mammalian taxonomy, especially in large mammals, with the almost automatic erection of subspecies to the level of species (Groves & Grubb, 2011; Zachos, 2018a). The “lumpers” (taxonomists who recognize that the similarities between populations are more important than differences, and avoid creating new names when the differences are trivial) have named this strategy as taxonomic inflation, and the “splitters” (taxonomists who recognize that the differences between populations are more important, and create new names to accommodate these differences) have accused the “lumpers” of taxonomic inertia (Frankham *et al.*, 2012; Heller *et al.*, 2014; Zachos *et al.*, 2013). dPSC is an attractive species concept because it is easily testable. The main criticism to it is that any isolated population, through genetic drift, reaches a level of divergence that makes it diagnosable, and could be a new species (Zachos, 2018b). Therefore, although the diagnosis of the species is objective and testable in the dPSC, the level of discontinuity required to consider individuals as population or species remains subjective.

Genetic Species Concept (GSC) considers a group of populations genetically compatible and genetically isolated from other groups as a species (Baker & Bradley, 2006). The authors expanded the criteria of Bradley & Baker (2001) and the Bateson-Dobzhansky-Muller (BDM) model (Gavrilets, 2003), employing genetic data



from mitochondrial and nuclear genomes to delimit and identify species. GSC focuses more on genetic isolation rather than on reproductive isolation (Granjon & Montgelard, 2012) and is commonly used to support the interpretation of genetic divergences in mammals. Baker & Bradley (2006), using Cyt b, indicated genetic distance thresholds for inter and intraspecific variation in mammals.

Despite the fact that the 34 species concepts currently known (Hill, 2017; Shanker *et al.*, 2017; Zachos, 2016b) exhibit distinct levels of disagreement among them, there is a common point in most species' concepts: the general idea that a species is a lineage, *i.e.*, a temporal/spatial sequence of ancestors and descendants' populations, which are evolving separately from other populations (Queiroz, 1998). This general idea of species is similar in three species concepts: Evolutionary Species Concept (Wiley, 1978), General Lineage Species Concept (GLSC, Queiroz, 1998) and Unified Species Concept (USC, Queiroz, 2005a).

In the GLSC, Queiroz affirmed that almost all modern biologists have the same general idea on concept of species, in which species would be equivalent to segments of a lineage rather than an entire lineage. An organism lineage is composed of a series of ancestor-descendant organisms, and similarly to it, a species lineage is composed of a series of ancestral-descendant species and not populations as proposed in the EvSC. Moreover, other properties of these lineages, such as reproductive isolation, monophyly, and morphological and ecological differentiation, are not essential, considering them as "Secondary Properties of Species", used as operational criteria to separate lineages (Queiroz 2007; D'Elía *et al.*, 2019).

In the USC, Queiroz defined a species as a segment of a lineage, as in the GLSC. However, he stated that Secondary Properties of Species (criteria) are not necessary for the definition of a species. Thus, species would be segments of lineages that only need to evolve separately from other lineages, without necessarily being phenetically distinguishable, or diagnosable, or monophyletic, or reproductively isolated, or retain any other characteristics (Queiroz, 2005a). For instance, the existence of cryptic species, which are "full" species that have no morphological differentiation (Bickford *et al.*, 2007), or the case of speciation with gene flow when species are not reproductively isolated (Nosil, 2008; Feder *et al.*, 2012).

Mayden (1997) and Queiroz (1998, 2007) named EvSC, GLSC, and USC as "ontological concepts", whereas other species concepts, such as BSC and PSC, would be "criteria or operational concepts" (Sites & Marshall, 2004). In this perspective, a species is a lineage (EvSC) or a segment of a lineage (GLSC or USC) that is evolving separately from others (ontological concept), and the operational concepts are useful to separate populations in independent lineages or to establish species limits. Thus, ontological species concepts are broad enough to encompass all forms of lives, but still, the delimitation of a species through discontinuities remains hard

to achieve, as defining discontinuities is doubtful and questionable.

The discontinuities are present in all levels of biodiversity, between species and also among individuals (Bolnick *et al.*, 2011). Intraspecific variation may be due to sexual dimorphism (differences between sex), ontogenetic variation (differences between ages), and geographical variation (differences between localities) (Ridley, 2004). Splitting this variation among individuals from a variation at the species level is not a simple task, and it becomes more complex when the lineages are not completely separated, something quite common since evolution is a continuous process (Zachos, 2016d).

When the species are in emergence or in process of speciation, the limits and the amount of discontinuities are still fuzzy, falling into a grey area (Queiroz, 1998; Lee, 2003; Sites & Marshall, 2004; Zachos, 2016c). The largest discussions on the validity of a species are when these taxa are in this fuzzy area (Zachos, 2018a). In this context, alternative taxonomic hypotheses may be elaborated to consider whether two lineages left the grey area or not, and for this, Taxonomy is considered by some authors as imprecise (Gippoliti *et al.*, 2018). However, frequently some authors do not realize that imprecision is inherent to Taxonomy and to the evolutionary process (Zachos, 2018b). Even with the most sophisticated statistical approach to species delimitation, and with the increasing resolution of the Tree of Life, those grey areas will persist in Taxonomy (Sites & Marshall, 2004; Sukumaran & Knowles, 2017). With this view, it would be far more intuitive to test whether two lineages have left this grey area than to test whether they have some discontinuity to support them as diagnosable lineages.

Carstens *et al.* (2013) suggested that researchers should perform an extensive range of species-delimitation analyses with their datasets to test if different lineages are different species. Using multiloci molecular dataset, they gave some options: general mixed Yule coalescent model (GMYC; Pons *et al.*, 2006), BPP (Yang & Rannala, 2010), and spedeSTEM (Carstens & Dewey, 2010). However, Tang *et al.* (2014) proposed approaches for species delimitation using a single-locus dataset, as the Bayesian implementation of the General Mixed Yule Coalescent (bGMYC, Reid & Carstens, 2012) and Poisson Tree Processes (PTP, Zhang *et al.*, 2013), an approach employed by Hurtado & D'Elía (2019) to assess the species limits in the sigmodontine genus *Oligoryzomys* Bangs.

Following Carstens *et al.* (2013), taxonomic decisions and rearrangements should be conservative, delimiting species only when the results are congruent in the different approaches. In this perspective, if the species boundaries are the same for different methods, and there are no ambiguous results, probably those lineages are not in the grey area. However, the authors also pointed out that speciation process is gradual and it could lead to incongruent results. In this case, researchers should explore the possible causes for this inconsistency and any suspicion regarding methodology, sample size, or violation of statistical test premises, researchers should not perform taxonomic rearrangements



(Carstens *et al.*, 2013). Thus, for these authors, it is better to fail to delimit species than to delimit them when they do not represent separated evolutionary lineages.

This proposal is in line with the integrative taxonomy, which, in addition to several approaches, encourages the use of several datasets for the delimitation of taxonomic units (Dayrat, 2005). However, Yeates *et al.* (2011) argued that this approach is in fact an “Iterative Taxonomy” rather than an “Integrative Taxonomy”, as dataset are not analyzed simultaneously, but subsequently. Also, it’s important to consider that by the time of Dayrat proposal truly integrative methods were not available, but currently there are some options as iBPP (Solís-Lemus *et al.*, 2015) that integrate morphometric and genetic data in the same Bayesian framework for species delimitation (Pyron *et al.*, 2016; Chan *et al.*, 2017; Noguerales *et al.*, 2018). Yeates *et al.* (2011: 210) also claim that: “Integrative Taxonomy should aim for quantitative methods that allow different data partitions to contribute to the delimitation of species boundaries”.

Therefore, to improve the use of species concepts in studies using integrative taxonomy approach, students should keep in mind that there are species criteria and species concepts. In a study, the species concept would be unique but the criteria may differ according to the dataset. The idea that species are lineages can be considered well-established in Taxonomy, and the most discussed point now is the best way to identify those lineages and to test their independence (operational criterion), and what data type would be important to use in taxonomic studies.

Species Concepts and Integrative Taxonomy in South American Rodents

Most mammalogists follow a particular species concept and usually species catalogs and checklists, such as, Cabrera (1961), Wilson & Reeder (1993; 2005), and Patton *et al.* (2015) are compiled under different species concepts, reflecting the philosophy of individual authors (Bradley & Baker, 2006). Historically, the BSC had been a widespread concept among mammals researchers (Mayr 1942; Bradley & Baker, 2006), and one important example of this is the work of Musser (1968) on Central American squirrels. However, as we discussed earlier, new technologies and conceptual innovations have changed taxonomy and systematics and the way we work on species in the last decades. Thus, our questions in this section are: (i) have the most applied species concepts by mammalogists changed over time? (ii) has Integrative Taxonomy gained more strength since 2005, when the term was outlined by Dayrat? (iii) and what are the most used datasets to describe rodent species in recent years?

We employed data on descriptions of new rodent species in South America to answer these questions. We chose rodents because they represent the most diversified order of mammals (Wilson & Reeder, 1993; 2005), with the greatest number of recently described species

(Burgin *et al.*, 2018), and, as such, they could indicate a trend for all mammals. We restricted the study area to South America because there were available databases for the region (Patton *et al.*, 2015; D’Elía *et al.*, 2019) and due to the authors’ familiarity with South American rodents. We compiled descriptions of South American rodents from the past 20 years (2000-2019), starting with D’Elía *et al.* (2019) and Patton *et al.* (2015). Subsequently, we also searched GoogleScholar (<https://scholar.google.com.br>) and Web of Science through Periódicos CAPES (<http://www.periodicos.capes.gov.br>) for other descriptions. We performed these searches combining the name of each South American rodent family with four terms: “sp. nov”, “new species”, “nueva especie”, and “nova espécie” to cover the main languages spoken in South America. We considered only descriptions of new rodent species, therefore, we excluded revalidations and other taxonomic rearrangements, and descriptions of subspecies and genera. We did not include fossil, extinct or unnamed species following the criteria of D’Elía *et al.* (2019). We did not consider whether the taxon was later synonymized or rearranged in another genera. Therefore, we applied the nomenclature of the original description because our focus was to analyze what (criteria, datasets, or both) prompted authors in recognizing this taxon as species, and whether they justified it using any species concept. We compiled information about the type locality, datasets employed in

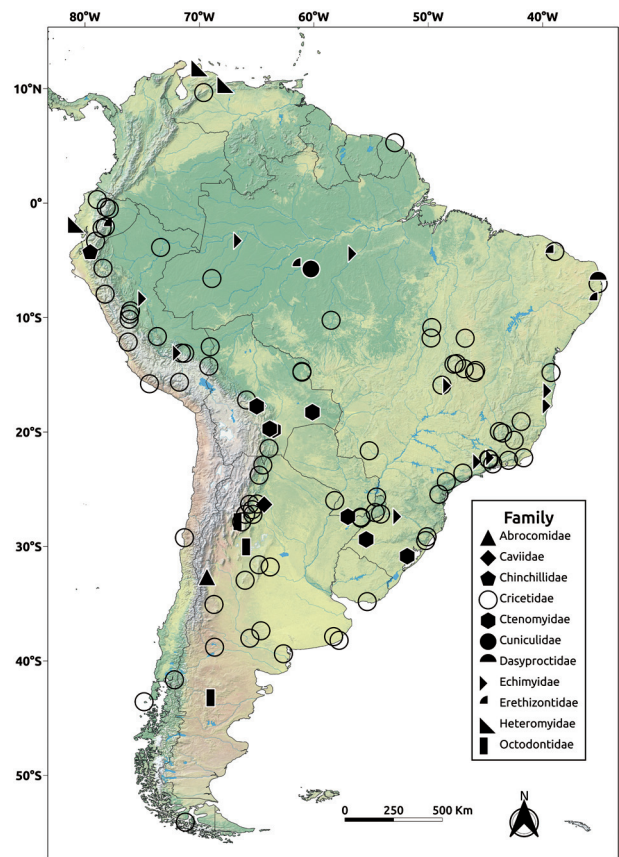


Figure 1: Type localities for all 122 descriptions of new rodent species from South America between 2000-2019, symbols represent the 11 rodent families sampled. We searched GoogleEarth (<https://earth.google.com/web>) the type localities without geographic coordinates informed by the authors.

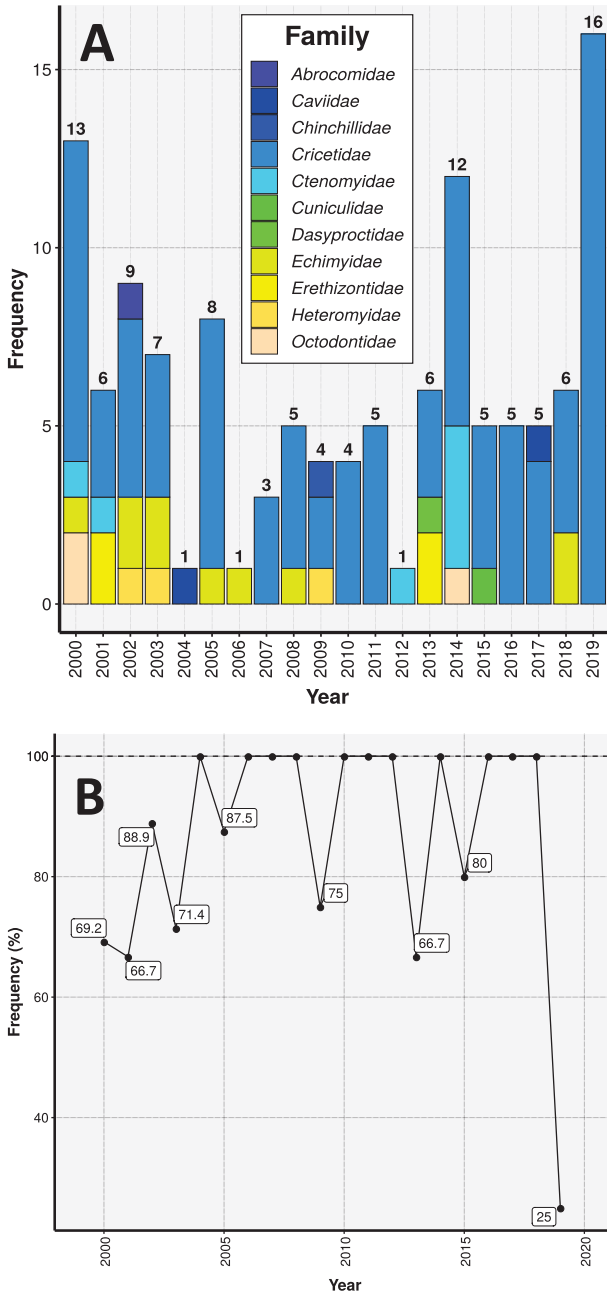


Figure 2: (A) Annual variation in descriptions of new rodent species from South America over the past 20 years (2000-2019), colors represent the 11 rodent families sampled, and annual number of descriptions are over each bar. (B) Annual variation in descriptions of new rodent species using multiple datasets as evidence.

methodology, and whether the authors explicitly cite any species concept.

Results are presented in Appendix 1 and a csv file with R scripts is also available for download (https://github.com/jdalapicolla/Dalapicolla_Percequillo_2020). We compiled 122 new species descriptions of 11 rodent families between 2000-2019 with type localities distributed throughout South America, except in Colombia, Guyana, Suriname, and Trinidad & Tobago (Figure 1). Mostly species were described in Family Cricetidae (89 descriptions, representing 72.95% of all descriptions), followed by Echimyidae (10-8.2%), and Ctenomyidae (7-5.74%) (Figure 2A). We found four groups of datasets employed in the descriptions of South American

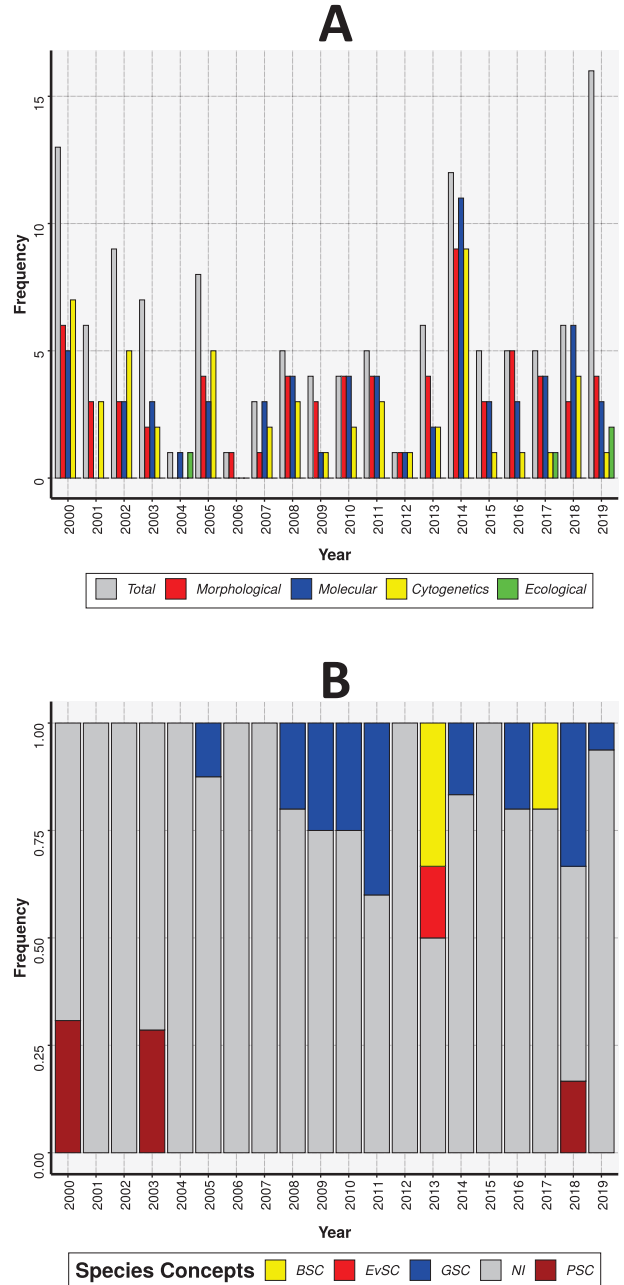


Figure 3: (A) Annual variation of the four types of data (Morphological – excluding discrete data, Molecular, Cytogenetics, and Ecological) applied in the new descriptions of rodent species from South America over the past 20 years (2000-2019). Gray bar indicates the total of the descriptions by years. (B) Annual variation of species concepts used in the rodent descriptions of new species by year. BSC = Biological Species Concept; EvSC = Evolutionary Species Concept; GSC = Genetic Species Concept; NI = Not Informed; PSC = Phylogenetic Species Concept.

rodents: morphologic (used in 100% of descriptions; 55.73% of descriptions employed morphometric or phylogenetic analyses), molecular (52.46%), cytogenetics (43.44%) and ecological (3.28%) (Table 1).

All species descriptions used morphological data or external measurements for comparison among close related species. Only 3.28% of the total descriptions employed discrete morphological data for inferring phylogenetic trees (Table 1), 50.82% used cranial and/or external measurements obtained with calipers for multivariate morphometric analyses and 1.64% employed measurements for assessing geometric variation with



Table 1: Multiple datasets employed in descriptions of new rodent species from South America between 2000-2019, organized by dataset (Data), how data was used specifically in the methodology (Approach), following by the number of descriptions (N), and frequency (%) considering all 122 descriptions. Raw data is in Appendix 1. DCP = discrete morphological variation; MMC = continuous morphological variation using calipers, and multivariate analyses; MMG = continuous morphological variation using geometric variation, and multivariate analyses; MPH = phylogenetic trees using morphological data; mtDNA = mitochondrial DNA; nuDNA = nuclear DNA; MTG = mitogenome; 2N = number (2n) and shape (FN) of chromosomes; BCN = banding patterns and chromosomal rearrangement; NIC = similarities of niches; ETH = ethological data; BRE = cross-breeding data.

