

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de 13/08/2020.



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ZOOLOGIA)**

ANFÍBIOS DA SERRA DO MAR: DIVERSIDADE E BIOGEOGRAFIA

LEO RAMOS MALAGOLI

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em Ciências Biológicas (Zoologia).

Agosto - 2018

Leo Ramos Malagoli

ANFÍBIOS DA SERRA DO MAR: DIVERSIDADE E BIOGEOGRAFIA

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em Ciências Biológicas (Zoologia).

Orientador: Prof. Dr. Célio Fernando Baptista Haddad
Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Jannini Sawaya

Rio Claro
2018

574.9 Malagoli, Leo Ramos
M236a Anfíbios da Serra do Mar : diversidade e biogeografia /
 Leo Ramos Malagoli. - Rio Claro, 2018
 207 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas

 Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
 Instituto de Biociências de Rio Claro
 Orientador: Célio Fernando Baptista Haddad
 Coorientador: Ricardo Jannini Sawaya

 1. Biogeografia. 2. Anuros. 3. Conservação. 4.
 Diversidade funcional. 5. Elementos bióticos. 6. Mata
 Atlântica. 7. Regionalização. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

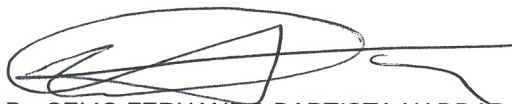
TÍTULO DA TESE: Contribuições para o conhecimento e conservação dos anuros (amphibia) da serra do mar

AUTOR: LEO RAMOS MALAGOLI

ORIENTADOR: CELIO FERNANDO BAPTISTA HADDAD

COORDENADOR: RICARDO JANNINI SAWAYA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (ZOOLOGIA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. CELIO FERNANDO BAPTISTA HADDAD
Departamento de Zoologia / UNESP - Instituto de Biociências de Rio Claro - SP

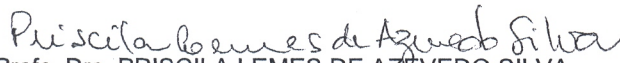


Prof. Dr. JOSE PEREZ POMBAL JUNIOR
Departamento de Vertebrados / Museu Nacional-UFRJ /Rio de Janeiro-RJ

Prof. Dr. CRISTIANO DE CAMPOS NOGUEIRA
Museu de Zoologia-Seção de Herpetologia / Universidade de São Paulo



Prof. Dr. DÉLIO PONTES BAÊTA DA COSTA
Departamento de Zoologia / Unesp/ Câmpus de Rio Claro



Profa. Dra. PRISCILA LEMES DE AZEVEDO SILVA
Departamento de Zoologia / UNESP

Rio Claro, 13 de agosto de 2018

TÍTULO ALTERADO PARA:

ANFÍBIOS DA SERRA DO MAR: DIVERSIDADE E BIOGEOGRAFIA



“To do science is to search for repeated patterns, not simply to accumulate facts, and to do the science of geographical ecology is to search for patterns of plant and animal life that can be put on a map. The person best equipped to do this is the naturalist.”

Geographical Ecology. Patterns in the Distribution of Species

Robert H. MacArthur, 1972

À Muralha, por todo o seu esplendor e sempre lembrar aos
“Homens Sábios” quão pequenos e insignificantes são,
frente à imponente natureza.

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas e instituições foram responsáveis por eu ter chegado até aqui. Espero que nas linhas tão importantes que seguirão abaixo, eu não esqueça de ninguém. Ainda assim, se alguém não se sentir devidamente agradecido, peço as mais sinceras desculpas. Sou especialmente grato:

Ao meu orientador, Célio F. B. Haddad por toda a confiança, amizade, apoio, paciência e ensinamentos. Por estar sempre disponível e com a porta de sua sala sempre aberta. Célio, foi uma honra ter a oportunidade de conviver e aprender com você, obrigado por tudo!

Ao Ricardo J. Sawaya, pela co-orientação, amizade, apoio, paciência e ensinamentos. Lica, você sabe o quanto foi importante durante este processo. Obrigado por toda a disponibilidade e longas conversas, inclusive pelo WhatsApp!

Este foi um trabalho baseado principalmente em dados coletados em coleções científicas. Aliás, eu transitei, frequentei, fiquei enfurnado, mexi e remexi algumas das principais coleções zoológicas do sudeste brasileiro nestes últimos anos. Este fato contribuiu muito para que eu me aperfeiçoasse profissionalmente, mas também pessoalmente. Assim, expresso abaixo meus sinceros agradecimentos aos museus e coleções visitadas e às pessoas que trabalham e fazem parte destes grandes e imprescindíveis tesouros biológicos, agradeço muito:

À Coleção Célio F. B. Haddad (CFBH) e ao Laboratório de Herpetologia da UNESP de Rio Claro, pela facilidade de acesso ao material consultado e também por todo o apoio estrutural e logístico sem o qual este trabalho não poderia ser realizado. Agradeço ao Célio F. B. Haddad, Nadya C. Pupin e Danilo B. Delgado, pelo apoio durante os trabalhos na coleção e na utilização dos demais equipamentos. A convivência de muitos anos neste laboratório, em especial durante o último ano da tese, foi fundamental para minha formação. Também agradeço pela convivência e amizade a todos os colegas e amigos do laboratório e do Departamento de Zoologia da UNESP de Rio Claro: Ana Paula Motta, Anyelet Valencia-Aguilar, Amanda S. F. Lantyer-Silva, Ana Carolina Calijorne Lourenço, Carla Lopes, João Gabriel Ribeiro Giovanelli, Maurício H. Vancine, Francisco A. Brusquetti, Priscila Lemes, Nadya Pupin, Natália M. E. Salles, Juliane P. C. Monteiro, Fábio P. de Sá (Quase), Thais H. Condez, Danilo Barêa Delgado (Jesus), Bianca Berneck, Ariadne F. Sabbagh, Délio P. Baêta, Marcus Thadeu T. Santos (Empada), Boris L. Blotto, Maria Tereza C. Thomé (TT), Guilherme Becker, Eliziane Garcia de Oliveria (Eli),

Andréa F. C. Mesquita, Julián Faivovich, Mariana L. Lyra, Pedro G. Taucce, Paulo D. P. Pinheiro, Thiago Ribeiro de Carvalho, Olívia Araújo e Thiago Gazoni.

Ao Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP), Seção de Herpetologia, Hussam Zaher, Taran Grant, Francisco de Assis Brum da Silva (Chico), André Braga, Alberto B. Carvalho (Beto), Aline Staskowian Benetti e Gabriela Sanches. Foram mais de dois anos e meio de acolhida pelo MZUSP (entre idas e vindas, de dezembro de 2014 a dezembro de 2017), com todo o apoio fundamental para a produção desta tese. Foi um momento inesquecível e de muito aprendizado. Também agradeço a todos os colegas e amigos da Seção de Herpetologia do MZUSP, Dani Genari, Bruno Rocha, Bruno Navarro, Ana Paula Brandão, Roberta Grabboski Mendes (Beta), Juan Camilo Arredondo, Ricardo Arturo Guerra-Fuentes (Gringo), Paola María Sánchez Martínez, Vivian C. Trevine, Gabriela Sobral, Ernesto Aranda, Flavio de Barros Molina, Wellton Araujo, Bruno Gonçalves Augusta, Daniella França, Paulo Roberto Machado-Filho, Felipe Grazziotin, Fausto E. Barbo, Leonardo Oliveira, Natalia R. Friol e Ana Bottallo. Deixo aqui um agradecimento especial à Dione Seripierri, chefe técnica da biblioteca do MZUSP, que muito me ajudou a encontrar diversas referências e me apresentou um pouco dos tesouros “escondidos” (publicações e catálogos geográficos) de Paulo E. Vanzolini.

Ao Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro (MNRJ), Setor de Herpetologia, José P. Pombal Jr., Paulo Gustavo Homem Passos, Manoela Woitovicz Cardoso, Pedro H. Pinna, Ulisses Caramaschi, Carlos Alberto Gonçalves da Cruz e Ronaldo Fernandes, além de Marcelo Ribeiro de Britto e Cristiano Moreira (Ictiologia), pelos mais de cinco meses de total apoio e fraterna acolhida (maio a setembro de 2016 e março a abril de 2017). Este foi um período de imenso aprendizado e compartilhamento de ideias. Sou grato aos colegas e amigos que pude fazer no MNRJ durante este período, agradeço em especial a José P. Pombal Jr., Paulo Passos, Fábio Hepp, Pedro Pinna, Clarissa Canedo, Daniel Fernandes, Pedro H. Cabral, Manoela Woitovicz Cardoso, Daniel Bastos Maciel, Rodrigo Castellari Gonzales, Roberta Azeredo Murta da Fonseca (Beta), Camila Mattedi, Rodrigo de Oliveira Lula Salles, Rafael Cunha Pontes, Barbara Francisco, Luiz Fernando Freitas do Carmo, Karen Silva, Pedro Cardoso Prado, Natascha Radsak, Luciana Ramos, Patrícia Dias, Renan Manoel de Oliveira e Paulo Roberto Melo-Sampaio.

Ao Museu de Zoologia da Universidade Estadual de Campinas “Adão José Cardoso” (ZUEC), Luís Felipe Toledo e Karina Rebelo Elisário Gomes.

Ao Laboratório de Anfíbios do Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (ZUFRRJ), Sergio Potsch de Carvalho-e-Silva, Marcia dos Reis Gomes e Manuella Folly.

Ao Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), seus gestores e funcionários, que tanto auxiliaram este trabalho. Sou especialmente grato a Marcelo José Gonçalves, Alexandre Vecchi e Wesley Pereira Soares (Núcleo Curucutu), Joaquim do Marco Neto (Núcleo Itariru), Ricardo Laerte Romero (Núcleo São Sebastião), Luane Mattos Fenille (Núcleo Cunha), Patrícia Cristiane Camargo Rodrigues e Nilton de Oliveira Peres (Núcleo Itutinga Pilões/Caminho do Mar), Miguel Nema Neto (Núcleo Caraguatatuba) e João Paulo Villani (Núcleo Santa Virgínia).

Ao amigo Ricardo L. Romero (Alemão) por toda ajuda logística e estrutural durante os trabalhos desenvolvidos no Núcleo São Sebastião do PESM, nos acolhendo em sua aconchegante residência e nos acompanhando sempre que possível no campo.