Data	Approach	N	Frequency (%)
Morphological		122	100.00
	DCP	122	100.00
	MMC	62	50.82
	MMG	2	1.64
	MPH	4	3.28
Molecular		64	52.46
	mtDNA	64	52.46
	nuDNA	6	4.92
	MTG	1	0.82
Cytogenetics		53	43.44
	2N	53	43.44
	BCN	9	7.38
Ecological		4	3.28
	NIC	2	1.64
	ETH	2	1.64
	BRE	1	0.82

photos (Table 1). All descriptions with molecular dataset included mitochondrial DNA, mainly Cyt b, only 4.92% used nuclear DNA data (Table 1) and only one with employed mitogenome data. The same pattern is showed for cytogenetics data where the most common data such are the number of chromosomes (2n) and their shape (fundamental number – FN) (included in 43.44% of descriptions), and studies comparing banding patterns and chromosome reorganization are rarer (7.38%; Table 1). Ecological data were the least used data, mostly based on species distribution models (SDM) or ecological niche models (ENM) for niche estimative and comparison. One description contained data on behavior and interbreeding among close related species for evidencing reproductive isolation (Solmsdorff *et al.*, 2004), and one description contained data on acoustics for a new species of *Rhipidomys* Tschudi (Brito *et al.*, 2017).

Over the past 20 years, researchers have increased the use of different datasets in descriptions of new rodent species from South America (Figure 2B). Before 2005 (year of Dayrat's paper on Integrative Taxonomy), only in 2004, 100% of the descriptions of new species (although this seems high in frequency, it represents only 1 description) used different datasets. After 2005, a rate of 100% of descriptions employing multiple dataset was repeated for several years. However, many new species descriptions are still based on one dataset, even in recent years as 2013 and 2015 (Figure 2B). The drop to 25% in 2019 is due to the descriptions of 12 new species by Agnolin *et al.* (2019) employing only morphologic data, based on restricted samples, both in number of

Table 2: Frequency (%) and number (N) of descriptions of new rodent species from South America between 2000-2019 performed under a precise species concept advocated by the authors, considering all 122 descriptions. GSC = Genetic Species Concept; PSC = Phylogenetic Species Concept; BSC = Biological Species Concept; EvSC = Evolutionary Species Concept. Raw data is in Appendix 1.

Species Concept	N	Frequency (%)
Not Informed	99	81.15
Informed	23	18.85
GSC	12	9.84
PSC	7	5.74
BSC	3	2.46
EvSC	1	0.82

specimens and geographic coverage. Although the validity of these taxa is being questioned (Teta *et al.*, 2020), we kept them because they fitted in our assumptions to select the new descriptions of rodent species. Even not considering 2019, there are still many descriptions of new species that did not employed multiple datasets as evidence for the delimitation of new species.

When we removed discrete morphological data employed in the diagnosis and comparison of the new species, it is possible to notice that most of information for new species is restricted to morphometric data for multivariate analyses, and mitochondrial DNA for inference of phylogenetic trees (Table 1; Figure 3A). Although genomic data has been available for decades (Ronaghi *et al.*, 1998), they have been used only in one description (Table 1). In addition, only in the years 2004 and 2010 (with one description each year) all hypotheses on new species were based on multiple datasets (Figure 3A).

Regarding the species concepts, only 23 descriptions (18.85%) were performed under a precise species concept advocated by the authors (Table 2), and one paper used the term "Evolutionary Significant Unit" from Conversation Biology (Mortiz 1994), as an evidence to support the recognition of new species (Quintela *et al.*, 2017). Among the hypothesis on species definition that explicitly used a species concept, most of them (12 or 9.84%) used the Genetic Species Concept (GSC), employing as the criteria the genetic divergence thresholds indicated by Baker & Bradley (2006) (Table 2). The second most used species concept was the multiple versions of the character-based PSC (7 descriptions or 5.74%), followed by the BSC, employing morphological differences as an indirect measure of gene flow (2.46%; Table 2). Only one ontological species concept was used, the EvSC by Wiley (1978) in the description of *Eligmodontia dunaris* Spotorno, Zuleta, Walker, Manriquez, Valladares & Marin (Spotorno *et al.*, 2013). Most concepts are not used regularly through the years in the descriptions of new species, except for the GSC that became more consistently employed from 2007 to the present (Figure 3B). Emmons & Patton (2005) described *Oryzomys acritus* [= *Hylaeamys acritus* (Emmons & Patton)] employing the criteria of Bradley & Baker (2001), and how the GSC is an expansion of their work from 2001, we considered this description following the GSC premises.



CONCLUSIONS

In this essay we discussed the use of species concepts and the assumptions of Integrative Taxonomy in mammalogy, focusing especially on description of new species of South American rodents. Our main purpose on this essay was to instigate researchers, especially younger scholars on systematics, to be explicit in their studies on the species concepts that they are employing, to contribute on the philosophical discussions on what a species is and how they were recognized. Aiming to contribute on this, we offered to these young scientists the basic references for them to start to dive deeper in this topic.

Analyzing the hypothesis on the recognition of new species from South American rodents, most studies used multiple datasets as evidences, basically three of them: morphological, molecular, and cytogenetics. However, there are still many descriptions that were based on one dataset, indicating that Integrative Taxonomy still needs to be incorporated among mammalogists.

Furthermore, in descriptions of new species and species delimitation analyses, to avoid confusing the tokogenetic relationships among populations with the phylogenetic relationships among species, we recommend following: (i) Dayrat's suggestion about the Integrative Taxonomy to search discontinuities in different datasets. Our data compilation showed a notable lack of ecological data in the description of new rodent species from South America, indicating that futures studies would benefit from an investment in analyses on ecological niche (Masatti & Knowles, 2016). Other datasets already in use, such as cytogenetics and molecular, may be improved employing them in other analyses and methodologies, such as, chromosomal banding patterns or multilocus genetic data, like NGS; (ii) Carstens *et al.* (2013) proposal to use different approaches/analyses for species delimitation analyses in each dataset, and combine or integrate the results. In cases of incongruence, researchers may explain the possible causes and suggest a new taxon based on multiple evidence; (iii) the suggestion to state clearly the species concept used in the study, that coupled to the availability of the dataset and analytical methods employed, will allow future researchers to empirically test the hypothetical species. Therefore, in addition to the achievement of more robust results and evidences, these recommendations would certainly increase the visibility and importance of species level systematics, as the knowledge on species diversity is paramount on Biological Sciences.

ACKNOWLEDGMENTS

E. Eizerik, K.M.P.M.B. Ferraz, M.V.R. Ballester, R.O.A.A. Brito, Y.L.R. Leite, and anonymous reviewers made suggestions that improved this essay. G.S.T. Garbino, A. Elbakyan, and Sci-Hub supporters provided some copy for the original descriptions. Authors were supported by the Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP: JD [grant #: 15/02853-6, 16/24464-4]; ARP [grant #: 09/16009-1, 16/20055-2].

REFERENCES

- Abreu-Júnior EF, Percequillo AR. 2019. Small mammals of the Estação Ecológica de Bananal, southeastern Atlantic Forest, Brazil, with description of a new species of *Brucepattersonius* (Rodentia, Sigmodontinae). *Arquivos de Zoologia* 50(1): 1-116. <http://doi.org/10.11606/2176-7793/2019.50.01>.
- Agapow P, Bininda-Emonds ORP, Crandall KA, Gittleman JL, Mace GM, Marshall JC, Purvis A. 2004. The impact of species concept on biodiversity studies. *The Quarterly Review of Biology* 79(2): 161-179. <http://doi.org/10.1086/383542>.
- Agnarsson I, Kuntner M. 2007. Taxonomy in a changing world: seeking solutions for a science in crisis. *Systematic Biology* 56(3): 531-539. <http://doi.org/10.1080/10635150701424546>.
- Agrolin FL, Derguy MR, Godoy IN, Chimento NR. 2019. Mamíferos argentinos: descripción de nuevas especies de las colecciones de Elio Massoia y Julio R. Contreras (Rodentia, Chiroptera, Carnivora). *Historia Natural* 9(2): 107-181.
- Anderson RP, Gutiérrez EE. 2009. Taxonomy, distribution, and natural history of the genus *Heteromys* (Rodentia: Heteromyidae) in central and eastern Venezuela, with the description of a new species from the Cordillera de la Costa. Pp. 33-93. In: Voss RS, Carleton MD (Eds.), *Systematic mammalogy: contributions in honor of Guy G. Musser*. American Museum of Natural History, New York. <http://doi.org/10.1206/582-2.1>.
- Anderson RP, Jarrín-V P. 2002. A new species of spiny pocket mouse (Heteromyidae: *Heteromys*) endemic to western Ecuador. *American Museum Novitates* 2002(3382): 1-26. [http://doi.org/10.1206/0003-0082\(2002\)382%3C0001:ANSOSP%3E2.0.CO;2](http://doi.org/10.1206/0003-0082(2002)382%3C0001:ANSOSP%3E2.0.CO;2).
- Anderson RP. 2003. Taxonomy, distribution, and natural history of the genus *Heteromys* (Rodentia: Heteromyidae) in western Venezuela, with the description of a dwarf species from the Península de Paraguaná. *American Museum Novitates* 2003(3396): 1-43. [http://doi.org/10.1206/0003-0082\(2003\)396%3C0001:TDANHO%3E2.0.CO;2](http://doi.org/10.1206/0003-0082(2003)396%3C0001:TDANHO%3E2.0.CO;2).
- Anderson S, Yates TL. 2000. A new genus and species of phyllotine rodent from Bolivia. *Journal of Mammalogy* 81(1): 18-36. [http://doi.org/10.1644/1545-1542\(2000\)081%3C0018:ANGASO%3E2.0.CO;2](http://doi.org/10.1644/1545-1542(2000)081%3C0018:ANGASO%3E2.0.CO;2).
- Avise JC. 1989. Gene trees and organismal histories: a phylogenetic approach to population biology. *Evolution* 43(6): 1192-1208. <http://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1989.tb02568.x>.
- Baker AM, Bartlett C, Bunn SE, Goudkamp K, Sheldon F, Hughes JM. 2003. Cryptic species and morphological plasticity in long-lived bivalves (Unionoida: Hyriidae) from inland Australia. *Molecular Ecology* 12(10): 2707-2717. <http://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2003.01941.x>.
- Baker RJ, Bradley RD. 2006. Speciation in mammals and the genetic species concept. *Journal of Mammalogy* 87(4): 643-662. <http://doi.org/10.1644/06-MAMM-F-038R2.1>.
- Barrett CF, Freudenstein JV. 2011. An integrative approach to delimiting species in a rare but widespread mycoheterotrophic orchid. *Molecular Ecology* 20(13): 2771-2786. <http://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05124.x>.
- Baum D. 1992. Phylogenetic species concepts. *Trends in Ecology & Evolution* 7(1): 1-2. [http://doi.org/10.1016/0169-5347\(92\)90187-G](http://doi.org/10.1016/0169-5347(92)90187-G).
- Baum DA, Donoghue MJ. 1995. Choosing among alternative "phylogenetic" species concepts. *Systematic Botany* 20(4): 560-573. <http://doi.org/10.2307/2419810>.
- Beurton PJ. 2002. Ernst Mayr through Time on the Biological Species Concept – a Conceptual Analysis. *Theory in Biosciences* 121(1): 81-98. <http://doi.org/10.1078/1431-7613-00050>.
- Bickford D, Lohman DJ, Sodhi NS, Ng PK, Meier R, Winker K, Ingram KK, Das I. 2007. Cryptic species as a window on diversity and conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 22(3): 148-155. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2006.11.004>.
- Blaxter ML. 2003. Counting angels with DNA. *Nature* 421(6919): 122-123. <http://doi.org/10.1038/421122a>.
- Blaxter ML. 2004. The promise of a DNA taxonomy. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 359(1444): 669-679. <http://doi.org/10.1098/rstb.2003.1447>.
- Bolnick DI, Amarasekare P, Araújo MS, Bürger R, Levine JM, Novak M, Rudolf VHW, Schreiber SJ, Urban MC, Vasseur DA. 2011. Why intraspecific trait variation matters in community ecology. *Trends*



- in Ecology & Evolution 26(4): 183-192. <http://doi.org/10.1016/j.TREE.2011.01.009>.
- Bonvicino CR, Casado F, Weksler M. 2014. A new species of *Cerradomys* (Mammalia: Rodentia: Cricetidae) from Central Brazil, with remarks on the taxonomy of the genus. *Zoologia* 31(6): 525-540. <http://doi.org/10.1590/S1984-46702014000600002>.
- Bonvicino CR, Lima JF, Almeida FC. 2003. A new species of *Calomys* Waterhouse (Rodentia, Sigmodontinae) from the Cerrado of central Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 20(2): 301-307. <http://doi.org/10.1590/S0101-81752003000200021>.
- Bonvicino CR, Oliveira JA, Gentile R. 2010. A new species of *Calomys* (Rodentia: Sigmodontinae) from eastern Brazil. *Zootaxa* 2336(1): 19-35. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.2336.1.2>.
- Bonvicino CR. 2003. A new species of *Oryzomys* (Rodentia, Sigmodontinae) of the *subflavus* group from the Cerrado of Central Brazil. *Mammalian Biology* 68(2): 78-90. <http://doi.org/10.1078/1616-5047-00066>.
- Bovendorp RS, Villar N, Abreu-Junior EF, Bello C, Regolin AL, Percequillo AR, Galetti M. 2017. Atlantic small-mammal: a dataset of communities of rodents and marsupials of the Atlantic forests of South America. *Ecology* 98(8): 2226-2226. <http://doi.org/10.1002/ecy.1893>.
- Bradley RD, Baker RJ. 2001. A test of the genetic species concept: cytochrome-b sequences and mammals. *Journal of Mammalogy* 82(4): 960-973. [http://doi.org/10.1644/1545-1542\(2001\)082<0960:ATOTGS>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1644/1545-1542(2001)082<0960:ATOTGS>2.0.CO;2).
- Braun JK, Mares MA, Coyner BS, Van Den Bussche RA. 2010. New species of *Akodon* (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) from central Argentina. *Journal of Mammalogy* 91(2): 387-400. <http://doi.org/10.1644/09-MAMM-A-048.1>.
- Braun JK, Mares MA, Ojeda RA. 2000. A new species of grass mouse, genus *Akodon* (Muridae: Sigmodontinae), from Mendoza Province, Argentina. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 65(4): 216-225.
- Braun JK, Mares MA. 2002. Systematics of the *Abrocoma cinerea* species complex (Rodentia: Abrocomidae), with a description of a new species of *Abrocoma*. *Journal of Mammalogy* 83(1): 1-19. [http://doi.org/10.1644/1545-1542\(2002\)083%3C0001:SOTACS%3E2.0.CO;2](http://doi.org/10.1644/1545-1542(2002)083%3C0001:SOTACS%3E2.0.CO;2).
- Brito JM, Tinoco N, Chávez D, Moreno-Cárdenas P, Batallas D, Ojala-Barbour R. 2017. New species of arboreal rat of the genus *Rhipidomys* (Cricetidae, Sigmodontinae) from Sangay National Park, Ecuador. *Neotropical Biodiversity* 3(1): 65-79. <http://doi.org/10.1080/23766808.2017.1292755>.
- Brito JM, Tinoco N, Curay J, Vargas R, Reyes-Puig C, Romero V, Pardiñas UF. 2019. Diversidad insospechada en los Andes de Ecuador: filogenia del grupo "cinereus" de *Thomasomys* y descripción de una nueva especie (Rodentia, Cricetidae). *Mastozooloogia Neotropical* 26(2): 308-330. <http://doi.org/10.31687/saremMN.19.26.2.0.04>.
- Burgin CJ, Colella JP, Kahn PL, Upham NS. 2018. How many species of mammals are there? *Journal of Mammalogy* 99(1): 1-14. <http://doi.org/10.1093/jmammal/gyx147>.
- Cabrera A. 1961. Catálogo de los mamíferos de América del Sur. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, Ciencias Zoológicas* 4: 309-732.
- Carleton MD, Emmons LH, Musser GG. 2009. A new species of the rodent genus *Oecomys* (Cricetidae: Sigmodontinae: Oryzomyini) from eastern Bolivia, with emended definitions of *O. concolor* (Wagner) and *O. mamorae* (Thomas). *American Museum Novitates*, 2009(3661): 1-32. <http://doi.org/10.1206/612.1>.
- Carstens BC, Dewey TA. 2010. Species delimitation using a combined coalescent and information-theoretic approach: an example from North American *Myotis* bats. *Systematic Biology* 59(4): 400-414. <http://doi.org/10.1093/sysbio/syq024>.
- Carstens BC, Pelletier TA, Reid NM, Satler JD. 2013. How to fail at species delimitation. *Molecular Ecology* 22(17): 4369-4383. <http://doi.org/10.1111/mec.12413>.
- Chan KO, Alexander AM, Grismer LL, Su YC, Grismer JL, Quah ES, Brown RM. 2017. Species delimitation with gene flow: a methodological comparison and population genomics approach to elucidate cryptic species boundaries in Malaysian torrent frogs. *Molecular Ecology*, 26(20): 5435-5450. <http://doi.org/10.1111/mec.14296>.
- Chiquito EA, D'Elia G, Percequillo AR. 2014. Taxonomic review of genus *Sooretamys* Weksler, Percequillo & Voss (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae): an integrative approach. *Zoological Journal of the Linnean Society* 171(4): 842-877. <http://doi.org/10.1111/zoj.12146>.
- Christoff AU, Fagundes V, Sbalqueiro IJ, Mattevi MS, Yonenaga-Yassuda Y. 2000. Description of a new species of *Akodon* (Rodentia: Sigmodontinae) from southern Brazil. *Journal of Mammalogy* 81(3): 838-851. [http://doi.org/10.1644/1545-1542\(2000\)081%3C0838:DOANSO%3E2.3.CO;2](http://doi.org/10.1644/1545-1542(2000)081%3C0838:DOANSO%3E2.3.CO;2).
- Christoff AU, Vieira EM, Oliveira LR, Gonçalves JW, Valiati VH, Tomasi PS. 2016. A new species of *Juliomys* (Rodentia, Cricetidae, Sigmodontinae) from the Atlantic Forest of southern Brazil. *Journal of Mammalogy* 97(5): 1469-1482. <http://doi.org/10.1093/jmammal/gyw082>.
- Contreras JR. 2000. *Ctenomys paraguayensis*, una nueva especie de roedor excavador procedente del Paraguay Oriental (Mammalia, Rodentia, Ctenomyidae). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 2(1): 61-68.
- Córdova JF, Niveló-Villavicencio C, Reyes-Puig C, Pardiñas UF, Brito J. 2019. A new species of crab-eating rat of the genus *Ichthyomys*, from Ecuador (Rodentia, Cricetidae, Sigmodontinae). *Mammalia, Ahead-of-Print*. <http://doi.org/10.1515/mammalia-2019-0022>.
- Costa BMA, Geise L, Pereira LG, Costa LP. 2011. Phylogeography of *Rhipidomys* (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) and description of two new species from southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy* 92(5): 945-962. <http://doi.org/10.1644/10-MAMM-A-249.1>.
- Costa LP, Pavan SE, Leite YL, Fagundes V. 2007. A new species of *Juliomys* (Mammalia: Rodentia: Cricetidae) from the Atlantic forest of southeastern Brazil. *Zootaxa* 1463(1): 21-37. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.1463.1.3>.
- Cracraft J. 1983. Species concepts and speciation analysis. Pp. 159-187. In: Johnston RF (Ed.), *Current Ornithology*. Plenum Press, Boston.
- D'Elia G, Fabre PH, Lessa EP. 2019. Rodent systematics in an age of discovery: recent advances and prospects. *Journal of Mammalogy* 100(3): 852-871. <http://doi.org/10.1093/jmammal/gyy179>.
- D'Elia G, Teta P, Upham NS, Pardiñas UFJ, Patterson BD. 2015. Description of a new soft-haired mouse, genus *Abrothrix* (Sigmodontinae), from the temperate Valdivian rainforest. *Journal of Mammalogy* 96(4): 839-853. <http://doi.org/10.1093/jmammal/gyv103>.
- Dalton R. 2003. Natural history collections in crisis as funding is slashed. *Nature* 423(6940): 575-575. <http://doi.org/10.1038/423575a>.
- Dayrat B. 2005. Towards integrative taxonomy. *Biological Journal of the Linnean Society* 85(3): 407-415. <http://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2005.00503.x>.
- DeSalle R, Egan MG, Siddall M. 2005. The unholy trinity: taxonomy, species delimitation and DNA barcoding. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 360(1462): 1905-1916. <http://doi.org/10.1098/rstb.2005.1722>.
- Ehrlich PR, Raven PH. 1969. Differentiation of populations. *Science* 165: 1228-1232. <http://doi.org/10.2307/1727969>.
- Eldredge N, Cracraft J. 1980. *Phylogenetic patterns and the evolutionary process*. Columbia University Press, New York.
- Emmons LH, Fabre PH. 2018. A review of the *Pattonomys/Toromys* clade (Rodentia: Echimyidae), with descriptions of a new *Toromys* species and a new genus. *American Museum Novitates* 2018(3894): 1-52. <http://doi.org/10.1206/3894.1>.
- Emmons LH, Leite YL, Kock D, Costa LP. 2002. A review of the named forms of *Phyllomys* (Rodentia: Echimyidae) with the description of a new species from coastal Brazil. *American Museum Novitates* 2002(3380): 1-40. [http://doi.org/10.1206/0003-0082\(2002\)380%3C0001:AROTNF%3E2.0.CO;2](http://doi.org/10.1206/0003-0082(2002)380%3C0001:AROTNF%3E2.0.CO;2).
- Emmons LH, Patton JL. 2005. A new species of *Oryzomys* (Rodentia: Muridae) from eastern Bolivia. *American Museum Novitates* 2005(3478): 1-28. [http://doi.org/10.1206/0003-0082\(2005\)478\[0001:ANSOOR\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1206/0003-0082(2005)478[0001:ANSOOR]2.0.CO;2).
- Eshesfsky M. 1991. Species, higher taxa, and the units of evolution. *Philosophy of Science* 58(1): 84-101. <http://doi.org/10.1086/289600>.
- Feder JL, Egan SP, Nosil P. 2012. The genomics of speciation-with-gene-flow. *Trends in genetics* 28(7): 342-350. <http://doi.org/10.1016/j.tig.2012.03.009>.
- Feijó A, Langguth A. 2013. Mamíferos de médio e grande porte do Nordeste do Brasil: distribuição e taxonomia, com descrição de novas espécies. *Revista Nordestina de Biologia* 22(1/2): 3-225.
- Ferro LI, Martínez JJ, Barquez RM. 2010. A new species of *Phyllotis* (Rodentia, Cricetidae, Sigmodontinae) from Tucumán province,