À Gabo Morales, Pedro G. Taucce, Paulo D. P. Pinheiro, Fausto E. Barbo, Lucas N. Bandeira, Délio Baêta, Bruno Rocha, João Bosco de Freitas, Fabio Schunck, Thais H. Condez, Fábio Perin de Sá, Alba Navarro Lozano, Juliane P. C. Monteiro, Wesley P. Soares, Ricardo L. Romero, Pedro Zaia Soares, Eliziane Garcia de Oliveira, Thiago A. L. Oliveira, pela imensa ajuda no campo.

À Comissão Técnico-Científica (COTEC/IF) pela concessão de licença de pesquisa para as Unidades de Conservação Estaduais, em São Paulo (Processos 260108-003.523/2014 e 260108 –/ 040.574/2006).

Ao ICMBio pelas licenças de captura e coleta de espécimes nos municípios e respectivas Unidades de Conservação (45665-1 a 5 e 54085-1).

Ao Centro de Estudos de Insetos Sociais (CEIS) por facilitar o acesso aos equipamentos e insumos para extrações de DNA utilizados para a realização de parte de dois capítulos desta tese.

À Comissão de Ética no Uso de Animal (CEUA) da UNESP de Rio Claro pela licença concedida (017/2016).

A todos os colegas e amigos que forneceram dados inéditos, em estudo e/ou material ainda não tombado, e também me auxiliaram com informações sobre a distribuição de espécies, Juliane P. C. Monteiro, Thais H. Condez, José P. Pombal Jr., Manoela Woitovicz Cardoso, Marcus Thadeu T. Santos, Thiago Ribeiro de Carvalho, Julián Faivovich, Clarissa Canedo, Fábio P. de Sá, Rafael C. Pontes, Pedro G. Taucce, Paulo D. P. Pinheiro (Callithrix), Marina Walker, Ariadne F. Sabbag, Délio Baêta e João Victor Lacerda.

Aos amigos e colegas Fábio P. de Sá (Quase), Thais H. Condez, Nadya C. Pupin, João G. R. Giovanelli, Maurício H. Vancine, Fausto E. Barbo, Priscila Lemes, Délio Baêta, Maria

Tereza C. Thomé (TT), Juliane P. C. Monteiro, Mariana L. Lyra, Pedro G. Taucce, Boris L. Blotto, Thiago Ribeiro de Carvalho, Vanessa Ellen Wendt Campos e Danilo B. Delgado, por diversas ajudas técnicas, ensinamentos e conversas (relacionadas à tese ou às pressões originadas por ela hehe).

Aos amigos da UNESP-SJRP, UNIFESP e Universidade Federal do ABC (Laboratório de Evolução e Diversidade I – “LED 1”), Ricardo J. Sawaya, Fausto E. Barbo, Thaís B. Guedes, Marcela Brasil Godinho, José Thales Portillo, Thiago A. L. Oliveira, Thiago Leão-Pires, Maria Carolina Rodella Manzano, Bruna Bolochio, Leonardo Matheus Servino, Matheus Pontes Nogueira, Felipe Theocharides Oricchio e Alba Navarro Lozano, pela convivência e oportunidade de aprendizado.

Aos amigos do Herbário Municipal da Divisão Técnica de Proteção da Biodiversidade (DEPAVE-8), pelo auxílio na identificação de algumas espécies de bromélias para a produção do Capítulo 4 desta tese. Sou especialmente grato ao botânico Ricardo José Francischetti Garcia.

Ao amigo Ricardo Lourenço-de-Moraes, por diversas conversas e auxílios ao longo desta jornada.

À Mônica Cardoso por sua amizade e apoio durante o tempo que passei no Rio de Janeiro.

Aos meus “bródis” de jornada da nossa casinha em Rio Claro, Thais H. Condez e Fábio P. de Sá, por toda a amizade, paciência e por compartilharem seus sonhos, alegrias e tristezas comigo. Obrigado sempre meus queridos!

Aos amigos do lab e de Rio Claro por toda a convivência, baladinhas, churrascos, festinhas e comidinhas, e à galerinha da segunda-alternativa e agregados. Esses eventos deixaram a minha passagem pela Cidade Azul muito mais bacana e já deixam muitas saudades. Agradeço em especial: Thais H. Condez, Juliane P. C. Monteiro, Eli Carlos de Nardin, Fábio P. de Sá (Quase), Francisco A. Brusquetti, Paulo D. P. Pinheiro (Callithrix), Nália Salles, Pedro G. Taucce, Marcus Thadeu Santos (Empada), Priscila Lemes, Boris L. Blotto, Anyelet Valencia-Aguilar, Maria Tereza C. Thomé (TT), Danilo B. Delgado (Jesus), Nadya C. Pupin,

Thiago Ribeiro de Carvalho, Mariana L. Lyra, Ana Paula Motta, Marcos Heringer (Marquim), Ariadne F. Sabbag, Délio Baêta e Carla Lopes.

À minha família, sem a qual eu não teria tido forças para chegar até o final desta empreitada. Minha mãe Regina por sempre estar ao meu lado me apoiando e ser grande incentivadora do meu trabalho e dos meus sonhos, sempre! Ao meu pai Caio (*in memoriam*), por todo o seu amor e carinho, que contribuíram muito para que eu me tornasse uma pessoa melhor. À minha irmã Juliana e minha amada sobrinha Helena (que nasceu logo no início desta tese), que mesmo de longe e com toda saudade, sempre torceram pelo meu sucesso pessoal e profissional. Aos meus sogros, José Arnaldo e Maria Elisa, que mesmo sem entender muito bem porque o genro deles se enfiou em mais esta “louca aventura”, sempre me apoiaram e me incentivaram.