- Argentina. *Mammalian Biology* 75(6): 523-537. <http://doi.org/10.1016/j.mambio.2009.09.005>.
- Figueiredo MSL, Barros CS, Delciellos AC, Guerra EB, Cordeiro-Estrela P, Kajin M, Alvarez MR, Asfora PH, Astúa D, Bergallo HG, Cerqueira R, Geise L, Gentile R, Grelle CEV, lack-Ximenes GE, Oliveira LC, Weksler M, Vieira MV. 2017. Abundance of small mammals in the Atlantic Forest (ASMAF): a data set for analyzing tropical community patterns. *Ecology* 98(11): 2981-2981. <http://doi.org/10.1002/ecy.2005>.
- Frankham R, Ballou JD, Dudash MR, Eldridge MDB, Fenster CB, Lacy RC, Mendelson JR, Porton IJ, Ralls K, Ryder OA. 2012. Implications of different species concepts for conserving biodiversity. *Biological Conservation* 153: 25-31. <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.04.034>.
- Freitas TRO, Fernandes FA, Fornel R, Roratto PA. 2012. An endemic new species of tuco-tuco, genus *Ctenomys* (Rodentia: Ctenomyidae), with a restricted geographic distribution in southern Brazil. *Journal of Mammalogy* 93(5): 1355-1367. <http://doi.org/10.1644/12-MAMM-A-007.1>.
- Freitas TRO. 2001. Tuco-tucos (Rodentia, Octodontidae) in southern Brazil: *Ctenomys lami* spec. nov. separated from *C. minutus* Nehring 1887. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 36(1): 1-8. <http://doi.org/10.1076/snfe.36.1.1.8882>.
- Fujita MK, Leaché AD, Burbrink FT, McGuire JA, Moritz C. 2012. Coalescent-based species delimitation in an integrative taxonomy. *Trends in Ecology & Evolution* 27(9): 480-488. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2012.04.012>.
- Gardner SL, Salazar-Bravo J, Cook JA. 2014. New species of *Ctenomys* Blainville 1826 (Rodentia: Ctenomyidae) from the lowlands and central valleys of Bolivia. *Special Publications, Museum of Texas Tech University* 62: 1-34.
- Gavrilets S. 2003. Perspective: models of speciation: what have we learned in 40 years? *Evolution* 57(10): 2197-2215. <http://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2003.tb00233.x>.
- Gippoliti S, Cotterill FPD, Zinner D, Groves CP. 2018. Impacts of taxonomic inertia on the conservation of African ungulate diversity: an overview. *Biological Reviews* 93(1): 115-130. <http://doi.org/10.1111/brv.12335>.
- Godfray HCJ. 2002. Challenges for taxonomy. *Nature* 417(6884): 17-19. <http://doi.org/10.1038/417017a>.
- Gonçalves PR, Almeida FC, Bonvicino CR. 2005. A new species of *Wiedomys* (Rodentia: Sigmodontinae) from Brazilian Cerrado. *Mammalian Biology* 70(1): 46-60. <http://doi.org/10.1078/1616-5047-00175>.
- Gonçalves PR, Oliveira JA. 2014. An integrative appraisal of the diversification in the Atlantic forest genus *Delomys* (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) with the description of a new species. *Zootaxa* 3760(1): 1-38. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.3760.1.1>.
- González F. 2018. El problema de la especie a 150 años de El origen. Pp. 122-162, In: Abrantes PC (Ed.), *Filosofía de la Biología*. Editora do PPGFIL-UFRRJ, Seropédica.
- Granjon L, Montgelard C. 2012. The input of DNA sequences to animal systematics: rodents as study cases. Pp. 539-551, In: Munshi A (Ed.), *DNA sequencing – methods and applications* InTech, Rijeka.
- Groves C, Grubb P. 2011. *Ungulate Taxonomy*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Gurgel-Filho NM, Feijó A, Langguth A. 2015. Pequenos mamíferos do Ceará (marsupiais, morcegos e roedores sigmodontíneos) com discussão taxonômica de algumas espécies. *Revista Nordestina de Biologia* 23(2): 3-150.
- Gutiérrez EE, Garbino GS. 2018. Species delimitation based on diagnosis and monophyly, and its importance for advancing mammalian taxonomy. *Zoological Research* 39(5): 301-308. <http://doi.org/10.24272/j.issn.2095-8137.2018.037>.
- Hafner JC, Hafner DJ, Patton JL, Smith MF. 1983. Contact zones and the genetics of differentiation in the pocket gopher *Thomomys bottae* (Rodentia: Geomyidae). *Systematic Biology* 32(1): 1-20. <http://doi.org/10.1093/sysbio/32.1.1>.
- Hajibabaei M, Singer GA, Hebert PD, Hickey DA. 2007. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. *Trends in Genetics* 23(4): 167-172. <http://doi.org/10.1016/j.tig.2007.02.001>.
- Hanson JD, D'Elia G, Ayers SB, Cox SB, Burneo SF, Lee TE. 2015. A new species of fish-eating rat, genus *Neusticomys* (Sigmodontinae), from Ecuador. *Zoological Studies* 54(1): 49. <http://doi.org/10.1186/s40555-015-0126-7>.
- Hebert PDN, Cywinska A, Ball SL, DeWaard JR. 2003a. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Science* 270(1512): 313-21. <http://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218>.
- Hebert PDN, Gregory TR. 2005. The promise of DNA barcoding for taxonomy. *Systematic Biology* 54(5): 852-859. <http://doi.org/10.1080/10635150500354886>.
- Hebert PDN, Ratnasingham S, De Waard JR. 2003b. Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Science* 270: 596-99. <http://doi.org/10.1098/rsbl.2003.0025>.
- Heller R, Frandsen P, Lorenzen ED, Siegmund HR. 2014. Is diagnosability an indicator of speciation? Response to "Why one century of phenetics is enough". *Systematic Biology* 63(5): 833-837. <http://doi.org/10.1093/sysbio/syu034>.
- Hennig W. 1966. *Phylogenetic systematics*. University of Illinois Press, Urbana.
- Hill GE. 2017. The mitonuclear compatibility species concept. *The Auk* 134(2): 393-409. <http://doi.org/10.1642/AUK-16-201.1>.
- Hillis DM. 1987. Molecular versus morphological approaches to systematics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 23-42. <http://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.000323>.
- Hoffmann FG, Lessa EP, Smith MF. 2002. Systematics of *Oxymycterus* with description of a new species from Uruguay. *Journal of Mammalogy* 83(2): 408-420. [http://doi.org/10.1644/1545-1542\(2002\)083%3C0408:SOOWDO%3E2.0.CO;2](http://doi.org/10.1644/1545-1542(2002)083%3C0408:SOOWDO%3E2.0.CO;2).
- Hull DL. 1997. The ideal species concept – and why we can't get it. Pp. 357-380, In: Claridge MF, Dawah HA, Wilson MR (Eds.), *Species: the units of diversity*. Chapman & Hall, London.
- Hurtado N, D'Elia G. 2019. An assessment of species limits of the South American mouse genus *Oligoryzomys* (Rodentia, Cricetidae) using unilocus delimitation methods. *Zoologica Scripta* 48(5): 557-570. <http://doi.org/10.1111/zsc.12365>.
- Hurtado N, Pacheco V. 2017. Revision of *Neacomys spinosus* (Thomas, 1882) (Rodentia: Cricetidae) with emphasis on Peruvian populations and the description of a new species. *Zootaxa* 4242(3): 401-440. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4242.3.1>.
- lack-Ximenes GE, Vivo MD, Percequillo AR. 2005. A new species of *Echimys* Cuvier, 1809 (Rodentia, Echimyidae) from Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 45(5): 51-60. <http://doi.org/10.1590/S0031-10492005000500001>.
- Jayat JP, D'Elia G, Ortiz PE, Teta P. 2016. A new species of the rodent genus *Necomys* Ameghino (Cricetidae: Sigmodontinae: Akodontini) from the Chaco Serrano grasslands of northwestern Argentina. *Journal of Mammalogy* 97(5): 1321-1335. <http://doi.org/10.1093/jmammal/gyw103>.
- Jayat JP, D'Elia G, Pardiñas UFJ, Miotti MD, Ortiz PE. 2008. A new species of the genus *Oxymycterus* (Mammalia: Rodentia: Cricetidae) from the vanishing Yungas of Argentina. *Zootaxa* 1911(1): 31-51. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.1911.1.2>.
- Jayat JP, D'Elia G, Pardiñas UFJ, Namen JG. 2007. A new species of *Phyllotis* (Rodentia, Cricetidae, Sigmodontinae) from the upper montane forest of the Yungas of northwestern Argentina. Pp. 775-798, In: Kelt DA, Lessa EP, Salazar-Bravo J, Patton JL (Eds.), *The Quintessential Naturalist: Honoring the Life and Legacy of Oliver P. Pearson*. California: University of California Publications in Zoology, Berkeley.
- Jayat JP, Ortiz PE, Salazar-Bravo J, Pardiñas UFJ, D'Elia G. 2010. The *Akodon boliviensis* species group (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) in Argentina: species limits and distribution, with the description of a new entity. *Zootaxa* 2409(1): 1-61. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.2409.1.1>.
- Jiménez CF, Pacheco V, Vivas D. 2013. An introduction to the systematics of *Akodon orophilus* Osgood, 1913 (Rodentia: Cricetidae) with the description of a new species. *Zootaxa* 3669(3): 223-242. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.3669.3.2>.
- Jiménez CF, Pacheco V. 2016. A new species of grass mouse, genus *Akodon* Meyen, 1833 (Rodentia, Sigmodontinae), from the central Peruvian Yungas. *Therya* 7(3): 449-464.
- Johns GC, Avise JC. 1998. A comparative summary of genetic distances in the vertebrates from the mitochondrial cytochrome b gene.



- Molecular Biology and Evolution 15(11): 1481-1490. <http://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a025875>.
- Jörger KM, Schrödl M. 2013. How to describe a cryptic species? Practical challenges of molecular taxonomy. *Frontiers in Zoology* 10(1): 59. <http://doi.org/10.1186/1742-9994-10-59>.
- Kimura M. 1983. *The neutral theory of molecular evolution*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kingman JFC. 1982. The coalescent. *Stochastic Processes and their Applications* 13(3): 235-248. [http://doi.org/10.1016/0304-4149\(82\)90011-4](http://doi.org/10.1016/0304-4149(82)90011-4).
- Kingman JFC. 2000. Origins of the Coalescent: 1974-1982. *Genetics* 156(4): 1461-1463.
- Langguth A, Bonvicino CR. 2002. The *Oryzomys subflavus* species group, with description of two new species (Rodentia, Muridae, Sigmodontinae). *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro* 60(4): 285-294.
- Lanzone C, Ojeda RA, Gallardo MH. 2007. Integrative taxonomy, systematics and distribution of the genus *Eligmodontia* (Rodentia, Cricetidae, Sigmodontinae) in the temperate Monte Desert of Argentina. *Mammalian Biology* 72(5): 299-312. <http://doi.org/10.1016/j.mambio.2006.09.001>.
- Lara M, Patton JL, Hingst-Zaher E. 2002. *Trinomys mirapitanga*, a new species of spiny rat (Rodentia: Echimyidae) from the Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian Biology* 67(4): 233-242. <http://doi.org/10.1078/1616-5047-00034>.
- Lara M, Patton JL. 2000. Evolutionary diversification of spiny rats (genus *Trinomys*, Rodentia: Echimyidae) in the Atlantic Forest of Brazil. *Zoological Journal of the Linnean Society* 130(4): 661-686. <http://doi.org/10.1006/zjls.2000.0240>.
- Ledesma K, Werner F, Spotorno AE, Albuja LH. 2009. A new species of mountain viscacha (Chinchillidae: *Lagidium* Meyen) from the Ecuadorian Andes. *Zootaxa* 2126: 41-57. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.2126.1.2>.
- Lee MSY. 2003. Species concepts and species reality: salvaging a Linnaean rank. *Journal of Evolutionary Biology* 16(2): 179-188. <http://doi.org/10.1046/j.1420-9101.2003.00520.x>.
- Leite YL, Christoff AU, Fagundes V. 2008. A new species of Atlantic Forest tree rat, genus *Phyllomys* (Rodentia, Echimyidae) from southern Brazil. *Journal of Mammalogy* 89(4): 845-851. <http://doi.org/10.1644/07-MAMM-A-343.1>.
- Leite YL. 2003. Evolution and systematics of the Atlantic tree rats, genus *Phyllomys* (Rodentia, Echimyidae), with description of two new species. University of California Publications in Zoology 132: 1-118.
- Lessa EP, Cook JA, D'Elia G, Opazo JC. 2014. Rodent diversity in South America: transitioning into the genomics era. *Frontiers in Ecology and Evolution* 2: 39. <http://doi.org/10.3389/fevo.2014.00039>.
- Lima F, Beca G, Muylaert RL, Jenkins CN, Perilli MLL, Paschoal AMO, Massara RL, Paglia AP, Chiarello AG, Graipel ME, Cherem JJ, Regolin AL, Oliveira Santos LGR, Brocardo CR, Paviolo A, Di Bitetti MS, Scoss LM, Rocha FL, Fusco-Costa R, Rosa CA, Silva MX, Hufnagel L, Santos PM, Duarte GT, Guimarães LN, Bailey LL, Rodrigues FHG, Cunha HM, Fantacini FM, Batista GO, Bogoni JA, Tortato MA, Luiz MR, Peroni N, Castilho PV., Maccarini TB, Picinatto-Filho VP, Angelo C, Cruz P, Quiroga V, Iezzi ME, Varela D, Cavalcanti SMC, Martensen AC, Maggiorini EV, Keesen FF, Nunes AV, Lessa GM, Cordeiro-Estrela P, Beltrão MG, Albuquerque ACF, Ingberman B, Cassano CR, Cullen-Junior LC, Ribeiro MC, Echeletti M. 2017. ATLANTIC-CAMTRAPS: a dataset of medium and large terrestrial mammal communities in the Atlantic Forest of South America. *Ecology* 98(11): 2979-2979. <http://doi.org/10.1002/ecy.1998>.
- Luna L, Pacheco V. 2002. A new species of *Thomasomys* (Muridae: Sigmodontinae) from the Andes of southeastern Peru. *Journal of Mammalogy* 83(3): 834-842. [http://doi.org/10.1644/1545-1542\(2002\)083%3C0834:ANSOTM%3E2.0.CO;2](http://doi.org/10.1644/1545-1542(2002)083%3C0834:ANSOTM%3E2.0.CO;2).
- Luna L, Patterson BD. 2003. A remarkable new mouse (Muridae: Sigmodontinae) from southeastern Peru: with comments on the affinities of *Rhagomys rufescens* (Thomas, 1886) (No. 101). *Fieldiana, Zoology* 101: 1-24.
- Machado LF, Loss AC, Paz A, Vieira EM, Rodrigues FP, Marinho-Filho J. 2018. Phylogeny and biogeography of *Phyllomys* (Rodentia: Echimyidae) reveal a new species from the Cerrado and suggest Miocene connections of the Amazon and Atlantic Forest. *Journal of Mammalogy* 99(2): 377-396. <http://doi.org/10.1093/jmammal/gyy015>.
- Maddison WP. 1997. Gene trees in species trees. *Systematic Biology* 46(3): 523-536. <http://doi.org/10.1093/sysbio/46.3.523>.
- Mallet J, Willmott K. 2003. Taxonomy: renaissance or Tower of Babel? *Trends in Ecology & Evolution* 18(2): 57-59. [http://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)00061-7](http://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)00061-7).
- Mallet J. 2008. Hybridization, ecological races and the nature of species: empirical evidence for the ease of speciation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363(1506): 2971-2986. <http://doi.org/10.1098/rstb.2008.0081>.
- Manel S, Schwartz MK, Luikart G, Taberlet P. 2003. Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics. *Trends in Ecology & Evolution* 18(4): 189-197. [http://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00008-9](http://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00008-9).
- Mares MA, Braun JK, Barquez RM, Díaz MM. 2000. Two new genera and species of halophytic desert mammals from isolated salt flats in Argentina. *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University* 203: 1-27.
- Mares MA, Braun JK, Coyner BS, Van Den Bussche RA. 2008. Phylogenetic and biogeographic relationships of gerbil mice *Eligmodontia* (Rodentia, Cricetidae) in South America, with a description of a new species. *Zootaxa* 1753(1): 1-33. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.1753.1.1>.
- Mares MA, Braun JK. 2000. Three new species of *Brucepattersonius* (Rodentia: Sigmodontinae) from Misiones Province, Argentina. *Occasional Papers (Sam Noble Museum of Natural History, University of Oklahoma)* 9: 1-13.
- Massatti R, Knowles LL. 2016. Contrasting support for alternative models of genomic variation based on microhabitat preference: species-specific effects of climate change in alpine sedges. *Molecular Ecology* 25(16): 3974-3986. <http://doi.org/10.1111/mec.13735>.
- Mayden RL. 1997. A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem. Pp. 381-431, In: Claridge MF, Dawah HA, Wilson MR (Eds.), *Species: the units of diversity*. Chapman & Hall, London.
- Mayr E. 1940. *Speciation Phenomena in Birds*. The American Naturalist 74(752): 249-278. <http://doi.org/10.1086/280892>.
- Mayr E. 1942. *Systematics and origin of species*. Columbia University Press, New York.
- Mayr E. 1969. *Principles of systematic zoology*. McGraw Hill, New York.
- Mayr E. 1982. *The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance*. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge.
- Mayr E. 1992. A local flora and the biological species concept. *American Journal of Botany* 79(2): 222-238. <http://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1992.tb13641.x>.
- Meier R, Willmann R. 2000. The Hennigian Species Concept. Pp. 30-43, In: Wheeler QD, Meier R, (Eds.), *Species concepts and phylogenetic theory: a debate*. Columbia University Press, New York.
- Miller W, Drautz DJ, Janecka JE, Lesk AM, Ratan A, Tomsho L, Packard M, Zhang Y, McClellan LR, Qi J, Zhao F, Thomas M, Gilbert P, Dalén L, Arsuaga JL, Ericson PGP, Huson DH, Helgen KM, Murphy WJ, Götherström A, Schuster SC. 2009. The mitochondrial genome sequence of the Tasmanian tiger (*Thylacinus cynocephalus*). *Genome Research* 19(2): 213-220. <http://doi.org/10.1101/gr.082628.108>.
- Mishler BD, Brandon RN. 1987. Individuality, pluralism, and the phylogenetic species concept. *Biology and Philosophy* 2(4): 397-414. <http://doi.org/10.1007/BF00127698>.
- Mishler BD, Donoghue MJ. 1982. Species concepts: a case for pluralism. *Systematic Zoology* 31(4): 491-503. <http://doi.org/10.2307/2413371>.
- Mishler BD, Theriot EC. 2000a. A critique from the Mishler and Theriot phylogenetic species concept perspective: monophyly, apomorphy, and phylogenetic species concepts. Pp. 119-132, In: Wheeler QD, Meier R (Eds.), *Species concepts and phylogenetic theory: a debate*. Columbia University Press, New York.
- Mishler BD, Theriot EC. 2000b. The phylogenetic species concept (sensu Mishler and Theriot): monophyly, apomorphy, and phylogenetic species concepts. Pp. 44-54, In: Wheeler QD, Meier R (Eds.), *Species concepts and phylogenetic theory: a debate*. Columbia University Press, New York.
- Morard R, Escarguel G, Weiner AK, Andre A, Douady CJ, Wade CM, Darling KF, Ujiie Y, Sears HA, Quillévéré F, Garidel-Thoron T, Vargas C, Kucera M. 2016. Nomenclature for the nameless: a