À minha companheira de vida, Januária, por todo o seu amor, paciência e apoio incondicional para que eu conseguisse chegar ao final desta etapa. Sem você amor, eu certamente não teria chegado até aqui. Obrigado por sempre apoiar e respeitar os meus sonhos!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado concedida (Processo 141259/2014-0).

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio complementar aos trabalhos de campo e também às visitas realizadas nas coleções, a partir dos projetos: “Diversidade e conservação dos anfíbios brasileiros” (Processo 2013/50741-7) e “Novas abordagens de ecologia e conservação: diversidade filogenética e funcional de anfíbios e serpentes da Mata Atlântica brasileira” (Processo 2014/23677-9).

Aos funcionários da Seção Técnica de Pós-graduação da UNESP de Rio Claro, nas figuras de Ivana T. Brandt e Rosangela M. Ribeiro Nogueira, por toda atenção e profissionalismo sempre dispensados às minhas solicitações e demandas.

À minha banca examinadora do doutorado, Cristiano de Campos Nogueira, José Perez Pombal Junior, Priscila Lemes e Délio P. Baêta, pelas excelentes críticas e contribuições.

Por fim, agradeço imensamente à Serra do Mar, pela oportunidade de conhecer e compreender um pouco sobre a sua história e a dos sapos que nela vivem.

RESUMO GERAL

Dentre as serras existentes no leste do Brasil, uma em especial se destaca por ser a primeira grande barreira observada a partir do litoral de partes do sul e sudeste: a Serra do Mar (SM). Com extensão de cerca de 1.500 km, a SM se estende do norte do estado de Santa Catarina ao norte do estado do Rio de Janeiro. A SM possui grande variação altitudinal e diferentes tipos de ambientes, fatores que contribuem para a alta riqueza de espécies endêmicas de diversos grupos taxonômicos, mas principalmente de anfíbios anuros. De fato, um grande número de novas espécies de anuros tem sido descrita para a SM nos últimos anos. Além disso, é crescente a quantidade de estudos sobre a composição de espécies em diversas localidades. No entanto, são praticamente inexistentes pesquisas que explorem a SM como um todo, utilizando abordagens biogeográficas e ecológicas. Para alcançar estes objetivos, a obtenção de dados em coleções científicas é um passo importante, além da complementação de informações com trabalhos de campo e bibliografia. Aqui, utilizando diferentes métodos, exploramos e analisamos aspectos da composição de espécies, padrões de distribuição, endemismo, conservação e diversidade dos anuros da Serra do Mar. A partir de amostragens em coleções científicas, trabalhos de campo e com complementação de dados na literatura científica, obtivemos mais de 28.000 registros de anuros, dos quais mais de 22.000 somente para a SM. Além disso, com o uso de dados geológicos foi possível delimitar a SM com maior detalhamento, melhorando o refinamento das análises e resultados. A SM é, até o momento, a cadeia de montanhas com a maior riqueza de espécies e endemismos de anuros da região Neotropical, com mais de 350 espécies e um nível de endemismo elevado, com mais de 170 espécies restritas à esta formação. Diversas unidades biogeográficas (Elementos bióticos - EBs) foram recuperadas para os anuros da SM, congruentes com os padrões de distribuição para outros táxons. Em geral, os EBs apresentam porcentagem significativa de cobertura florestal, mas possuem menor porcentagem de proteção por unidades de conservação. Adicionalmente, verificamos que algumas áreas com valores elevados de diversidade funcional, estão dentro dos EBs recuperados, embora não em todos. Apesar desta ser uma região de extrema relevância para a biodiversidade, a SM é intensamente pressionada pelo crescimento desordenado de grandes metrópoles, como São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba. Utilizando diferentes abordagens, nosso estudo fornece subsídios novos e relevantes para a conservação desta cadeia de montanhas de importância fundamental para a conservação da biodiversidade global.

Palavras-chave. Anuros, Conservação, Diversidade funcional, Elementos bióticos, Mata Atlântica, Regionalização.

GENERAL ABSTRACT

Among the mountains in the east of Brazil, one is particularly remarkable for being the first major barrier observed from the coast of parts of the south and southeast: the Serra do Mar (SM). With an extension of about 1,500 km, the SM extends from the north of the state of Santa Catarina to the north of the state of Rio de Janeiro. The SM has great altitudinal variation and different types of environments, factors that contribute to the richness of endemic species of several taxonomic groups, but mainly of anuran amphibians. Indeed, a large number of new species of anurans have been described for SM in recent years. Moreover, the number of studies on species composition in several localities of it is increasing. However, there is practically no research that explores SM as a whole, using biogeographical and ecological approaches. To achieve these objectives, obtaining data in scientific collections is an important step, in addition to complementing information with fieldwork and bibliography. Here, using different methods, we explore and analyze aspects of species composition, distribution patterns, endemism, conservation and diversity of SM anurans. By sampling in scientific collections, field work and additional data acquire in the scientific literature, we obtained more than 28,000 records of anurans, of which more than 22,000 only for SM. In addition, with the use of geological data it was possible to delimit SM with greater detail, improving the refinement of the analyzes and results. Serra do Mar is, to date, the mountain chain with the greatest species richness and anuran endemism of the Neotropical region, with more than 350 species and a high level of endemism, with 171 anuran species restricted to this formation. Several biogeographic units (Biotic elements - BEs) were recovered for endemic SM anurans, congruent with distribution patterns for other taxa. In general, BEs present a significant percentage of forest cover, but have a lower percentage of cover by protected areas. In addition, we verified that some areas with high values of functional diversity are within the BEs recovered, but not in all. Although this is a region of extreme relevance for biodiversity, SM is strongly pressured by the disorderly growth of large metropolises such as São Paulo, Rio de Janeiro and Curitiba. Using different approaches, our study provides novel and relevant subsidies for the conservation of this mountain chain of crucial relevance for global biodiversity.