- proposal for an integrative molecular taxonomy of cryptic diversity exemplified by planktonic foraminifera. *Systematic Biology* 65(5): 925-940. <http://doi.org/10.1093/sysbio/syw031>.
- Moritz C. 1994. Defining 'evolutionarily significant units' for conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 9(10): 373-375. [http://doi.org/10.1016/0169-5347\(94\)90057-4](http://doi.org/10.1016/0169-5347(94)90057-4).
- Musser GG. 1968. A systematic study of the Mexican and Guatemalan gray squirrel, *Sciurus aureogaster* F. Cuvier (Rodentia: Sciuridae). *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan* 137: 1-112.
- Nelson GJ, Platnick NI. 1981. *Systematics and biogeography: cladistics and vicariance*. Columbia University Press, New York.
- Noguerales V, Cordero PJ, Ortego J. 2018. Integrating genomic and phenotypic data to evaluate alternative phylogenetic and species delimitation hypotheses in a recent evolutionary radiation of grasshoppers. *Molecular Ecology* 27(5): 1229-1244. <http://doi.org/10.1111/mec.14504>.
- Nosil P. 2008. Speciation with gene flow could be common. *Molecular Ecology* 17(9): 2103-2106. <http://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2008.03715.x>.
- O'Hara RJ. 1993. Systematic generalization, historical fate, and species problem. *Systematic Biology* 42(3): 231-246. <http://doi.org/10.1093/sysbio/42.3.231>.
- Oliveira JA, Bonvicino CR. 2002. A new species of sigmodontine rodent from the Atlantic forest of eastern Brazil. *Acta Theriologica* 47(3): 307-322. <http://doi.org/10.1007/BF03194149>.
- Oren A. 2004. Prokaryote diversity and taxonomy: current status and future challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 359(1444): 623-38. <http://doi.org/10.1098/rstb.2003.1458>.
- Otha T. 1992. The nearly neutral theory of molecular evolution. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23: 263-286. <http://doi.org/10.1146/annurev.es.23.110192.001403>.
- Pacheco V, Rengifo EM, Vivas D. 2014. Una nueva especie de ratón orejón del género *Phyllotis* Waterhouse, 1837 (Rodentia: Cricetidae) del norte del Perú. *Therya* 5(2): 481-508.
- Padial JM, Miralles A, De la Riva I, Vences M. 2010. The integrative future of taxonomy. *Frontiers in Zoology* 7(1): 16. <http://doi.org/10.1186/1742-9994-7-16>.
- Palma RE, Rodríguez-Serrano E. 2018. Systematics of *Oligoryzomys* (Rodentia, Cricetidae, Sigmodontinae) from southern Chilean Patagonia, with the description of a new species. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 56(2): 280-299. <http://doi.org/10.1111/jzs.12199>.
- Pante E, Puillandre N, Viricel A, Arnaud-Haond S, Aurelle D, Castelin M, Chenuil A, Destombe C, Forcioli D, Valero M, Viard F, Samadi S. 2015a. Species are hypotheses: avoid connectivity assessments based on pillars of sand. *Molecular Ecology* 24(3): 525-544. <http://doi.org/10.1111/mec.13048>.
- Pante E, Schoelinc C, Puillandre N. 2015b. From integrative taxonomy to species description: one step beyond. *Systematic Biology* 64(1): 152-160. <http://doi.org/10.1093/sysbio/syu083>.
- Pardiñas UFJ, D'Elia G, Cirignoli S, Suarez P. 2005. A new species of *Akodon* (Rodentia, Cricetidae) from the Northern Campos grasslands of Argentina. *Journal of Mammalogy* 86(3): 462-474. [http://doi.org/10.1644/1545-1542\(2005\)86\[462:ANSOAR\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1644/1545-1542(2005)86[462:ANSOAR]2.0.CO;2).
- Pardiñas UFJ, Lessa G, Teta P, Salazar-Bravo J, Câmara EM. 2014. A new genus of sigmodontine rodent from eastern Brazil and the origin of the tribe Phyllotini. *Journal of Mammalogy* 95(2): 201-215. <http://doi.org/10.1644/13-MAMM-A-208>.
- Pardiñas UFJ, Teta P, D'Elia G. 2009. Taxonomy and distribution of *Abrawayaomys* (Rodentia: Cricetidae), an Atlantic Forest endemic with the description of a new species. *Zootaxa* 2128(1): 39-60. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.2128.1.2>.
- Pardiñas UFJ, Teta P, Salazar-Bravo J, Myers P, Galliari CA. 2016. A new species of arboreal rat, genus *Oecomys* (Rodentia, Cricetidae) from Chaco. *Journal of Mammalogy* 97(4): 1177-1196. <http://doi.org/10.1093/jmammal/gyw070>.
- Pardiñas UFJ, Teta P, Vogliano D, Fernández FJ. 2013. Enlarging rodent diversity in west-central Argentina: a new species of the genus *Holochilus* (Cricetidae, Sigmodontinae). *Journal of Mammalogy* 94(1): 231-240. <http://doi.org/10.1644/12-MAMM-A-216>.
- Patton JL, Gardner AL. 1972. Notes on the systematics of *Proechimys* (Rodentia, Echimyidae), with emphasis on Peruvian forms. *Occasional Papers* 13: 1-30.
- Patton JL, Pardiñas UFJ, D'Elia G. 2015. *Mammals of South America, Volume 2, Rodents*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Patton JL, Silva MN, Malcolm JR. 2000. Mammals of the Rio Jurua and the evolutionary and ecological diversification of Amazonia. *Bulletin American Museum of Natural History* 244: 1-306. [http://doi.org/10.1206/0003-0090\(2000\)244<0001:MOTRJA>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1206/0003-0090(2000)244<0001:MOTRJA>2.0.CO;2).
- Patton JL, Smith MF. 1992. mtDNA Phylogeny of Andean mice: a test of diversification across ecological gradients. *Evolution* 46(1): 174-183. <http://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1992.tb01992.x>.
- Peçanha WT, Quintela FM, Jorge Ribas LE, Althoff SL, Maestri R, Gonçalves GL, Freitas, TRO. 2019. A new species of *Oxymycterus* (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae) from a transitional area of Cerrado-Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Journal of Mammalogy* 100(2): 578-598. <http://doi.org/10.1093/jmammal/gyz060>.
- Percequillo AR, Carmignotto AP, Silva MDJ. 2005. A new species of *Neusticomys* (Ichthyomyini, Sigmodontinae) from central Brazilian Amazonia. *Journal of Mammalogy* 86(5): 873-880. [http://doi.org/10.1644/1545-1542\(2005\)86\[873:ANSONI\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1644/1545-1542(2005)86[873:ANSONI]2.0.CO;2).
- Percequillo AR, Hingst-Zaher E, Bonvicino CR. 2008. Systematic review of genus *Cerradomys* Weksler, Percequillo and Voss, 2006 (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae: Oryzomyini), with description of two new species from eastern Brazil. *American Museum Novitates* 2008(3622): 1-46. <http://doi.org/10.1206/495.1>.
- Percequillo AR, Weksler M, Costa LP. 2011. A new genus and species of rodent from the Brazilian Atlantic Forest (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae: Oryzomyini), with comments on oryzomyine biogeography. *Zoological Journal of the Linnean Society* 161(2): 357-390. <http://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2010.00643.x>.
- Pons J, Barraclough TG, Gomez-Zurita J, Cardoso A, Duran DP, Hazell S, Kamoun S, Sumlin WD, Vogler AP. 2006. Sequence-based species delimitation for the DNA taxonomy of undescribed insects. *Systematic Biology* 55(4): 595-609. <http://doi.org/10.1080/10635150600852011>.
- Pontes ARM, Gadelha JR, Melo ERA, de Sa FB, Loss AC, Caldara-Junior VC, Costa LP, Leite YL. 2013. A new species of porcupine, genus *Coendou* (Rodentia: Erethizontidae) from the Atlantic forest of northeastern Brazil. *Zootaxa* 3636(3): 421-438. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.3636.3.2>.
- Prado JR, Percequillo AR. 2018. Systematic studies of the genus *Aegialomys* Weksler *et al.*, 2006 (Rodentia: Cricetidae: Sigmodontinae): geographic variation, species delimitation, and biogeography. *Journal of Mammalian Evolution* 25(1): 71-118. <http://doi.org/10.1007/s10914-016-9360-y>.
- Pyron RA, Hsieh FW, Lemmon AR, Lemmon EM, Hendry CR. 2016. Integrating phylogenomic and morphological data to assess candidate species-delimitation models in brown and red-bellied snakes (*Storeria*). *Zoological Journal of the Linnean Society* 177(4): 937-949. <http://doi.org/10.1111/zoj.12392>.
- Queiroz K. 1998. The general lineage concept of species, species criteria, and the process of speciation: a conceptual unification and terminological recommendations. Pp. 57-75, In: Howard DJ, Berlocher SH (Eds.), *Endless forms: species and speciation*. Oxford University Press, New York and Oxford.
- Queiroz K. 2005a. A unified concept of species and its consequences for the future of taxonomy. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 4(1): 196-215.
- Queiroz K. 2005b. Ernst Mayr and the modern concept of species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102 Suppl: 6600-6607. <http://doi.org/10.1073/pnas.0502030102>.
- Queiroz K. 2007. Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology* 56(6): 879-886. <http://doi.org/10.1080/10635150701701083>.
- Quintela FM, Bertuol F, Gonzalez EM, Cordeiro-Estrela P, Freitas TRO, Gonçalves GL. 2017. A new species of *Deltamys* Thomas, 1917 (Rodentia: Cricetidae) endemic to the southern Brazilian Araucaria Forest and notes on the expanded phylogeographic scenario of *D. kempfi*. *Zootaxa* 4294(1): 71-92. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4294.1.3>.
- Quintela FM, Gonçalves GL, Althoff SL, Sbalqueiro IJ, Oliveira LFB, Freitas TRO. 2014. A new species of swamp rat of the genus *Scapteromys* Waterhouse, 1837 (Rodentia: Sigmodontinae) endemic to Araucaria angustifolia Forest in Southern Brazil. *Zootaxa* 3811(2): 207-225. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.3811.2.3>.



- Rapini A. 2004. Classes or individuals? The paradox of systematics revisited. *Studies in history and philosophy of Science part C: Studies in history and philosophy of biological and biomedical sciences* 35: 675-695. <http://doi.org/10.1016/j.shpsc.2004.09.006>.
- Reid NM, Carstens BC. 2012. Phylogenetic estimation error can decrease the accuracy of species delimitation: a Bayesian implementation of the general mixed Yule-coalescent model. *BMC Evolutionary Biology* 12(1): 196. <http://doi.org/10.1186/1471-2148-12-196>.
- Rengifo EM, Pacheco V. 2015. Taxonomic revision of the Andean leaf-eared mouse, *Phyllotis andium* Thomas 1912 (Rodentia: Cricetidae), with the description of a new species. *Zootaxa* 4018(3): 349-380. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4018.3.2>.
- Ridley M. 2004. Species concepts and intraspecific variation. Pp. 345-380. In: Ridley M (Ed.), *Evolution*. Blackwell Science Ltd, Malden.
- Rocha RG, Ferreira E, Costa B, Martins I, Leite YL, Costa LP, Fonseca C. 2011. Small mammals of the mid-Araguaia River in central Brazil, with the description of a new species of climbing rat. *Zootaxa* 2789(1): 1-34. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.2789.1.1>.
- Ronaghi M, Uhlén M, Nyrén P. 1998. A sequencing method based on real-time pyrophosphate. *Science* 281(5375): 363-365. <http://doi.org/10.1126/science.281.5375.363>.
- Roosmalen MG. 2015. Hotspot of new megafauna found in the central Amazon (Brazil): the lower Rio Aripuanã basin. *Biodiversity Journal* 6(1): 219-244.
- Ross KG, Gotzek D, Ascunce MS, Shoemaker DD. 2010. Species delimitation: a case study in a problematic ant taxon. *Systematic Biology* 59(2): 162-184. <http://doi.org/10.1093/sysbio/syp089>.
- Salazar-Bravo J, Yates TL. 2007. A new species of *Thomasomys* (Cricetidae: Sigmodontinae) from central Bolivia. Pp. 747-774. In: Kelt DA, Lessa EP, Salazar-Bravo J, Patton JL (Eds.), *The Quintessential Naturalist: Honoring the Life and Legacy of Oliver P. Pearson*. California: University of California Publications in Zoology, Berkeley.
- Sánchez-Vendizú P, Pacheco V, Vivas-Ruiz D. 2018. An introduction to the systematics of small-bodied *Neacomys* (Rodentia: Cricetidae) from Peru with descriptions of two new species. *American Museum Novitates* 2018(3913): 1-38. <http://doi.org/10.1206/3913.1>.
- Schlick-Steiner BC, Steiner FM, Seifert B, Stauffer C, Christian E, Crozier RH. 2010. Integrative taxonomy: a multisource approach to exploring biodiversity. *Annual Review of Entomology* 55(1): 421-438. <http://doi.org/10.1146/annurev-ento-112408-085432>.
- Shanker K, Vijayakumar SP, Ganeshiah KN. 2017. Unpacking the species conundrum: philosophy, practice and a way forward. *Journal of Genetics* 96(3): 413-430. <http://doi.org/10.1007/s12041-017-0800-0>.
- Shaw AJ, Allen B. 2000. Phylogenetic relationships, morphological incongruence, and geographic speciation in the Fontinalaceae (Bryophyta). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 16(2): 225-237. <http://doi.org/10.1006/MPEV.2000.0786>.
- Simpson GG. 1951. The species concept. *Evolution* 5(4): 285-298. <http://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1951.tb02788.x>.
- Simpson GG. 1961. *Principles of animal taxonomy*. Columbia University Press, New York.
- Sites JW, Marshall JC. 2004. Operational criteria for delimiting species. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35(1): 199-227. <http://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.112202.130128>.
- Solís-Lemus C, Knowles LL, Ané C. 2015. Bayesian species delimitation combining multiple genes and traits in a unified framework. *Evolution* 69(2): 492-507. <http://doi.org/10.1111/evo.12582>.
- Solmsdorff K, Kock D, Hohoff C, Sachser N. 2004. Comments on the genus *Galea* Meyen 1833 with description of *Galea monasteriensis* n. sp. from Bolivia (Mammalia, Rodentia, Caviidae). *Senckenbergiana Biologica* 84(1/2): 137-156.
- Spotorno AE, Zuleta C, Walker I, Manriquez G, Valladares P, Marin JC. 2013. A small, new gerbil-mouse *Eligmodontia* (Rodentia: Cricetidae) from dunes at the coasts and deserts of north-central Chile: molecular, chromosomal, and morphological analyses. *Zootaxa* 3683(4): 377-394. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.3683.4.3>.
- Sukumaran J, Knowles LL. 2017. Multispecies coalescent delimits structure, not species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114(7): 1607-1612. <http://doi.org/10.1073/pnas.1607921114>.
- Tang CQ, Humphreys AM, Fontaneto D, Barraclough TG. 2014. Effects of phylogenetic reconstruction method on the robustness of species delimitation using single-locus data. *Methods in Ecology and Evolution* 5(10): 1086-1094. <http://doi.org/10.1111/2041-210X.12246>.
- Tautz D, Arcander P, Minelli A, Thomas RH, Vogler AP. 2003. A plea for DNA taxonomy. *Trends in Ecology & Evolution* 18(2): 70-74. [http://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)00041-1](http://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)00041-1).
- Tavares WC, Pessôa LM, Gonçalves PR. 2011. New species of *Cerradomys* from coastal sandy plains of southeastern Brazil (Cricetidae: Sigmodontinae). *Journal of Mammalogy* 92(3): 645-658. <http://doi.org/10.1644/10-MAMM-096.1>.
- Teta P, D'Elía G, Jayat JP, Gonçalves PR, Libardi GS, Oliveira JA, Moratelli R, Percequillo AR, Prado JR, Ortiz PE, Hurtado N, Schiaffini MI, Abreu-Júnior EF, Chiquito EA, Giménez AL, Torres JC. On the distinction and availability of the new taxa proposed by Agnolin *et al.*, 2020. *Mastozoología Neotropical* 27(1): 155-171. <http://doi.org/10.31687/saremMN.20.27.1.0.20>.
- Teta P, D'Elía G. 2016. Taxonomical notes on the long-clawed mole mice of the genus *Geoxus* (Cricetidae), with the description of a new species from an oceanic island of southern Chile. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 27(2). <http://doi.org/10.4404/hystrix-27.2-11996>.
- Teta P, Ojeda RA, Lucero S, D'Elía G. 2017. Geographic variation in cranial morphology of the Southern Mountain Cavy, *Microcavia australis* (Rodentia, Caviidae): taxonomic implications, with the description of a new species. *Zoological Studies* 56: 29. <http://doi.org/10.6620/ZS.2017.56-29>.
- Teta P, Pardiñas UFJ, Sauthier DEU, Gallardo MH. 2014. A new species of the tetraploid vizcacha rat *Tympanoctomys* (Caviomorpha, Octodontidae) from central Patagonia, Argentina. *Journal of Mammalogy* 95(1): 60-71. <http://doi.org/10.1644/13-MAMM-A-160>.
- Timm RM, Pine RH, Hanson JD. 2018. A new species of *Tanyuromys* Pine, Timm, and Weksler, 2012 (Cricetidae: Oryzomyini), with comments on relationships within the Oryzomyini. *Journal of Mammalogy* 99(3): 608-623. <http://doi.org/10.1093/jmammal/gyy042>.
- Tribe CJ. 2005. A new species of *Rhipidomys* (Rodentia, Muroidea) from north-eastern Brazil. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro* 63(1): 131-146.
- Uchoa JG, Aguilera M, Pacheco V, Soriano PJ. 2001. A new species of *Aepeomys* Thomas, 1898 (Rodentia: Muridae) from the Andes of Venezuela. *Mammalian Biology* 66: 229-237.
- Uturnunco AC, Pacheco VR. 2016. Redescrición de *Eremoryzomys polius* (Rodentia: Cricetidae) y descripción de una nueva especie del género *Eremoryzomys*. *Mastozoología Neotropical* 23(2): 483-503.
- Valdecasas AG, Williams D, Wheeler QD. 2007. 'Integrative taxonomy' then and now: a response to Dayrat (2005). *Biological Journal of the Linnean Society* 93(1): 211-216. <http://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2007.00919.x>.
- Van Valen L. 1976. Species, multispecies, and oaks. *Taxon* 25(2/3): 233-239. <http://doi.org/10.2307/1219444>.
- Voss RS, da Silva MN. 2001. Revisionary notes on Neotropical porcupines (Rodentia: Erethizontidae). 2. A review of the *Coendou vestitus* group with descriptions of two new species from Amazonia. *American Museum Novitates* 2001(3351): 1-36. [http://doi.org/10.1206/0003-0082\(2001\)351%3C0001:RNONPR%3E2.0.CO;2](http://doi.org/10.1206/0003-0082(2001)351%3C0001:RNONPR%3E2.0.CO;2).
- Voss RS, Lunde DP, Simmons NB. 2001. The mammals of Paracou, French Guiana: a Neotropical lowland rainforest fauna part 2. Nonvolant species. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 2001(263): 3-236. [http://doi.org/10.1206/0003-0090\(2001\)263%3C0003:TMOPFG%3E2.0.CO;2](http://doi.org/10.1206/0003-0090(2001)263%3C0003:TMOPFG%3E2.0.CO;2).
- Voss RS. 2003. A new species of *Thomasomys* (Rodentia: Muridae) from eastern Ecuador, with remarks on mammalian diversity and biogeography in the Cordillera Oriental. *American Museum Novitates* 2003(3421): 1-47. [http://doi.org/10.1206/0003-0082\(2003\)421%3C0001:ANSOTR%3E2.0.CO;2](http://doi.org/10.1206/0003-0082(2003)421%3C0001:ANSOTR%3E2.0.CO;2).
- Wandeler P, Hoeck PEA, Keller LF. 2007. Back to the future: museum specimens in population genetics. *Trends in Ecology and Evolution* 22(12): 634-642. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2007.08.017>.