Key-words. Anurans, Atlantic Forest, Biotic elements, Conservation, Functional diversity, Regionalization.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
REFERÊNCIAS	19
Capítulo 1	23
Anurans of Serra do Mar, South and Southwest Brazil: Species composition and distribution patterns.....	23
Abstract.....	25
Resumo	26
Introduction	27
Materials and Methods	29
Results	32
Discussion.....	34
Acknowledgments	39
References	40
Table	48
Figures	48
Table S1.....	53
Capítulo 2	66
Endemismo, vicariância e conservação dos anuros (Amphibia) da Serra do Mar.....	66
Resumo	68
Abstract.....	69
Introdução	70
Materiais e Métodos	72
Resultados.....	78
Discussão	84
Agradecimentos	91
Referências	91
Tabelas.....	99
Figuras	103
Capítulo 3	111
Riqueza e diversidade funcional de anfíbios anuros da Serra do Mar.....	111
Resumo	113
Abstract.....	114
Introdução	115
Materiais e Métodos	117
Resultados.....	122
Discussão	123

Agradecimentos	128
Referências	128
Tabelas.....	136
Figuras	139
Apêndice.....	147
Capítulo 4	148
A new reproductive mode in anurans: Natural history of <i>Bokermannohyla astartea</i>	
(Bokermann, 1967) (Anura: Hylidae) and the description of its tadpole	148
Abstract.....	150
Resumo	151
Introduction	152
Materials and Methods	153
Results	157
Discussion.....	164
Acknowledgments	169
References	170
Tables	176
Figures	178
Appendix	190
Table S1.....	191
Capítulo 5	193
A New Species of <i>Hylodes</i> (Anura, Hylodidae) from Serra do Mar, Southeastern Brazil:	
The Fourth with Nuptial Thumb Tubercles	193
CONCLUSÃO GERAL	206

INTRODUÇÃO GERAL

Cerca de um décimo da superfície terrestre é coberta por montanhas, serras e cordilheiras, excetuando-se a Antártida (KÖRNER et al., 2017; HOORN et al., 2018) (Figura 1). Estas formações geológicas que se elevam a partir do nível do mar até mais de 8.000 m de altitude, são responsáveis por abrigar mais de um terço da biodiversidade do planeta (ANTONELLI, 2015; HOORN et al., 2018; ZIZKA; ANTONELLI, 2018). Estas barreiras naturais influenciam desde processos climáticos até biológicos como a diversificação de espécies. Além disso, o relevo acidentado provoca alterações nas biotas em diferentes escalas em consequência de gradientes ambientais, altitudinais e climáticos (HOORN et al., 2018). Cadeias de montanhas também são importantes fontes de recursos para os seres humanos. Proporcionam desde água potável, madeira e áreas para exploração de minérios, até atrativos paisagísticos, culturais e de biodiversidade (EGAN; PRICE, 2016; KÖRNER et al., 2017).

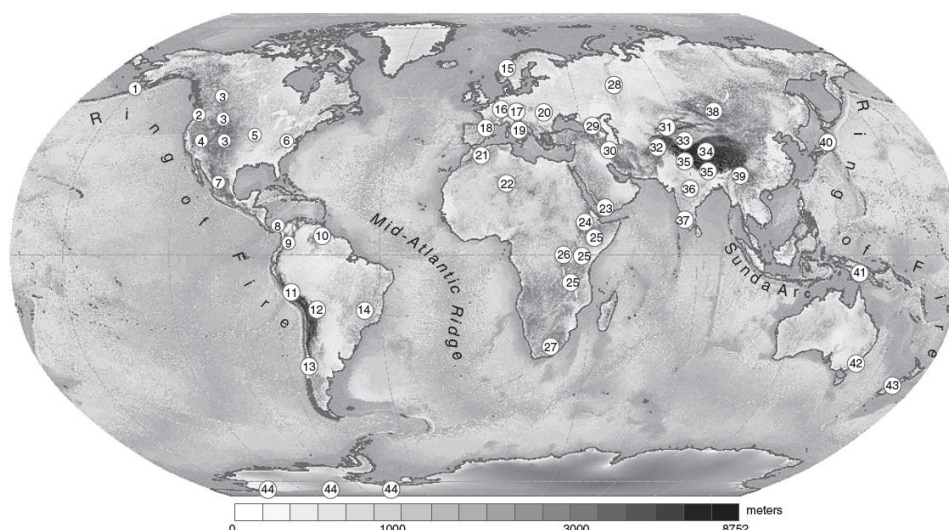


Figura 1. Representação dos principais sistemas de montanhas da Terra. Os números correspondem à distribuição dos diferentes conjuntos de montanhas ao redor do globo. Adaptado de HOORN et al. (2018).

No entanto, hoje quase 400 milhões de pessoas vivem nas bases, encostas ou topos das montanhas em todo o mundo (KÖRNER et al., 2017). Como este significativo volume de ocupação não é distribuído uniformemente, ocasiona impactos onde é maior, pressionando os recursos e a biodiversidade mantidos por estas formações montanhosas. Tais impactos poderão se intensificar com o avanço das mudanças climáticas (KÖRNER et al., 2017; HOORN et al., 2018). Portanto, estudos relacionados à biodiversidade em montanhas são fundamentais para

aumentar o conhecimento destas formações, e serem aplicados na proteção e manejo sustentável destes patrimônios geológicos e biológicos (EGAN; PRICE, 2016; KÖRNER et al., 2017).

Na América do Sul, os principais conjuntos de montanhas estão localizados no norte, centro e sul dos Andes, no Altiplano Boliviano, nas Terras Altas das Guianas e nas Terras Altas Brasileiras (HOORN et al., 2018). Este último conjunto engloba uma série de regiões montanhosas no sul, sudeste, nordeste e centro-oeste do Brasil. As serras do leste do Brasil, localizadas em porções das regiões sul, sudeste e nordeste, registram uma rica biodiversidade, resultado de grandes variações na topografia e vegetação, com endemismos elevados para os mais variados grupos de plantas e animais (SAFFORD, 1999; RIBEIRO, 2006; CRUZ; FEIO, 2007; RAPINI et al., 2008; GUEDES et al., 2014; CHAVES et al., 2015; AZEVEDO et al., 2016; DASILVA et al., 2016).

A Serra do Mar (SM) é uma das maiores cadeias de montanhas do leste brasileiro. Abrangendo porções do sul e sudeste, se estende por cerca de 1.500 km entre o norte do estado de Santa Catarina e o norte do estado do Rio de Janeiro (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998; GONTIJO-PASCUTTI et al., 2012). Inserida completamente no Domínio Morfoclimático da Mata Atlântica (*sensu* AB'SABER, 1977) com altitudes que variam desde o nível do mar a mais de 2.000 m, apresenta padrões climáticos variados, grande diversidade de ambientes úmidos e diferentes fisionomias vegetais (KLEIN, 1984). Esta heterogeneidade ambiental contribui para a presença de espécies endêmicas de diversos grupos taxonômicos como plantas (GARCIA; PIRANI, 2005), opiliões (BRAGAGNOLO et al., 2015) e serpentes (BARBO, 2012). Estes atributos também resultam em uma gigantesca diversidade de anfíbios anuros endêmicos (CRUZ; FEIO, 2007), que estão entre os vertebrados mais ameaçados do mundo (IUCN, 2017), com a maior parte de seus endemismos associados a montanhas e conjuntos serranos (DUELLMAN, 1999; WELLS, 2007).

De fato, há um número constante e crescente de novas espécies de anuros sendo descritas para a SM há décadas (*e.g.*, POMBAL; GORDO, 1991; HADDAD et al., 1996; CASTANHO; HADDAD, 2000; NAPOLI; CARAMASCHI, 2004; CANEDO; POMBAL, 2007; CLEMENTE-DE-CARVALHO et al., 2012; CONDEZ et al., 2014; MALAGOLI et al., 2017; FOLLY et al., 2018), aumentando a importância biológica desta formação, que é pressionada por grandes cidades como Curitiba, São Paulo e Rio de Janeiro. Da mesma forma, o número crescente de estudos que abordam a composição e diversidade de espécies em várias localidades da SM, tem contribuído muito para a melhora do conhecimento sobre a distribuição e composição de espécies, principalmente em escalas locais (*e.g.*, HEYER et al., 1990; POMBAL; HADDAD, 2005; MALAGOLI, 2008, 2013; FORLANI et al., 2010; GAREY et

al., 2014; TREVINE et al., 2014). No entanto, são praticamente inexistentes abordagens mais amplas (*e.g.*, CRUZ; FEIO, 2007), envolvendo a SM como um todo e de forma exclusiva, principalmente na busca por padrões de distribuição, endemismos e diversidade.

Ainda hoje a procura por bancos de dados que permitam estudos com os objetivos citados acima, e que tenham boa resolução geográfica e taxonômica, não é tarefa fácil ou trivial. Algumas das melhores fontes de dados sobre a composição e distribuição geográfica (tanto histórica quanto atual) de espécies, para regiões ou áreas extensas, são as coleções científicas e os museus de história natural (GRAHAM et al., 2004). Tais instituições permitem o acesso a uma ampla variedade de dados, em grande quantidade (GRAHAM et al., 2004) e em um espaço relativamente curto de tempo. Contudo, embora exista uma grande gama de dados disponíveis on-line, muitos deles relacionados a coleções científicas (*e.g.*, GBIF, <https://www.gbif.org/>; IUCN, <http://www.iucnredlist.org/>; Species Link, <http://splink.cria.org.br/>), estes podem não ser totalmente apropriados, pois podem apresentar imprecisões taxonômicas e geográficas que não podem ser corrigidas adequadamente somente pelos dados digitais (GRAHAM et al., 2004). No entanto, mesmo sem a acurácia ideal, estas informações permitem análises que seriam inviáveis há poucas décadas (veja discussão em HEYER, 1988), sobretudo quando utilizadas em escalas mais amplas como biomas e continentes, recuperando padrões e resultados bastante relevantes (*e.g.*, DINIZ-FILHO et al., 2008; LEMES et al., 2013; GUEDES et al., 2018).

Entretanto, para estudos em escalas mais refinadas, como por exemplo uma cadeia de montanhas ou regiões específicas, é necessária uma resolução espacial e taxonômica que a maioria das bases de dados on-line ainda não são capazes de oferecer (veja LEITE, 2012; RIBEIRO et al., 2012; VALDUJO et al., 2012). Portanto, um bom nível de acurácia pode ser atingido mais facilmente a partir da checagem de exemplares nas coleções científicas e museus de história natural, eliminando ou minimizando os principais erros (GRAHAM et al., 2004). Além dos dados obtidos diretamente em coleções, a complementação da base de dados com informações extraídas diretamente de trabalhos de campo e adicionalmente em referências bibliográficas, são igualmente importantes para que a base de dados alcance a maior completude possível (LEITE, 2012; NOGUEIRA et al., 2011; VALDUJO et al., 2012).

Além da escassez de abordagens biogeográficas na SM, também não são comuns estudos focados na diversidade em cadeias de montanhas por completo. Ainda mais incomuns são pesquisas relacionadas à diversidade em unidades biogeográficas naturais (ROY et al., 2004; VIOLLE et al., 2014). As métricas usuais de diversidade que consideram somente o número de espécies e suas contribuições relativas se mostram pouco eficientes em prever os

processos responsáveis pela estruturação e funcionamento das comunidades (CIANCIARUSO et al., 2009). Métodos de análise que utilizam conjuntamente informações filogenéticas, atributos funcionais das espécies e biogeografia têm sido empregados resultando em abordagens mais objetivas sobre os fatores estruturadores das comunidades (*e.g.*, GRAHAM et al., 2009; MOUQUET et al., 2012). A diversidade filogenética incorpora a história evolutiva das espécies (FAITH, 1992; MAGURRAN, 2004), sendo que uma comunidade que apresenta táxons filogeneticamente distantes possui maior diversidade filogenética (SOBRAL; CIANCIARUSO, 2012). Já a diversidade funcional é o valor e a variação das características das espécies que influenciam o funcionamento das comunidades e ecossistemas (TILMAN, 2001; PETCHEY; GASTON, 2002, 2006). As características funcionais podem ser morfológicas ou de histórias de vida, e, ao serem mensuradas, podem ser associadas ao funcionamento de um determinado ecossistema (CIANCIARUSO, 2009; SOBRAL; CIANCIARUSO, 2012). Assim, ambas as medidas de diversidade (filogenética e funcional) podem ser utilizadas para inferir processos que influenciam a estrutura de comunidades em diferentes escalas. Estes processos podem ser contemporâneos, como competição e filtros ambientais, mas também históricos e evolutivos, como a atuação de barreiras geográficas (GRAHAM et al., 2009; LEIBOLD et al., 2004, 2010; WEBB, 2000; WEBB et al., 2002). Portanto, ao invés de utilizar somente as medidas mais comuns de diversidade, o uso de métricas mais informativas podem fornecer pistas e evidências mais significativas sobre a dinâmica de padrões biogeográficos e macroecológicos (ROY et al., 2004).

Um dos principais benefícios de se realizar um estudo com uma abordagem mais ampla e integrativa na SM, é a possibilidade de contribuir para uma melhor compreensão dos componentes históricos e biogeográficos desta cadeia de montanhas, além da produção de subsídios inéditos e relevantes para sua conservação.

Assim, o objetivo geral deste trabalho foi explorar e analisar aspectos da composição de espécies, padrões de distribuição, endemismo, conservação e diversidade dos anfíbios anuros da Serra do Mar, uma região de extrema relevância para a conservação da biodiversidade (MORELLATO; HADDAD, 2000; MYERS et al., 2000). O ponto de partida para a realização deste estudo foi a produção de uma base de dados refinada a partir de três fontes: (1) conferência física de exemplares tombados em coleções científicas, (2) trabalhos de campo em localidades pouco amostradas, e (3) complementação com informações obtidas na literatura científica. Esta compilação de informações resultou em 28.804 registros de ocorrência de anuros (Figura 2). Adicionalmente obtivemos 12 medidas morfológicas de mais de 8.500 exemplares adultos de

anuros, de mais de 400 espécies, a fim de acessarmos informações relevantes tanto para uso na taxonomia, como em abordagens relacionadas a atributos funcionais das espécies.