- Ward DM. 1998. A natural species concept for prokaryotes. *Current Opinion in Microbiology* 1(3): 271-277. [http://doi.org/10.1016/S1369-5274\(98\)80029-5](http://doi.org/10.1016/S1369-5274(98)80029-5).
- Weksler M., Bonvicino CR. 2005. Taxonomy of pigmy rice rats genus *Oligoryzomys* Bangs, 1900 (Rodentia, Sigmodontinae) of the Brazilian Cerrado, with the description of two new species. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro* 63(1): 113-130.
- Wheeler QD. 2004. Taxonomic triage and the poverty of phylogeny. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 359(1444): 571-583. <http://doi.org/10.1098/rstb.2003.1452>.
- Wiley EO. 1978. The evolutionary species concept reconsidered. *Systematic Zoology* 27(1): 17-26. <http://doi.org/10.2307/2412809>.
- Wilkins JS. 2009. *Species: a history of the idea*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- Will KW, Mishler BD, Wheeler QD. 2005. The perils of DNA barcoding and the need for integrative taxonomy. *Systematic Biology* 54(5): 844-851. <http://doi.org/10.1080/10635150500354878>.
- Will KW, Rubinoff D. 2004. Myth of the molecule: DNA barcodes for species cannot replace morphology for identification and classification. *Cladistics* 20(1): 47-55. <http://doi.org/10.1111/j.1096-0031.2003.00008.x>.
- Wilson DE, Reeder DM. 1993. *Mammals species of the world: a taxonomic and geographic reference*. 2nd ed. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Wilson DE, Reeder DM. 2005. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*. 3rd ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Yang Z, Rannala B. 2010. Bayesian species delimitation using multilocus sequence data. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(20): 9264-9269. <http://doi.org/10.1073/pnas.0913022107>.
- Yeates DK, Seago A, Nelson L, Cameron SL, Joseph L, Trueman JWH. 2011. Integrative taxonomy, or interative taxonomy? *Systematic Entomology* 36(2): 209-217. <http://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2010.00558.x>.
- Zachos FE, Apollonio M, Bärmann EV, Festa-Bianchet M, Göhlich U, Habel JC, Haring E, Kruckenhauser L, Lovari S, McDevitt AD, Pertoldi C, Rössner GE, Sánchez-Villagra MR, Scandura M, Suchentrunk F. 2013. Species inflation and taxonomic artefacts-A critical comment on recent trends in mammalian classification. *Mammalian Biology* 78(1): 1-6. <http://doi.org/10.1016/J.MAMBIO.2012.07.083>.
- Zachos FE. 2016a. Species concepts in Biology: Historical development, theoretical foundations and practical relevance. Springer International Publishing, Cham.
- Zachos FE. 2016b. An annotated list of species concepts. Pp. 77-96, In: Zachos FE (Ed.), *Species concepts in Biology: Historical development, theoretical foundations and practical relevance*. Springer International Publishing, Cham.
- Zachos FE. 2016c. Species delimitation: discrete names in a continuous world with fuzzy boundaries. Pp. 143-162, In: Zachos FE (Ed.), *Species concepts in Biology: Historical development, theoretical foundations and practical relevance*. Springer International Publishing, Cham.
- Zachos FE. 2016d. Tree thinking and species delimitation: Guidelines for taxonomy and phylogenetic terminology. *Mammalian Biology* 81(2): 185-188. <http://doi.org/10.1016/J.MAMBIO.2015.10.002>.
- Zachos FE. 2018a. Mammals and meaningful taxonomic units: the debate about species concepts and conservation. *Mammal Review* 48(3): 153-159. <http://doi.org/10.1111/mam.12121>.
- Zachos FE. 2018b. (New) Species concepts, species delimitation and the inherent limitations of taxonomy. *Journal of Genetics* 97(4): 811-815. <http://doi.org/10.1007/s12041-018-0965-1>.
- Zeballos H, Palma RE, Marquet PA, Ceballos G. 2014. Phylogenetic relationships of *Calomys sorellus* complex (Rodentia: Cricetidae), with the description of two new species. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)* 4(1): 1-23.
- Zhang J, Kapli P, Pavlidis P, Stamatakis A. 2013. A general species delimitation method with applications to phylogenetic placements. *Bioinformatics* 29(22): 2869-2876. <http://doi.org/10.1093/bioinformatics/btt499>.

Submetido em: 20/dezembro/2019

Aceito em: 13/junho/2020



Appendix 1: All 122 described species of new rodent species from South America between 2000-2019, organized by year. We provided information on datasets, family, authority, and if a species concept was indicated by the authors for each taxon. DCP = discrete morphological variation; MMC = continuous morphological variation using calipers, and multivariate analyses; MMG = continuous morphological variation using geometric variation, and multivariate analyses; MPH = phylogenetic trees using morphological data; mtDNA = mitochondrial DNA; nuDNA = nuclear DNA; MTG = mitogenome; ZN = number (2n) and shape (FN) of chromosomes; BCN = banding patterns and chromosomal rearrangement; NIC = similarities of niches; ETH = ethological data; BRE = cross-breeding data; BSC = Biological Species Concept; EVSC = Evolutionary Species Concept; GSC = Genetic Species Concept; PSC = Phylogenetic Species Concept.

Family	Described Species	Morphological			Molecular			Cytogenetics			Ecological			Species Concept	Authority	Year
		DCP	MMC	MMG	MPH	mtDNA	nuDNA	MTG	ZN	BCN	NIC	ETH	BRE			
Cricetidae	<i>Akodon paranaensis</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	Christoff, Fagundes, Sbalqueiro, Mattevi & Yonenaga-Yassuda	2000
Cricetidae	<i>Akodon oenos</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Braun, Mares & Ojeda	2000
Cricetidae	<i>Brucepattersonius guarani</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mares & Braun	2000
Cricetidae	<i>Brucepattersonius misionensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mares & Braun	2000
Cricetidae	<i>Brucepattersonius paradisus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mares & Braun	2000
Ctenomyidae	<i>Ctenomys paraguayensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	Contreras	2000
Echimyidae	<i>Mesomys occultus</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	Patton, Da Silva & Malcolm	2000
Cricetidae	<i>Neacomys minutus</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	Patton, Da Silva & Malcolm	2000
Cricetidae	<i>Neacomys musseri</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	Patton, Da Silva & Malcolm	2000
Cricetidae	<i>Rhipidomys gardneri</i>	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	Patton, Da Silva & Malcolm	2000
Cricetidae	<i>Tapcomys primus</i>	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	Anderson & Yates	2000
Octodontidae	<i>Pipanaocotomys aureus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mares, Braun, Barquez & Díaz	2000
Octodontidae	<i>Salinactomys loschalchalerosorum</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mares, Braun, Barquez & Díaz	2000
Cricetidae	<i>Aepeomys reigi</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	Ochoa, Aguilera, Pacheco & Soriano	2001
Erethizontidae	<i>Coendou ichillus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Voss & da Silva	2001
Erethizontidae	<i>Coendou roosmalenorum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Voss & da Silva	2001
Ctenomyidae	<i>Ctenomys lami</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	Freitas	2001
Cricetidae	<i>Neacomys dubosti</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Voss, Lunde & Simmons	2001
Cricetidae	<i>Neacomys paracou</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	Voss, Lunde & Simmons	2001
Abrocomidae	<i>Abrocoma uspallata</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	Braun & Mares	2002
Cricetidae	<i>Oryzomys maracajuensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	Langguth & Bonvicino	2002
Cricetidae	<i>Oryzomys scotti</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	Langguth & Bonvicino	2002
Heteromyidae	<i>Heteromys teleus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Anderson & Jarrín	2002
Cricetidae	<i>Juliomys rimofrons</i>	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	Oliveira & Bonvicino	2002
Cricetidae	<i>Oxymycterus josei</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Hoffmann, Lessa & Smith	2002
Echimyidae	<i>Phyllomys pattoni</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	Emmons, Leite, Kock & Costa	2002
Cricetidae	<i>Thomasomys ankiro</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Luna & Pacheco	2002
Echimyidae	<i>Trinomys mirapitanga</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Lara, Patton & Hingst-Zaher	2002
Cricetidae	<i>Calomys tocaninsi</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	Bonvicino, Lima & Almeida	2003



Family	Described Species	Morphological				Molecular				Cytogenetics				Ecological		Species Concept	Authority	Year
		DCP	MMC	MMG	MPH	mtDNA	nuDNA	MTG	2N	BCN	NIC	ETH	BRE					
Cricetidae	<i>Oryzomys marinihus</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bonvicino	2003	
Heteromyidae	<i>Heteromys oasicus</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Anderson	2003	
Echimyidae	<i>Phyllomys lundii</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Leite	2003	
Echimyidae	<i>Phyllomys mantiqueirensis</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Leite	2003	
Cricetidae	<i>Rhagomys longilingua</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Luna & Patterson	2003	
Cricetidae	<i>Thomasomys ucucha</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Voss	2003	
Caviidae	<i>Galea monasteriensis</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	Solmsdorff, Kock, Hohoff & Sachser	2004	
Cricetidae	<i>Akodon philipmyersi</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Pardiñas, D'Elia, Cirignoli & Suarez	2005	
Echimyidae	<i>Echimyus vierai</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	lack-Ximenes, Vivo & Percequillo	2005	
Cricetidae	<i>Oryzomys acritus</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Emmons & Patton	2005	
Cricetidae	<i>Neusticomys ferreirai</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Percequillo, Carmignotto & Silva	2005	
Cricetidae	<i>Oligoryzomys moajeni</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Weksler & Bonvicino	2005	
Cricetidae	<i>Oligoryzomys rupestris</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Weksler & Bonvicino	2005	
Cricetidae	<i>Rhipidomys cariri</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Tribe	2005	
Cricetidae	<i>Wiedomys cerradensis</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Gonçalves, Almeida & Bonvicino	2005	
Echimyidae	<i>Isotrix barbarabrownae</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Patterson & Velazco	2006	
Cricetidae	<i>Juliomys ossitenuis</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Costa, Pavan, Leite & Fagundes	2007	
Cricetidae	<i>Phyllotis anitae</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jayat, D'Elia, Pardiñas & Namen	2007	
Cricetidae	<i>Thomasomys andersoni</i>	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Salazar-Bravo & Yates	2007	
Cricetidae	<i>Cerradomys langguthi</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Percequillo, Hingst-Zaher & Bonvicino	2008	
Cricetidae	<i>Cerradomys vivoi</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Percequillo, Hingst-Zaher & Bonvicino	2008	
Cricetidae	<i>Eligmodontia bolsonensis</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mares, Braun, Coyner & Van Der Bussche	2008	
Cricetidae	<i>Oxymycterus wayku</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jayat, D'Elia, Pardiñas, Miotti & Ortiz	2008	
Echimyidae	<i>Phyllomys sulinus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Leite, Christoff & Fagundes	2008	
Cricetidae	<i>Abrawayaomys chebezi</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Pardiñas, Teta & D'Elia	2009	
Heteromyidae	<i>Heteromys catopterius</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Anderson & Gutierrez	2009	
Chinchillidae	<i>Lagidium ahuacaense</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ledesma, Werner, Spotorno & Albuja	2009	
Cricetidae	<i>Oecomys sydandersoni</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Carleton, Emmons & Musser	2009	
Cricetidae	<i>Akodon polopi</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jayat, Ortiz, Salazar-Bravo, Pardiñas & D'Elia	2010	
Cricetidae	<i>Akodon viridescens</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Braun, Mares, Coyner & Van Den Bussche	2010	
Cricetidae	<i>Calomys cerqueirai</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bonvicino, Oliveira & Gentile	2010	
Cricetidae	<i>Phyllotis alisiosiensis</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ferro, Martínez & Barquez	2010	
Cricetidae	<i>Cerradomys goytaca</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Tavares, Pessôa & Gonçalves	2011	
Cricetidae	<i>Drymoreomys albimaculatus</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Percequillo, Weksler & Costa	2011	



Family	Described Species	Morphological				Molecular				Cytogenetics				Ecological		Species Concept	Authority	Year
		DCP	MMC	MMG	MPH	mtDNA	nuDNA	MTG	2N	BCN	NIC	ETH	BRE	ETH	BRE			
Cricetidae	<i>Rhipidomys ipukensis</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Rocha, Ferreira, Costa, Martins, Leite, Costa, & Fonseca	2011	
Cricetidae	<i>Rhipidomys itoan</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	GSC	Costa, Geise, Pereira & Costa	2011	
Cricetidae	<i>Rhipidomys tribei</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	GSC	Costa, Geise, Pereira & Costa	2011	
Ctenomyidae	<i>Ctenomys ibicuiensis</i>	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0		Freitas, Fernandes, Fornel & Roratto	2012	
Cricetidae	<i>Akodon josemariaquedasi</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		Jiménez, Pacheco & Vivas	2013	
Erethizontidae	<i>Coendou speratus</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		Pontes, Gadelha, Melo, Bezerra de Sá, Loss, Caldara-Junior, Costa & Leite	2013	
Erethizontidae	<i>Coendou (Coendou) baturitensis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BSC	Feijó & Langguth	2013	
Dasyproctidae	<i>Dasyprocta iacki</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BSC	Feijó & Langguth	2013	
Cricetidae	<i>Eligmodontia dunaris</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	EVSC	Spotorno, Zuleta, Walker, Manriquez, Valladares & Marin	2013	
Cricetidae	<i>Holochilus lagigilai</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		Pardiñas, Teta, Voglino & Fernandez	2013	
Cricetidae	<i>Calassomys apicalis</i>	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0		Pardiñas, Lessa, Teta, Salazar-Bravo & Câmara	2014	
Cricetidae	<i>Calomys achaku</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		Zeballos, Palma, Marquet & Ceballos	2014	
Cricetidae	<i>Calomys chinchilico</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		Zeballos, Palma, Marquet & Ceballos	2014	
Cricetidae	<i>Cerradomys akraai</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0		Bonvicino, Casado & Weksler	2014	
Ctenomyidae	<i>Ctenomys andersoni</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0		Gardner, Salazar-Bravo & Cook	2014	
Ctenomyidae	<i>Ctenomys erikacuellarae</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0		Gardner, Salazar-Bravo & Cook	2014	
Ctenomyidae	<i>Ctenomys lessai</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0		Gardner, Salazar-Bravo & Cook	2014	
Ctenomyidae	<i>Ctenomys yatesi</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		Gardner, Salazar-Bravo & Cook	2014	
Cricetidae	<i>Delomys altimontanus</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	GSC	Gonçalves & Oliveira	2014	
Cricetidae	<i>Phyllotis pearsoni</i>	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		Pacheco, Rengifo & Vivas	2014	
Cricetidae	<i>Scapteromys meridionalis</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	GSC	Quintela, Gonçalves, Althoff, Sbalqueiro, Oliveira & Freitas	2014	
Octodontidae	<i>Tympanoctomys kirchenorum</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0		Teta, Pardiñas, Sauthier & Gallardo	2014	
Cricetidae	<i>Abrothrix manni</i>	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0		D'Elia, Teta, Upham, Pardiñas & Patterson	2015	
Cricetidae	<i>Calomys mattevi</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		Gurgel-Filho, Feijó & Langguth	2015	
Cuniculidae	<i>Agouti silvagarcae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		Van Roosmalen & Van Hooff	2015	
Cricetidae	<i>Neusticomys vossi</i>	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0		Hanson, D'Elia, Ayers, Cox, Burneo & Lee	2015	
Cricetidae	<i>Phyllotis occidens</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		Rengifo & Pacheco	2015	
Cricetidae	<i>Akodon kotosh</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		Jimenez & Pacheco	2016	
Cricetidae	<i>Eremyzomys mesocaudis</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		Uturunco & Pacheco	2016	
Cricetidae	<i>Juliomys ximenezi</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	GSC	Christoff, Vieira, Oliveira, Gonçalves, Valiati & Tomasi	2016	



Family	Described Species	Morphological				Molecular				Cytogenetics				Ecological		Species Concept	Authority	Year
		DCP	MMC	MMG	MPH	mtDNA	nuDNA	MTG	2N	BCN	NIC	ETH	BRE					
Cricetidae	<i>Necomys lilloi</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Jayat, D'Elia, Ortiz & Teta	2016	
Cricetidae	<i>Oecomys franciscorum</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Pardiñas, Teta, Salazar-Bravo, Myers & Galliari	2016	
Cricetidae	<i>Deltamys araucaria</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	Quintela, Bertuol, González, Cordeiro-Estrela, Freitas & Gonçalves	2017	
Cricetidae	<i>Geoxus lafkenche</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Teta & D'Elia	2017	
Caviidae	<i>Microcavia jayati</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Teta, Ojeda, Lucero & D'Elia	2017	
Cricetidae	<i>Neacomys vargaslosai</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Hurtado & Pacheco	2017	
Cricetidae	<i>Rhipidomys albujai</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Brito, Tinoco, Chávez, Moreno-Cárdenas, Batallas & Ojala-Barbour	2017	
Cricetidae	<i>Neacomys macedoruizi</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	Sánchez-Vendizú, Pacheco & Vivas-Ruiz	2018	
Cricetidae	<i>Neacomys rosalingae</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	Sánchez-Vendizú, Pacheco & Vivas-Ruiz	2018	
Cricetidae	<i>Oligoryzomys yatesi</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	Palma & Rodriguez-Serrano	2018	
Echimyidae	<i>Phyllomys centralis</i>	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	Machado, Loss, Paz, Vieira, Rodrigues & Marinho-Filho	2018	
Cricetidae	<i>Tanyuromys thomaselei</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Timm, Pine & Hanson	2018	
Echimyidae	<i>Toromys albiventris</i>	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Emmons & Fabre	2018	
Cricetidae	<i>Bucepattersonius nebulosus</i>	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	Abreu-Júnior, Vilela, Christoff, Valiati & Percequillo	2019	
Cricetidae	<i>Ichthyomys pinei</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	Córdova, Niavelo-Villavicencio, Reyes-Puig, Pardiñas & Brito	2019	
Cricetidae	<i>Oxymycterus itapeby</i>	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Peçanha, Quintela, Ribas, Althoff, Maestri, Gonçalves & Freitas	2019	
Cricetidae	<i>Thomasomys salazari</i>	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	Brito, Tinoco, Curay, Vargas, Reyes-Puig, Romero & Pardiñas	2019	
Cricetidae	<i>Euryoryzomys australis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agnolin, Derguy, Godoy & Chimento	2019	
Cricetidae	<i>Oligoryzomys noa</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agnolin, Derguy, Godoy & Chimento	2019	
Cricetidae	<i>Oligoryzomys lanosus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agnolin, Derguy, Godoy & Chimento	2019	
Cricetidae	<i>Miniakodon rumbolli</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agnolin, Derguy, Godoy & Chimento	2019	
Cricetidae	<i>Miniakodon chebezi</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agnolin, Derguy, Godoy & Chimento	2019	
Cricetidae	<i>Macroakodon naranja</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agnolin, Derguy, Godoy & Chimento	2019	
Cricetidae	<i>Macroakodon calei</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agnolin, Derguy, Godoy & Chimento	2019	
Cricetidae	<i>Macroakodon calilegua</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agnolin, Derguy, Godoy & Chimento	2019	
Cricetidae	<i>Oxymycterus contrerasi</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agnolin, Derguy, Godoy & Chimento	2019	
Cricetidae	<i>Oxymycterus massoi</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agnolin, Derguy, Godoy & Chimento	2019	
Cricetidae	<i>Calomys apostolic</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agnolin, Derguy, Godoy & Chimento	2019	
Cricetidae	<i>Calomys yunganus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Agnolin, Derguy, Godoy & Chimento	2019	



Visit of *Didelphis aurita* (Didelphimorphia, Didelphidae) to the flowers of *Pseudobombax grandiflorum* (Malvaceae)

Helena Godoy Bergallo¹

¹ Laboratório de Ecologia de Mamíferos, Departamento de Ecologia, Instituto de Biologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
* Autor para correspondência: nena.bergallo@gmail.com

Abstract: Among mammals, bats are the ones that most use nectar as a resource. Chiropterophily flowers are large, open in the late afternoon, exude a strong odor, produce a large amount of nectar, attracting other non-flying mammals. Flowers of *Pseudobombax grandiflorum*, have such characteristics and a young opossum, *Didelphis aurita*, was fortuitously observed, foraging for flower's nectar in an urban area in April 2020. Species of neotropical marsupials have already been observed using flower nectar. Due to its large size and energy needs, the nectar consumption by opossums may be restricted to the phase of greater flowering of *Pseudobombax grandiflorum*.

Key-Words: Brazilian shaving-brush tree; Chiropterophily flowers; Common opossum; Nectar; Urban area.

Resumo: Visita de *Didelphis aurita* (Didelphimorphia) a flores de *Pseudobombax grandiflorum* (Malvaceae). Entre os mamíferos, os morcegos são os que mais utilizam o néctar como recurso. Flores quiropterófilas são grandes, abrem ao final da tarde, exalam um odor forte, produzem grande quantidade de néctar, atraindo outros mamíferos não-voadores. Flores de *Pseudobombax grandiflorum*, possuem tais características e um gambá jovem, *Didelphis aurita*, foi observado fortuitamente, forrageando néctar das flores em uma área urbana em abril de 2020. Espécies de marsupiais neotropicais já foram observadas utilizando néctar de flores. Devido ao seu maior porte e necessidades energéticas, o consumo de néctar por gambás pode estar restrito à fase de maior floração de *Pseudobombax grandiflorum*.

Palavras-Chave: Área urbana; Embiruçu; Flores quiropterófilas; Gambá; Néctar.

The use of nectar in the diet of neotropical mammals is common, especially for nectarivorous bats. The flowers that are used by bats are usually large, light in color, produce a large amount of nectar, have anthesis in the late afternoon and can exhale a strong attraction odor. Plants with these flowering characteristics are common to chiropterophily and sphingophily species (Faegri & Van der Pijl, 1980; Pequeno *et al.*, 2016).

The shaving-brush tree (embruçu or paina, in portuguese), *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns, is a tree of the Malvaceae Family, endemic to Brazil that occurs naturally between latitudes 13° and 29°, from Bahia to Rio Grande do Sul, occurring in the Atlantic Forest, and entering the Cerrado. The embruçu is a deciduous, monoecious tree, which in *restingas* reaches 9 m in height (Carvalho *et al.*, 2018) but can reach up to 25 m (Carvalho, 2006). Embruçu is used in projects for the regeneration of degraded areas and for revegetation in gullies (Carvalho, 2006). This species is also widely used in urban landscaping due to its large, showy white flowers, which are exposed in the terminal branches.

The flowering of the species occurs in autumn and winter depending on the location, the anthesis of the flowers occurs in the late afternoon between 16:30-17:30, and the flowers do not last more than 24 hours

(Carvalho, 2006; Fischer *et al.*, 1992). This species has characteristics of flowers with chiropterophily syndrome, such as large, white and terminal flowers, exposed outside the tree, with large fillets, in large quantities and in the form of a brush and with large production of nectar (Faegri & Van der Pijl, 1980; Fischer *et al.*, 1992). The nocturnal vertebrate pollinators that visit the embruçu flowers are *Anoura caudifer* (É. Geoffroyi, 1818), *Anoura geoffroyi* Gray 1838, *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766) and *Phyllostomus hastatus* (Pallas, 1767) (Barros *et al.*, 2013; Ferreira *et al.*, 2017; Fischer *et al.*, 1992; Silva & Peracchi, 1995). During the day, primate species such as the howler monkey *Alouatta guariba clamitans* (Humboldt, 1812), and the miquiqui, *Brachyteles hypoxanthus* (Kuhl, 1820), have already been observed eating the flower (Chiarello, 1994; Strier, 1991).

I observed a common opossum, *Didelphis aurita* (Wied-Neuwied 1826), walking through the branches of a specimen of *P. grandiflorum* in bloom on some occasions, but in only one I was able to record it (Figure 1). The observation was made in an urban area in the city of Rio de Janeiro, in the neighborhood of Recreio dos Bandeirantes (23°01'43.900"S, 43°29'53.016"W, WGS84), in a house garden. The only specimen of *P. grandiflorum* measures 7.3 m at its highest point and started flowering



Figure 1: Young common opossum (*Didelphis aurita*) feeding on nectar of the embiruçu, *Pseudobombax grandiflorum* in an urban area of the city of Rio de Janeiro.

in early April and by the end of July, some flowers were still blooming. On April 27th 2020, 20 flowers were opened and a young male common opossum with about 25 cm of head and body, was foraging from one flower to another. In one of the flowers, when it was possible to observe the behavior, the opossum positioned itself on the branch where the flower was opened and with its snout pushed sideways by the flower, licked the nectar. At some point with his left front paw, it lowers the anthers, to apparently have better access to the center of the flower. The anthers of the flower touched the animal's body mainly in the dorsal and lateral part. The stigma also touched the animal's body on its side. Bats (*Glossophaginae* bat, probably *Glossophaga soricina*) and hummingbirds (*Eupetomena macroura*) were also frequently seen visiting the flowers. The video of the opossum and the embiruçu flower can be seen as supplementary material on the PPBiOMA page (Video S1), as well as, of the bat (Video S2) and hummingbird (Video S3).

The diversification of Australian marsupials has led to the occupation of several ecological niches, including

forms that feed exclusively on nectar such as *Tarsipes rostratus* Gervais & Verreaux, 1842 (Steiner 1981). However, the use of nectar and its role as a pollinator in the Neotropical region was occupied among mammals, mainly by bat species of the Family Phyllostomidae. Regular visits to flowers by non-flying mammals are considered well developed in areas where nectarivorous bats are absent or are sporadic (Sussman & Raven, 1978). Or that visits to flowers by non-flying small mammals are irregular or incidental (Carthew & Goldingay, 1997). But maybe it is not that sporadic or incidental. In general, we know little about the marsupials' eating habits (Lessa & Geise, 2010), but in the late 1970s onwards, some records began to appear of neotropical marsupials visiting flowers (*e.g.*, Gribel, 1988; Steiner, 1981). At least eight species of three genera, *Caluromys*, *Didelphis* and *Marmosa*, have been observed feeding on flower nectar in 19 plant species (Table 1), most of them with flower characteristics used by nectarivorous bats. The plant family most frequently observed was Malvaceae, followed by Fabaceae. Thirteen of the 19 species were used by species of the genus *Caluromys*, and seven of the 19, used by species of the genus *Didelphis*.

Species of the genus *Caluromys* are considered to be frugivorous/omnivorous (Paglia *et al.*, 2012), but in fact they seem to frequently use flower nectar and play the role of pollinator (Gribel, 1988; Steiner, 1981). Nectar can be an important resource, when resources for frugivorous species are scarce at certain times of the year (Steiner, 1981). Species of the genus *Didelphis* are also considered to be frugivorous/omnivorous, and despite less records, species of the genus *Didelphis* also use flower nectar (*e.g.*, Queiroz *et al.*, 2016; Vieira & Carvalho-Okano, 1996). Thus, young and sub-adults of *Didelphis aurita* that are born until the end of the rainy

Table 1: Neotropical marsupial species observed using flower nectar.

Marsupial	Plant	Family	Country	References
<i>Caluromys derbianus</i> (Waterhouse, 1841)	<i>Mabea occidentalis</i>	Euphorbiaceae	Panama	Steiner, 1981
	<i>Ochroma pyramidale</i>	Malvaceae	Panama	Steiner, 1981
	<i>Trichanthera gigantea</i>	Acanthaceae	Panama	Steiner, 1981
	<i>Kigelia pinnata</i>	Bignoniaceae	Panama	Steiner, 1981
	<i>Marcgrovia nepenthoides</i>	Marcgraviaceae	Costa Rica	Tschapka & Helversen, 1999
<i>Caluromys lanatus</i> (Olfers, 1818)	<i>Pseudobombax tomentosum</i>	Malvaceae	Brazil	Gribel, 1988
	<i>Matisia cordata</i>	Bombacaceae	Peru and Ecuador	Janson <i>et al.</i> , 1981
	<i>Ravenala guyanensis</i>	Strelitziaceae	Brazil	Gribel, 1988
	<i>Couepia longipendula</i>	Chrysobalanaceae	Brazil	Gribel, 1988
	<i>Caryocar villosum</i>	Caryocaraceae	Brazil	Martins & Gribel, 2007
<i>Caluromys philander</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Inga thibaudiana</i>	Fabaceae	French Guiana	Charles-Dominique <i>et al.</i> , 1981
	<i>Inga ingoides</i>	Fabaceae	French Guiana	Charles-Dominique <i>et al.</i> , 1981
	<i>Hymenaea courbaril</i>	Fabaceae	French Guiana	Charles-Dominique <i>et al.</i> , 1981
	<i>Caryocar villosum</i>	Caryocaraceae	Brazil	Martins & Gribel, 2007
<i>Didelphis albiventris</i> (Lund, 1840)	<i>Encholirium spectabile</i>	Bromeliaceae	Brazil	Queiroz <i>et al.</i> , 2016
	<i>Scybalium fungiforme</i>	Balanophoraceae	Brazil	Amorim <i>et al.</i> , 2020
<i>Didelphis aurita</i> Wied-Neuwied, 1826	<i>Pseudobombax grandiflorum</i>	Malvaceae	Brazil	Present study
	<i>Mabea fistulifera</i>	Euphorbiaceae	Brazil	Vieira & Carvalho-Okano, 1996
<i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus, 1758	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Panama	Steiner, 1981
	<i>Marcgrovia nepenthoides</i>	Marcgraviaceae	Costa Rica	Tschapka & Helversen, 1999
<i>Didelphis virginiana</i> (Kerr, 1792)	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Mexico	Toledo, 1977
<i>Marmosa mexicana</i> Merriam, 1897	<i>Calyptrogyne ghiesbreghtiana</i>	Arecaceae	Costa Rica	Sperr <i>et al.</i> , 2009



season can benefit from the flowering of species such as *Pseudobombax grandiflorum*, which occurs from the beginning to the end of the dry season in the study area. The number of embiruçu flowers opened during a night at the beginning of the season was high (up to 20), but in the course of the months, the number of embiruçu flowers has been declining, and in the end of June and in July, in average, four flowers opened per night. Due to its large size and its energy needs, *Didelphis aurita* can weight up to 2000 g, the nectar reward must be high to maintain the pollination service (Fischer *et al.*, 2014). Hence, it is possible that the use of nectar by *Didelphis aurita* and consequently its role as pollinator, is restricted to the phase of greater flowering of *Pseudobombax grandiflorum*, when many flowers can be visited.

During June and July, the embiruçu fruits were observed in the study plant. *Pseudobombax marginatum* has self-incompatibility mechanisms and only with cross-pollination, is there fruit formation (Pequeno *et al.*, 2016). If the same occurs with *Pseudobombax grandiflorum*, then mixed pollination, which seems to be common in plants with nocturnal anthesis (Queiroz *et al.*, 2015), may have guaranteed fruit formation. In an urban environment like the present study, where other individuals from embiruçu may be far beyond the home range area of the opossum, bats and hummingbirds can guarantee cross-pollination due to their greater mobility.

Supplementary information can be found in Video S1 (<https://youtu.be/JL1uYEKMq3s>), Video S2 (<https://youtu.be/W7Pq8jbPlx0>) and Video S3 (<https://youtu.be/BbqLOWAdPj4>). The videos show the common opossum (*Didelphis aurita*), a Glossophaginae bat, and the hummingbird (*Eupetionema macroura*), visiting the embiruçu flower, respectively.

ACKNOWLEDGMENT

I thank FAPERJ (CNE-26/202.757/2017), CNPq (306585/2018-9) and Prociência/UERJ Research Grants. This study is part of the “Programa de Pesquisa em Biodiversidade da Mata Atlântica (PPBio MA)” of Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) and was supported by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Process No. 457458/2012-7). I thank two anonymous referees for their suggestions.

REFERENCES

- Amorim FW, Ballarin CS, Mariano G, Lacerda-Barbosa PA, Costa JG, Hachuy-Filho L, Zabin DA, Queiroz HGD, Servilha JH, Moraes AP, Morellato LPC. 2020. Good heavens what animal can pollinate it? A fungus-like holoparasitic plant potentially pollinated by opossums. *Ecology* 101(5).
- Barros MAS, Rui AM, Fabián ME. 2013. Seasonal variation in the diet of the bat *Anoura caudifer* (Phyllostomidae: Glossophaginae) at the southern limit of its geographic range. *Acta Chiropterologica* 15(1): 77-84.
- Carvalho ASR, Andrade ACS, Sá CFC, Araujo DSD, Tierno LR, Fonseca-Krueel VS. 2018. Restinga da Massambaba: vegetação, flora, propagação e usos. *Vertente edições*, Rio de Janeiro.
- Bergallo HG: Opossum and the shaving-brush tree flower
- Carvalho PER. 2006. *Espécies arbóreas brasileiras*. v. 2. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília; Embrapa Florestas, Colombo.
- Carthew SM, Goldingay RL. 1997. Non-flying mammals as pollinators. *Tree* 12: 104-108.
- Charles-Dominique P, Atramentowicz M, Charles-Dominique M, Gerard H, Hladik A, Hladik CM, Prévost MF. 1981. Les mammifères frugivores arboricoles nocturnes d'une forêt guyanaise: inter-relations plantes-animaux. *Revue D'Ecologie (Terre et Vie)* 54: 225-234.
- Chiarello AG. 1994. Diet of the brown howler monkey *Alouatta fusca* in a semi-deciduous forest fragment of Southeastern Brazil. *Primates* 35: 25-34.
- Faegri K, Van der Pijl L. 1980. *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press, New York.
- Ferreira CDM, Patusco TBS, Verçoza FC. 2017. Visitantes florais de *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns (Malvaceae) em fragmento de restinga, Saquarema, Rio de Janeiro. *Natureza on Line* 15(1): 41-47.
- Fischer E, Araujo AC, Gonçalves F. 2014. Polinização por vertebrados. Pp. 311-326, In: Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC (Org.). *Biologia da Polinização*. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro.
- Fischer E, Jimenez FA, Sazima M. 1992. Polinização por morcegos em duas espécies de Bombacaceae na Estação Ecológica de Juréia, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 15(1): 67-72.
- Gribel R. 1988. Visits of *Caluromys lanatus* (Didelphidae) to flowers of *Pseudobombax tomentosum* (Bombacaceae): a probable case of pollination by marsupials in Central Brazil. *Biotropica* 20(4): 344-347.
- Janson CH, Terborgh J, Emmons LH. 1981. Non-flying mammals as pollinating agents in the Amazonian forest. *Biotropica* 1-6.
- Lessa LG, Geise L. 2010. Hábitos alimentares de marsupiais Didelphidae brasileiros: análise do estado de conhecimento atual. *Oecologia Australis* 14(4): 901-910.
- Martins RL, Gribel R. 2007. Polinização de *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. (Caryocaraceae) uma árvore emergente da Amazônia Central. *Brazilian Journal of Botany* 30(1): 37-45.
- Paglia AP, Fonseca GA, Rylands AB, Herrmann G, Aguiar LM, Chiarello AG, Leite YLR, Costa LP, Siciliano S, Kierulff MCM, Mendes SL, Tavares VC, Mittermeier RA, Patton JL. 2012. Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil. 2ª Edição/Annotated Checklist of Brazilian Mammals. *Occasional Papers in Conservation Biology* 6: 1-82.
- Pequeno ID, Almeida NM, Siqueira-Filho JA. 2016. Biologia reprodutiva e guilda de visitantes florais de *Pseudobombax marginatum* (Malvaceae). *Rodriguésia* 67(2): 395-404.
- Queiroz JA, Quirino ZGM, Lopes AV, Machado IC. 2016. Vertebrate mixed pollination system in *Encholirium spectabile*? A bromeliad pollinated by bats, opossum and hummingbirds in a tropical dry forest. *Journal of Arid Environments* 125: 21-30.
- Silva SSP, Peracchi AL. 1995. Observação da visita de morcegos (Chiroptera) às flores de *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns. *Revista Brasileira de Zoologia* 12(4): 859-865.
- Sperr EB, Fronhofer EA, Tschapka M. 2009. The Mexican mouse opossum (*Marmosa mexicana*) as a flower visitor at a neotropical palm. *Mammalian Biology* 74(1): 76-80.
- Steiner KE. 1981. Nectarivory and potential pollination by a neotropical marsupial. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 505-513.
- Strier KB. 1991. Diet in one group of woolly spider monkeys, or muriquis (*Brachyteles arachnoides*). *American Journal of Primatology* 23: 113-126.
- Sussman RW, Raven PH. 1978. Pollination by lemurs and marsupials: an archaic coevolutionary system. *Science* 731-736.
- Toledo VM. 1977. Pollination of some rainforest plants by non-hovering birds in Veracruz, Mexico. *Biotropica* 9: 262-267.
- Tschapka M, Helversen O. 1999. Pollinators of syntopic *Marcgravia* species in Costa Rican lowland rain forest: bats and opossums. *Plant Biology* 1(4): 382-388.
- Vieira MF, Carvalho-Okano RM. 1996. Pollination biology of *Mabea fistulifera* (Euphorbiaceae) in southeastern Brazil. *Biotropica* 61-68.