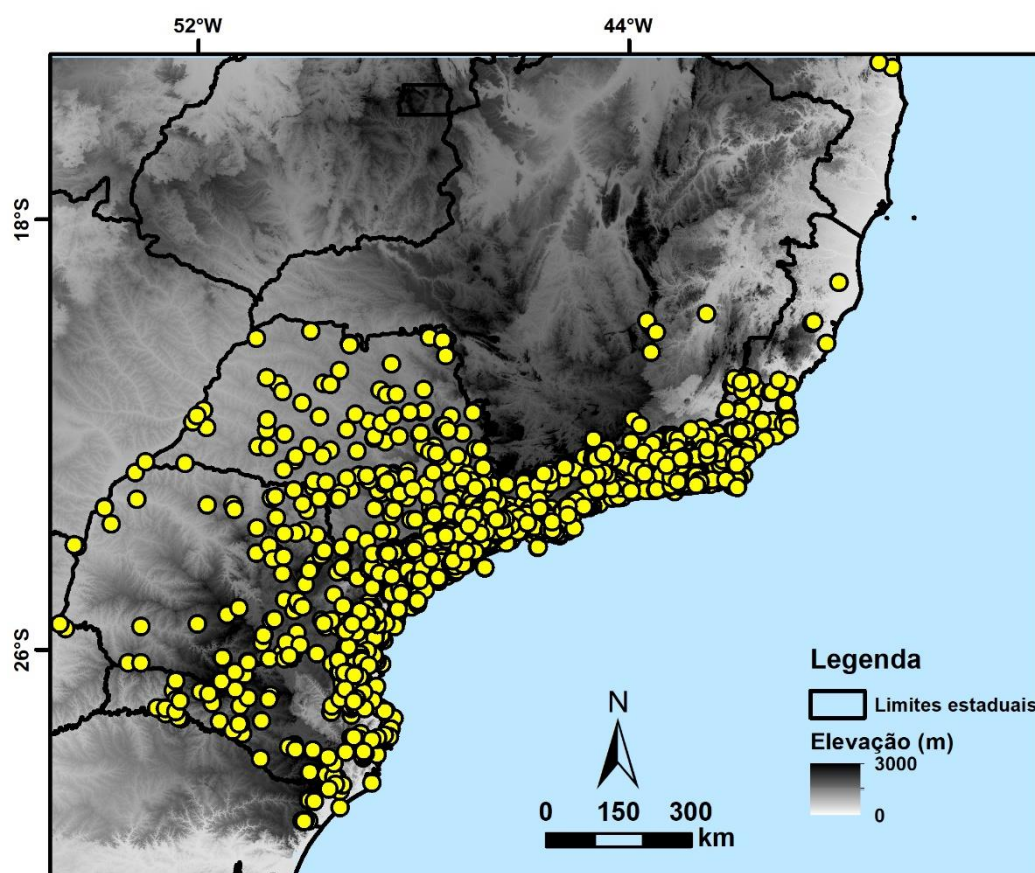


Figura 2. Pontos de ocorrência de anuros obtidos para a realização deste estudo.

Esta tese está organizada em cinco capítulos que se encontram em diferentes fases de desenvolvimento e abrangem diferentes tópicos. Considerando que a área de estudo é a mesma, alguns trechos e abordagens metodológicas podem se repetir ao longo dos diferentes capítulos. O primeiro capítulo, detalha cuidadosamente a área de estudo e trata sobre a composição e padrões de distribuição dos anuros da SM. Apresentamos uma listagem atualizada de todas as espécies (endêmicas e não endêmicas) que ocorrem na SM e descrevemos detalhadamente os seus padrões de distribuição e endemismo. No segundo capítulo, testamos pela primeira vez o modelo de diversificação por vicariância para os anuros endêmicos da SM e propomos unidades biogeográficas naturais para esta formação. Adicionalmente, analisamos o quanto das unidades biogeográficas recuperadas possuem de áreas florestadas e estão protegidas pelas unidades de conservação de proteção integral da SM. No terceiro capítulo, exploramos a riqueza e a diversidade funcional existente na SM como um todo e também nas unidades biogeográficas recuperadas no capítulo 2. Nos capítulos seguintes (4 e 5), abordamos com maior profundidade

duas espécies endêmicas da SM. No quarto capítulo, descrevemos o girino e a história natural de *Bokermannohyla astartea*, uma espécie restrita à porção central da SM, que apresenta um modo reprodutivo ainda não descrito. Finalmente, no quinto e último capítulo, já publicado, descrevemos uma nova espécie do gênero *Hylodes*, pertencente ao grupo de *Hylodes phyllodes*, restrita à porção central da SM.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Os domínios morfoclimáticos na América do sul. Primeira aproximação. **Geomorfologia**, v. 53, p. 1-23, 1977.
- ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 28, p. 135-150, 1998.
- ANTONELLI, A. Multiple origins of mountain life. **Nature**, v. 524, p. 300-301, 2015.
- AZEVEDO, J. A. R.; VALDUJO, P. H.; NOGUEIRA, C. C. Biogeography of anurans and squamates in the Cerrado hotspot: coincident endemism patterns in the richest and most impacted savanna on the globe. **Journal of Biogeography**, v. 43, p. 2454-2464, 2016.
- BARBO, F. E. **Biogeografia histórica e conservação das serpentes da floresta pluvial atlântica costeira do Brasil**. 2012. 173 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2012.
- BRAGAGNOLO, C.; PINTO-DA-ROCHA, R.; ANTUNES JR., M.; CLOUSE, R. M. Phylogenetics and phylogeography of a long-legged harvestman (Arachnida: Opiliones) in the Brazilian Atlantic Rain Forest reveals poor dispersal, low diversity and extensive mitochondrial introgression. **Invertebrate Systematics**, v. 29, n. 4, p. 386-