Registro da ocorrência de *Pecari tajacu* (Linnaeus, 1758), uma espécie que era declarada extinta no município do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil

Rafael Andrada de Araújo Martins^{1,*} & Jorge Antônio Lourenço Pontes²

¹ Laboratório de Zoologia de Vertebrados, Centro Universitário São José, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade – Faculdade de Formação de Professores, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, UERJ. São Gonçalo, RJ, Brasil.

* Autor para correspondência: andrada88rafael@gmail.com

Resumo: A espécie *Pecari tajacu* (Linnaeus, 1758) não era registrada há mais um século dentro dos limites do município do Rio de Janeiro, sendo considerada extinta localmente. Suas populações também estão em declínio no estado do Rio de Janeiro. Um estudo em desenvolvimento na Serra do Mendanha, dentro de uma Reserva Particular de Patrimônio Natural, utilizando busca ativa e armadilhas fotográficas, obteve a primeira nova ocorrência de um pequeno bando de *P. tajacu* para o município do Rio de Janeiro. O estudo obteve registros de suas atividades na localidade, indicando a necessidade de preservação da floresta da Serra do Mendanha.

Palavras-Chave: Extinção; Mata Atlântica; Serra do Mendanha; Tayassuidae; Unidade de conservação da natureza.

Abstract: Record of the occurrence of *Pecari tajacu* (Linnaeus, 1758), a species that was declared extinct in the municipality of Rio de Janeiro, State of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. The species *Pecari tajacu* (Linnaeus, 1758) has not been recorded for more than a century within the limits of the municipality of Rio de Janeiro, being considered extinct locally. Their populations are also declining across the state of Rio de Janeiro. A study under development in Serra do Mendanha, within a Private Reserve of Natural Heritage, using active search and camera traps, obtained the first new occurrence of a small flock of *P. tajacu*, for the municipality of Rio de Janeiro. The study obtained records of its activities in the locality, indicating the need to conservation the Serra do Mendanha forest.

Key-Words: Atlantic Forest; Extinction; Protected areas; Serra do Mendanha; Tayassuidae.

O cateto *Pecari tajacu* (Linnaeus, 1758) (Tayassuidae), assim como a outra espécie nativa desta família, possuem uma distribuição geográfica que vai do sul dos Estados Unidos ao sul do Brasil, por todos os biomas brasileiros, e formando bandos com tamanhos variáveis. Ao longo de sua distribuição no território brasileiro sofrem diferentes impactos e estão sob diferentes graus de ameaça (Desbiez *et al.*, 2012; Tiepolo & Tomas, 2011). A espécie internacionalmente é considerada pouco preocupante – LC (Gongora *et al.*, 2011), enquanto que nacionalmente não está incluída em lista de espécie ameaçada (Brasil, 2014). No estado do Rio de Janeiro a espécie é considerada ameaçada como vulnerável – VU (Bergallo *et al.*, 2000; Estado do Rio de Janeiro, 1998) e no município do Rio de Janeiro é dada como extinta – EX (Di Maio & Silva, 2000). Entretanto, estas duas últimas listas já possuem cerca de 20 anos sem revisão, podendo a espécie estar em uma situação atual ainda mais crítica que a avaliada para o estado do Rio de Janeiro.

A Mata Atlântica foi fragmentada e reduzida ao longo do litoral brasileiro, pelos séculos de exploração para a agricultura, retirada de madeira, caça e pelo crescimento de áreas urbanas, ficando reduzida a grandes blocos e pequenos fragmentos isolados no estado do Rio de Janeiro, reduzindo as populações de mamíferos silvestres (Bergallo *et al.*, 2009; Rocha *et al.*, 2003). Esta forma de exploração levou ao desaparecimento de *P. tajacu* em diversas regiões do estado, estando associada principalmente à perda de habitat e à caça (Bergallo *et al.*, 2000; Bergallo *et al.*, 2009; Reis *et al.*, 2011; Tiepolo & Tomas, 2011). No estado do Rio de Janeiro são conhecidas populações para a região do Itatiaia (Aximoff *et al.*, 2015), Serra dos Órgãos (Cronemberger *et al.*, 2019) e Tinguá (Travassos *et al.*, 2018).

Apresentamos o resultado de imagens que foram capturadas por armadilhas fotográficas em um estudo de mastofauna dentro de uma área protegida particular, como o primeiro registro da espécie para o município do



Rio de Janeiro depois de quase um século sem informações científicas e apenas com antigos relatos populares de sua ocorrência dentro de uma região urbanizada e impactada (Corrêa, 2017; Di Maio & Silva, 2000).

O maciço do Gericinó-Mendanha possui relevo com altitudes que variam de 20 a mais de 900 m, com uma declividade variando entre 25° a 45° (Pontes & Rocha, 2008). O clima predominante é o tropical de inverno seco e verão chuvoso (Aw) e ocorrem também pequenas

variações microclimáticas associadas ao relevo local (Golfari & Moosmayer, 1980; Nimer, 1989). A temperatura média anual oscila em torno de 18° a 24°C, com precipitação média anual de 1.200 a 2.000 mm (Pontes & Rocha, 2008). Neste maciço está inserida a Reserva Particular do Patrimônio Natural Bicho Preguiça (RPPNBP) que possui 1,73 ha (22°46'00", 22°51'00"S e 43°36'00", 43°26'00"W, SAD 69) (Castro, 2015; INEA, 2014; Martins & Pontes, 2019) (Figura 1).

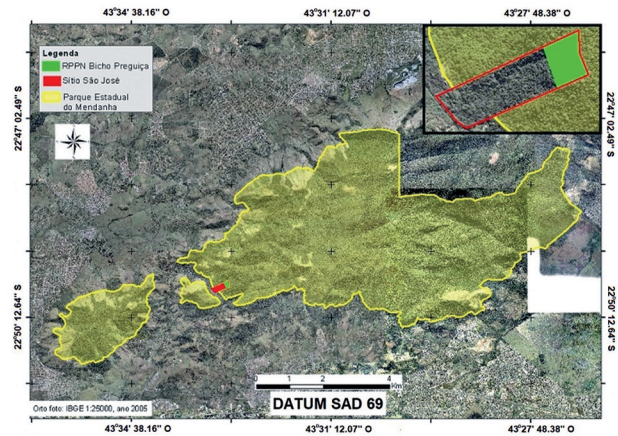


Figura 1: Localização do maciço do Gericinó-Mendanha, com destaque para a Reserva Particular do Patrimônio Natural Bicho Preguiça, município do Rio de Janeiro, RJ, onde foi confirmada a presença de *Pecari tajacu* (Linnaeus, 1758).



Figura 2. Registros da presença de *Pecari tajacu* (Linnaeus, 1758) no maciço do Gericinó-Mendanha: (A) Pegada encontrada; (B) Fezes encontradas; (C e D) Indivíduos de um bando em atividade de forrageamento. Reserva Particular do Patrimônio Natural Bicho Preguiça, município do Rio de Janeiro, RJ. Fotos Rafael Andrada.

Martins RAA & Pontes JAL: Ocorrência de *Pecari tajacu* (Linnaeus, 1758) no Rio de Janeiro



Os registros da mastofauna terrestre da RPPNBP e em seus arredores estão sendo realizados nas trilhas existentes, durante um inventário utilizando como método a busca ativa de indivíduos e de seus rastros, também com a utilização de quatro armadilhas fotográficas modelo *Bushnell 8 Mp Natureview Hd*, sem a utilização de iscas atrativas (e.g., Aximoff *et al.*, 2015; Tomas & Miranda, 2003).

Nossos resultados registraram as primeiras novas ocorrências de *Pecari tajacu* através de fotos de pegadas e indícios de forrageio de um bando na área da propriedade desde 03 de maio de 2017 e fezes foram encontradas em 21 de junho de 2017. A primeira foto da espécie foi realizada em agosto de 2018 (22°49'36.30"S, 43°33'03.43"O, SAD 69), enquanto que a segunda foi em dezembro de 2018 (22°49'41.59"S, 43°33'09.31"O, SAD 69), ambas com o uso de armadilhas fotográficas, que confirmaram a ocorrência da espécie na região. Através do presente estudo confirmamos a existência de uma população de *P. tajacu*, no maciço do Gericinó-Mendanha (Figura 2).

A espécie foi dada como extinta no município do Rio de Janeiro (Di Maio & Silva, 2000), apesar de o maciço ser considerado um dos mais importantes fragmentos florestais para a conservação da fauna e em bom estado de conservação na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, 2018; Pontes & Rocha, 2008; Rocha *et al.*, 2003). A população registrada está pelo menos a 15 km do maciço do Tinguá, local onde se encontra outra população mais próxima (Travassos *et al.*, 2018), sendo as regiões separadas por uma matriz urbana. Entretanto, acreditamos que a falta de registro desta espécie por cerca de 80 anos foi devido à reduzida quantidade de estudos específicos para a mastofauna no maciço do Gericinó-Mendanha, contando apenas com relatos de caçadores e naturalistas que incursionaram pela região (Corrêa, 2017; Louro, 2009; Vaz, 1985). Existindo, até então para a Serra do Mendanha, apenas um único estudo sobre a mastofauna publicado, abordando sua quiropterofauna (Menezes Jr *et al.*, 2015) e um primeiro resumo apresentado em um encontro científico universitário (Martins & Pontes, 2019), sobre o início de um estudo mais detalhado sobre a mastofauna terrestre da região. Mas também não descartamos que a redução de atividades cinegéticas na região, bem como a implantação de unidades de conservação e o aumento de estudos na região e da fiscalização tenham contribuído para a sobrevivência desta população (Pontes, 2015). Os taiassuídeos são importantes no equilíbrio de ecossistemas, disseminando sementes, predando pequenos animais, revirando e fertilizando o solo (Sowls, 1997; Reis *et al.*, 2011; Tiepolo & Tomas, 2011) e a existência de *P. tajacu*, de grande importância para o ambiente natural, deve ser mantida por esforços conservacionistas. Nesse sentido, em 2013 foi criada a maior Unidade de Conservação (UC) de proteção integral da região, o Parque Estadual do Mendanha (Estado do Rio de Janeiro, 2013) que foi um marco importante, embora ainda não possua plano de manejo. Desse modo, recomendamos fortemente, como estratégia de

conservação, que o futuro plano de manejo contenha programas e projetos específicos para a manutenção desta espécie e de outras recém-descobertas na Serra do Mendanha (Pontes *et al.*, 2010; 2015), garantindo assim que futuras políticas públicas contemplem diretamente essa fauna.

REFERÊNCIAS

- Aximoff I, Faria CC, Ferreira FA. 2015. Amostragem de longa duração por armadilhas fotográficas dos mamíferos terrestres em dois Parques Nacionais no Estado do Rio de Janeiro. *Oecologia Australis* 19(1): 215-231. <http://doi.org/10.4257/oeco.2015.1901.14>.
- Bergallo HG, Esbérard CEL, Geise L, Grelle CEV, Vieira MV, Gonçalves PR, Paglia A, Attias N. 2009. Mamíferos endêmicos e ameaçados no estado do Rio de Janeiro: diagnóstico e estratégias para a conservação. Pp. 209-219, In: Bergallo HG, Fidalgo ECC, Rocha CFD, Uzêda, MC, Costa MB, Alves MA, Van Sluys M, Santos MA, Costa TCC, Cozzolino AC (Orgs.), *Estratégias e ações para a conservação da biodiversidade no estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, Instituto Biomas.
- Bergallo HG, Rocha CFD, Alves MAS, Van Sluys M. 2000. A fauna ameaçada de extinção do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, EdUERJ.
- Brasil. 2014. Portaria MMA 444 de 17 de dezembro de 2014. *Diário Oficial da União*, 245: 121-126.
- Castro PF. 2015. Atlas das unidades de conservação do estado do Rio de Janeiro, 2ª Edição. São Paulo, Metalivros.
- Corrêa MA. 2017. O sertão carioca, 2ª Edição. Rio de Janeiro, Contra Capa.
- Cronemberger C, Delciellos AC, Barros CS, Gentile R, Weksler M, Braz AG, Teixeira BR, Loretto D, Vilar EM, Pereira FA, Santos JRC, Geise L, Pereira LG, Aguiéiras M, Vieira MV, Estrela PC, Junger RB, Honorato RS, Moratelli R, Vilela RV, Guimarães RR, Cerqueira R, Costa-Neto SF, Cardoso TS, Nascimento J. 2019. Mamíferos do Parque Nacional da Serra dos Órgãos: atualização da lista de espécies e implicações para a conservação. *Oecologia Australis*, 23(2): 191-214. <http://doi.org/10.4257/oeco.2019.2302.02>.
- Desbiez ALJ, Keuroghlian A, Beisiegel BM, Medici EP, Gatti A, Pontes ARM, Campos CB, Tófoli CF, Moraes Junior EA, Azevedo FC, Pinho GM, Cordeiro JLP, Santos Júnior TS, Moraes AA, Mangini PR, Flesher K, Rodrigues LF, Almeida LB. 2012. Avaliação do risco de extinção do cateto *Pecari tajacu* Linnaeus, 1758, no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 3: 74-83.
- Estado do Rio de Janeiro. 1998. Portaria SEMA. Lista das espécies da fauna ameaçadas de extinção no estado do Rio de Janeiro. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*.
- Estado do Rio de Janeiro. 2013. Decreto Nº 44.342 de 23 de agosto de 2013: Cria o Parque Estadual do Mendanha e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro*, 156: 1-2.
- Fundação SOS Mata Atlântica/INPE. 2018. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica. São Paulo, SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Relatório técnico 2017/2018, 65p. Disponível em: http://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica_17-18.pdf. Acessado em: 22 de março de 2020.
- Golfari L, Moosmayer H. 1980. Manual de reflorestamento do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Banco de Desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro/Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral.
- Gongora J, Reyna-Hurtado R, Beck H, Taber A, Altrichter M, Keuroghlian A. 2011. *Pecari tajacu*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T41777A10562361. <http://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T41777A10562361.en>.
- INEA – Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro. 2014. Portaria INEA/RJ/PRES Nº 532 de 21 de maio de 2014. Decreto definitivo de criação da Reserva Particular do Patrimônio Natural Bicho Preguiça. Disponível em: <http://oads.org.br/leis/3062.pdf>. Acessado em: 10 de março de 2020.
- Louro MAS. 2009. Mamíferos não voadores do Parque Municipal de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Brasil. Monografia (Graduação em



- Ciências Biológicas). Curso de Ciências Biológicas, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, Brasil.
- Di Maio FR, Silva MBR. 2000. Espécies ameaçadas de extinção no Município do Rio de Janeiro, flora e fauna. Rio de Janeiro, Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Rio de Janeiro.
- Martins RAA, Pontes JAL. 2019. Inventário e monitoramento da mastofauna terrestre da Reserva Particular do Patrimônio Natural Bicho Preguiça, Rio de Janeiro, RJ, Brasil: dados preliminares. Resumo, 1º BIO EM FOCO, Centro Universitário São José. Disponível em: http://www.researchgate.net/publication/341998625_INVENTARIO_E_MONITORAMENTO_DA_MASTOFAUNA_TERRESTRE_DA_RESERVA_PARTICULAR_DO_PATRIMONIO_NATURAL_BICHO_PREGUICA_RIO_DE_JANEIRO_BRASIL_DADOS_PRELIMINARES. Acessado em: 02 de janeiro de 2020.
- Menezes Jr LF, Pinto ACDC, Contildes MDR, Peracchi AL. 2015. Lista de morcegos (Mammalia, Chiroptera) do Parque Natural Municipal da Serra do Mendanha, Município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Pp. 238-245, In: Pontes JAL (Org.), Biodiversidade Carioca: segredos revelados. Rio de Janeiro, Technical Books.
- Nimer, E. 1989. Climatologia no Brasil. Rio de Janeiro, IBGE.
- Pontes JAL (Org.). 2015. Biodiversidade Carioca: segredos revelados. Rio de Janeiro, Technical Books.
- Pontes JAL, Pontes RC, Rocha RF, Lindenberg PM, Silva KP, Santos WA, Lemos NA, Hassan PGA, Alves AO, Lopes LFBA, Perro LCT, Boldrini AP, Nunes ECF, Costa LF, Kisling RW, Rocha CFD. 2015. Unidades de Conservação da Cidade do Rio de Janeiro: hotspots da herpetofauna carioca. Pp. 176-194, In: Pontes JAL (Org.), Biodiversidade carioca: segredos revelados. Rio de Janeiro, Technical Books.
- Pontes JAL, Pontes RC, Santa-Fé CP, Lima VM, Rocha CFD. 2010. Amphibia, Anura, Leiuperidae, *Physalaemus soaresi* Izecksohn, 1965: New record, distribution extension and geographic distribution map. Check List, 6(1): 159-61. <http://www.biotaxa.org/cl/article/view/6.1.159>.
- Pontes JAL, Rocha CFD. 2008. Serpentes da Serra do Mendanha, Rio de Janeiro, RJ: Ecologia e conservação. Rio de Janeiro, Technical Books.
- Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP (Eds.), Mamíferos do Brasil. 2ª Edição. Londrina, Nelio L. dos Reis. <https://pt.scribd.com/doc/126081718/MAMIFEROS-DO-BRASIL-2-EDICAO>. Acessado em: 02 de janeiro de 2020.
- Rocha CFD, Bergallo HG, Alves MAS, Van Sluys M. 2003. A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas restingas da Mata Atlântica. São Carlos, RiMa Editora.
- Sowls LK. 1997. Javelines and other peccaries: Their biology, management and use, 2ª Ed. Tucson, Texas A&M University Press.
- Tiepolo LM, Tomas EM. 2011. Ordem Artiodactyla. Pp. 293-230, In: Reis NR, Peracchi AL, Pedro WA, Lima IP (Eds.), Mamíferos do Brasil. 2ª Edição. Londrina, Nelio L. dos Reis. <https://pt.scribd.com/doc/126081718/MAMIFEROS-DO-BRASIL-2-EDICAO>. Acessado em: 02 de janeiro de 2020.
- Tomas WM, Miranda GHB. 2003. Uso de armadilhas fotográficas em levantamentos populacionais. Pp. 243-267, In: Cullen Jr L, Rudran R, Valladares-Padua C (Orgs.), Métodos de estudos em Biologia da Conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba, Editora da UFPR, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza.
- Travassos L, Carvalho ID, Pires AS, Gonçalves SN, Oliveira PM, Saraiva A, Fernandez FAZ. 2018. Living and lost mammals of Rio de Janeiro's largest biological reserve: an updated species list of Tinguá. Biota Neotropica, 18(2): e20170453. <http://www.scielo.br/pdf/bn/v18n2/1676-0611-bn-1676-0611-BN-2017-0453.pdf>.
- Vaz SM. 1985. Mamíferos do Rio de Janeiro. Boletim da FBCN, 20: 80-89.

Submetido em: 08/junho/2020
Aceito em: 29/julho/2020



Caracterização cariotípica e craniana intrapopulacional de *Blarinomys breviceps* (Rodentia: Sigmodontinae) de Minas Gerais

Bianca de Souza Araújo Adão
biancaaraujadoao@gmail.com

Dissertação de Mestrado
Programa de pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa
Orientadora: Gisele Mendes Lessa del Giúdice (UFV)
Co-orientadores: Jorge Abdala Dergam dos Santos e Natália Martins Travençoli
Data de Defesa: 09 de agosto de 2019
Bolsista CAPES

O gênero monotípico *Blarinomys*, representado pela espécie *B. breviceps*, é caracterizado morfológicamente por suas adaptações ao hábito fossorial, apresentando orelhas, olhos e cauda reduzidos e garras bem desenvolvidas. Sua distribuição se estende do sul da Bahia ao sul do estado de São Paulo, além do nordeste da Argentina. Embora apresente uma ampla distribuição geográfica e especialização de hábitos, não é considerada uma espécie bem estudada. Neste contexto, analisamos pela primeira vez a variação intrapopulacional do cariótipo e de medidas cranianas de espécimes coletados no município de Viçosa, em Minas Gerais, Brasil. Todas as amostras estão depositadas na coleção mastozoológica do Museu de Zoologia João Moojen da Universidade Federal de Viçosa. Foram realizadas técnicas de bandeamentos GTG, CBG, Ag-RON, e de hibridação fluorescente (FISH) com a sonda telomérica (TTAGGG)_n a partir de preparações cromossômicas de dez indivíduos. Na morfometria craniana, foram acrescentados à amostra 13 indivíduos para a análise de 22 caracteres quantitativos crânio-dentários, aferidos com um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm. Testes estatísticos investigaram a existência de dimorfismo sexual como uma possível fonte de variação intrapopulacional. Como resultado, descrevemos um novo cariótipo com $2n = 40$ e $NF = 50$, formado por cinco pares de cromossomos submetacêntricos, um par de cromossomos metacêntricos, 13 pares acrocêntricos e um par sexual acrocêntrico. O bandeamento GTG permitiu a identificação de todos os pares cromossômicos. O bandeamento CBG revelou a presença de heterocromatina constitutiva na região pericentromérica em todos os autossomos. Uma a seis Ag-RONs por célula foram identificadas, sempre nos braços curtos de autossomos acrocêntricos. A FISH resultou na marcação dos telômeros e em ITS na região pericentromérica de alguns pares. Observamos uma variação intrapopulacional relacionada a presença de cromossomos B e variação de heterocromatina. O papel dos rearranjos Robertsonianos na evolução cromossômica da espécie foi confirmado. Os resultados das análises morfométricas não indicaram variação craniana entre machos e fêmeas, possibilitando que amostras representativas de ambos os sexos pudessem ser consideradas conjuntamente em análises de variação geográfica.



Ocorrências de encalhes de pinípedes (Pinnipedia) na região Sul e Sudeste do Brasil entre 2015 e 2018

Carolina Theiss Lopes
caroltheiss.lopes@gmail.com

Trabalho de Conclusão de Curso
Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Regional de Blumenau
Orientador: Prof. Dr. Sérgio Luiz Althoff (FURB)
Co-orientadora: MSc. Mônica Pontalti
Data de Defesa: 19 de novembro 2019

Existem sete espécies de pinípedes ocorrentes na costa brasileira, a maioria provém da Argentina e Uruguai. Estes animais realizam grandes deslocamentos sazonais à costa em busca de alimentos e descanso e são principalmente favorecidos em seus deslocamentos pela corrente das Malvinas. As ocorrências fora das áreas de reprodução são consideradas movimentos “erráticos”. Encalhes de pinípedes ocorrem principalmente durante o período do outono e primavera e a mortalidade, em geral, pode estar relacionada a causas naturais como esgotamento físico, devido a longa migração em busca de alimento ou por causas antrópicas, como emalhe em rede de pesca. O presente estudo teve como objetivo levantar os dados das ocorrências de encalhes de pinípedes na área do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos – PMP/BS Fase 1, que compreende do município de Laguna, Santa Catarina até Ubatuba, São Paulo, entre agosto de 2015 a dezembro de 2018. Assim como classificá-los de acordo com faixa etária, sexo, o número de espécimes mortos e vivos, e quando possível, identificar causa de morte. O levantamento totalizou 530 indivíduos, entre esses foram utilizados apenas 478 registros que possuíam identificação completa. A espécie com maior frequência foi *Arctocephalus australis* (81%) seguida por *Arctocephalus tropicalis* (12%), *Otaria flavescens* (4%), *Mirounga leonina* (2%) e as menos frequentes foram *Arctocephalus gazella* e *Lobodon carcinophaga* com 0,45% das ocorrências cada uma. Para *Hydrurga leptonyx*, uma espécie rara na costa brasileira, não foi observado nenhum registro entre 2015 e 2018. O número de indivíduos encontrados vivos foi 222 e de mortos foi 256, entre o número de mortos 249 (97%) indivíduos não tiveram a causa da morte identificada e 7 (3%) morreram de causas naturais. Em relação ao estágio de vida dos animais a maioria eram juvenis 360 (75%), seguido de adultos 55 (12%) e filhotes 21 (4%), os indivíduos indeterminados totalizaram 42 (9%). O número de registro de machos é maior do que de fêmeas, 140 (29%) e 72 (15%), respectivamente, porém a maioria dos indivíduos 266 (56%) não tiveram o sexo identificado.



Gradientes de diversidade de morcegos filostomídeos (Chiroptera: Phyllostomidae) no estado de Santa Catarina e sua relação com o clima

Carlos Henrique Russi
carloshrussi@hotmail.com

*Trabalho de Conclusão de Curso
Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Regional de Blumenau (FURB)
Orientador: Sérgio Luiz Althoff (FURB)
Data de Defesa: 19 de novembro de 2019*

Mapear como a biodiversidade responde aos gradientes ambientais é imprescindível para elucidar questões ecológicas e propor estratégias para sua conservação. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi mapear e descrever os gradientes de diversidade α (riqueza local) e β (variação na composição de espécies) de morcegos filostomídeos na Floresta Atlântica de Santa Catarina, bem como quantificar a relação destes gradientes com o clima. Visto que a diversidade α de morcegos parece decair com o aumento da latitude e da altitude na Floresta Atlântica, a hipótese principal deste trabalho (H1) foi a de que a incidência de baixas temperaturas deve ser o principal filtro ambiental de espécies e, portanto, o principal determinante dos gradientes de diversidade observados no estado de Santa Catarina. Inicialmente, foi realizado um levantamento de registros de ocorrência para o estado, que incluiu dados de coleções biológicas, bancos de dados online e publicações científicas. Em seguida, o algoritmo MaxEnt foi utilizado para gerar modelos de distribuição de espécies para todas as 21 espécies que apresentaram mais de 10 registros, com base em cinco variáveis climáticas retiradas do portal Worldclim: isothermalidade (uma medida da estabilidade da temperatura), temperatura mínima do mês mais frio, variação anual da temperatura, precipitação total do mês mais úmido e precipitação total no inverno. Os mapas gerados foram então comparados a uma grade composta por células de $\cong 100 \text{ km}^2$, cobrindo todo o estado, de modo que, para cada célula, as espécies foram descritas como presentes ou ausentes. Assim, com base na composição de espécies de cada célula da grade, foi possível realizar os cálculos de diversidade α e β . Por fim, Modelos Lineares Generalizados foram utilizados para investigar a influência das cinco variáveis climáticas nos gradientes de diversidade obtidos. Os resultados demonstraram que a Floresta Atlântica de Santa Catarina apresenta um forte gradiente ambiental de diversidade para o grupo analisado, que está intimamente relacionado ao clima. Dentre as variáveis testadas, a temperatura mínima do mês mais frio se mostrou a principal correlata climática destes gradientes, de modo que locais com baixos valores para esta variável mostraram ter baixa diversidade α e alta diversidade β . A baixa capacidade dos morcegos filostomídeos de ocupar ambientes frios provavelmente está relacionada à sua origem tropical, onde a necessidade termorregulatória é menor. Além disso, as principais conexões ecológicas do grupo se dão com plantas pouco abundantes nas áreas mais frias e altas da Floresta Atlântica (por ex. plantas dos gêneros *Vriesea*, *Cecropia*, *Ficus* e *Piper*). Estes resultados contribuem com o conhecimento acerca da relação ecológica dos morcegos filostomídeos com o clima, e têm potencial para servir como base teórica para ações que visem conservar o grupo.



Levantamento de pequenos mamíferos (Didelphimorphia e Rodentia) dos municípios de Campos Novos e Celso Ramos, Santa Catarina, Brasil, através da análise de egagropilos de *Tyto furcata*

Débora da Silveira
deby281196@gmail.com

Trabalho de Conclusão de Curso
Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina
Orientadora: Patrícia Hadler (UFSC)
Coorientador: Jorge José Cherem (Caipora Cooperativa)
Data de Defesa: 01 de julho de 2019

Os egagropilos de corujas são restos alimentares não digeridos e que foram regurgitados. Eles são importantes ferramentas para o levantamento de pequenos mamíferos porque podem conter espécies raras, com requisitos de microhabitat e comportamentos específicos, as quais geralmente não são capturadas por armadilhas. O objetivo deste trabalho foi contribuir para o conhecimento dos pequenos mamíferos dos municípios de Campos Novos e Celso Ramos, Estado de Santa Catarina, através da análise de egagropilos de *Tyto furcata* encontrados na barragem da Usina Hidrelétrica Campos Novos. A área de estudo abrange a Floresta Ombrófila Mista, atualmente descaracterizada devido a exploração madeireira, ao cultivo de grãos, de árvores exóticas e a pecuária, restando apenas remanescentes de vegetação secundária, capoeirões e capoeiras. Os egagropilos foram coletados em novembro de 2017 e em maio e novembro de 2018. Os ossos cranimandibulares presentes nos egagropilos foram triados e identificados através da comparação com material depositado em coleção científica e bibliografia especializada. Foram registrados 943 espécimes correspondendo a 292 indivíduos, pertencentes a 12 *taxa* de pequenos mamíferos, sendo um da Ordem Didelphimorphia (Família Didelphidae) e 11 da Ordem Rodentia (Famílias Cricetidae, Muridae e Caviidae). *Oligoryzomys* sp., *Mus musculus* e *Calomys tener* foram os *taxa* mais abundantes. A maioria dos *taxa* habita áreas abertas (e.g., *Akodon* sp., *Necromys lasiurus*, *Calomys tener*), sendo os pequenos mamíferos de ambientes florestais (*Gracilinanus microtarsus* e *Sooretamys angouya*) registrados em menores proporções, uma vez que *T. furcata* habita e forrageia em ambientes abertos, predando majoritariamente roedores. Apesar de ser uma ferramenta útil, o uso de egagropilos apresenta algumas dificuldades, especialmente a fragmentação do material e a escassez de estudos sobre anatomia e variação intraespecífica que auxiliem na identificação das espécies.



The early stages of divergence in a Neotropical rodent with marked molecular and chromosomal variation

Fernanda Couto Zaidan
nandazaidan@gmail.com

Tese de Doutorado
Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora: Dra. Valéria Fagundes (UFES)
Data de Defesa: 12 de dezembro de 2019
Bolsista CNPq e CAPES

Akodon cursor é uma espécie de roedor terrestre endêmica da Mata Atlântica Brasileira, com ampla ocorrência, sendo comumente encontrado em áreas abertas e antropizadas desde a Paraíba, ao norte até o Paraná, ao sul. Essa espécie vem sendo estudada desde a década de 70 e passou por diversas alterações taxonômicas até que se conhecesse toda a sua diversidade cariotípica e geográfica. Uma importante característica desse roedor é apresentar grande variação cromossômica, com três números diplóides, $2n = 14, 15$ e 16 e número de braços autossômicos de 18 a 26, o que faz com que a espécie tenha quase 30 cariótipos descritos. Além da ampla variação cromossômica, observa-se estruturação da diversidade genética do DNA mitocondrial da espécie em dois grandes agrupamentos principais (norte e sul), que coincidem com o rio Jequitinhonha, no leste do Brasil. Devido a sua ampla distribuição, variação macro e microestruturais do DNA e por ser uma espécie jovem (possivelmente com menos de 2 milhões de anos), fazem de *A. cursor* um excelente modelo para se investigar o papel relativo da geografia e das variantes genômicas estruturais (*i.e.*, cromossomos) nos estágios iniciais de diversificação. Nessa tese foram feitas coletas em duas populações ao norte e uma ao sul da distribuição da espécie, o que permitiu a realização de mais de 400 cruzamentos experimentais, que geraram mais de 500 descendentes, que foram analisados citogeneticamente, sendo que parte da amostra teve a fertilidade estimada por meio de análises histológicas. Além disso, foram feitas pela primeira vez análises genômicas de mais de 10.000 SNPs de *A. cursor*, *A. montensis* e híbridos naturais interespecíficos. Foi apresentado um panorama da espécie por meio da integração de dados genômicos obtidos pela metodologia de *ddRAD sequencing*, aliados à informações citogenéticas e de distribuição geográfica da espécie. Também foram investigadas estimativas de fertilidade com relação aos diferentes números diploides e níveis de isolamento geográfico entre populações. Foi observado que a geografia tem papel preponderante na distribuição genética de *A. cursor*, recuperando-se várias populações estruturadas ao norte e um clado sul, com representantes dos três números diploides em ambas as regiões. Além disso, com os dados genômicos foi possível precisar que a região da nascente do rio Jequitinhonha seja a responsável por uma quebra filogeográfica primária de *A. cursor* a qual subdividiu representantes de Minas Gerais em uma população mais relacionada com outras populações do norte (*i.e.*, Pernambuco e Bahia) do que com populações do sul de Minas Gerais, uma vez que houve atividade geológica recente que sobrepõe com o possível período em que *A. cursor* divergiu em dois grupos principais. Os três números diploides podem ter surgido mais de uma vez durante a evolução da espécie, uma vez que representantes desses números diploides não compartilham um ancestral comum mais recente. Isso tem implicações nas teorias de evolução cariotípica da espécie e da possível região de sua origem, que possivelmente foi na região central do Brasil e não ao sul, como hipotetizado anteriormente. Um dos principais resultados foi a verificação de que indivíduos de uma mesma população da Bahia que apresenta indivíduos dos três números diploides não formam um grupo monofilético. Indivíduos de $2n = 14$ formam um clado sem sinais de mistura com o clado $2n = 15 + 2n = 16$. O heterocariótipo $2n = 15$ é um cariótipo com rearranjos dos pares 1 e 3 em heterozigose e o $2n = 14$ apresenta esse rearranjo em homozigose. Portanto, pensava-se que os indivíduos $2n = 15$ seriam fruto de mistura entre $2n = 14$ e $2n = 16$. No entanto, os dados do presente estudo mostraram que, pelo menos nessa população, o $2n = 15$ surge como uma variação de $2n = 16$. Esses dados levantaram a possibilidade de que haveria isolamento reprodutivo entre linhagens cariotípicas de *A. cursor*. Essa possibilidade foi testada por meio de cruzamentos experimentais entre representantes formas $2n = 14$ e $2n = 16$ da população da Bahia, que inter cruzou e gerou prole viável (porém subfértil), indicando que potencialmente não há isolamento pós-zigótico entre indivíduos desses cariótipos. Dessa forma sugerimos que possa estar ocorrendo reforço nessa população, com aumento de barreiras pré-zigóticas devido a um possível contato secundário das linhagens $2n = 14$ e $2n = 15 + 16$. Além disso, pudemos estimar taxas de sucesso reprodutivo (SR) e tamanho médio de ninhadas (TN) dos cruzamentos entre homocariótipos $2n = 14 \times 2n = 14$ e $2n = 16 \times 2n = 16$, servindo como referências para a espécie. Cruzamentos entre casais de cariótipo $2n = 15$ da população da Bahia apresentaram taxas significativamente inferiores de SR em relação aos homocariótipos, mas foi recuperado um elevado SR quando $2n = 15$ foi retrocruzado com os homocariótipos, sendo esse possivelmente o principal mecanismo em que a forma $2n = 15$ é mantida na natureza. Os cruzamentos entre indivíduos de uma mesma população e de populações adjacentes (mesmo que pertencentes a agrupamentos filogenéticos distintos) indicaram não haver isolamento reprodutivo completo entre o grupo norte e sul, talvez pela recenticidade do processo geológico que gerou esse padrão genético. No entanto, os cruzamentos



entre indivíduos de populações distantes geograficamente e alopátricas (Espírito Santo e Pernambuco, distantes mais de 2 mil km) geraram prole $2n = 15$ (15NS) que se mostrou estéril tanto em cruzamentos como em retrocruzamentos. Esses resultados evidenciaram que o isolamento geográfico pode estar levando à incompatibilidades genéticas entre as linhagens dos extremos da distribuição da espécie. A esterilidade observada nos cruzamentos foi corroborada pelas análises histológicas, que mostraram que os machos de 15NS não apresentam lúmen nos túbulos seminíferos e nem espermatozoides, assim como híbridos interespecíficos entre *A. cursor* e *A. montensis*. Dessa forma, pudemos verificar que *A. cursor* estaria em uma situação análoga a de uma espécie em anel, uma vez que as populações adjacentes têm potencial de intercruzamento, porém representantes das extremidades da distribuição se mostraram incompatíveis. Integrando-se os resultados de genômica e de estimativas de fertilidade entre populações, tem-se um cenário em que existem mais de uma linhagem ao norte e um clado sul de *A. cursor*, que não estão associadas a cariótipos específicos, e que formam híbridos estéreis quando são intercruzadas as linhagens dos extremos da distribuição. Devido a essa combinação peculiar de características cromossômicas, genéticas, reprodutivas e de distribuição geográfica pode-se dizer que *A. cursor* ainda é uma espécie, mas que encontra-se em uma zona “cinza” de especiação. No entanto, não é possível prever se a evolução caminhará para que essas populações estruturadas e linhagens se tornem espécies biológicas distintas. Com muito poucos trabalhos utilizando essas abordagens integrativas, o presente estudo se mostra inovador e contribui para o conhecimento evolutivo, mostrando que a geografia é o palco principal para que os diferentes cariótipos de *A. cursor* surjam e interajam.

The early stages of divergence in a Neotropical rodent with marked molecular and chromosomal variation
Fernanda Couto Zaidan..... 66





ÍNDICE

ARTIGOS

- Pequenos mamíferos do parque urbano do Instituto Butantan, São Paulo, Brasil
Jade Lima-Santos, Eletra de Souza, Amanda de Oliveira Viana & Erika Hingst-Zaher 29

ENSAIOS

- Species concepts and taxonomic practice in the integrative taxonomy era: an example using South American rodents
Jeronymo Dalapicolla & Alexandre Reis Percequillo 36

NOTAS

- Visit of *Didelphis aurita* (Didelphimorphia, Didelphidae) to the flowers of *Pseudobombax grandiflorum* (Malvaceae)
Helena Godoy Bergallo..... 55
- Registro da ocorrência de *Pecari tajacu* (Linnaeus, 1758), uma espécie que era declarada extinta no município do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, Sudeste do Brasil
Rafael Andrada de Araújo Martins & Jorge Antônio Lourenço Pontes 58

RESUMOS

- Caracterização cariotípica e craniana intrapopulacional de *Blarinomys breviceps* (Rodentia: Sigmodontinae) de Minas Gerais
Bianca de Souza Araújo Adão 62
- Ocorrências de encalhes de pinípedes (Pinnipedia) na região Sul e Sudeste do Brasil entre 2015 e 2018
Carolina Theiss Lopes 63
- Gradientes de diversidade de morcegos filostomídeos (Chiroptera: Phyllostomidae) no estado de Santa Catarina e sua relação com o clima
Carlos Henrique Russi..... 64
- Levantamento de pequenos mamíferos (Didelphimorphia e Rodentia) dos municípios de Campos Novos e Celso Ramos, Santa Catarina, Brasil, através da análise de egagropilos de *Tyto furcata*
Débora da Silveira 65

continua na capa interna...

Remetente: Sociedade Brasileira de Mastozoologia
A/C Dr. Alexandre Reis Percequillo
Laboratório de Mamíferos, Departamento de Ciências Biológicas,
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
Avenida Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9,
CEP 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

Destinatário: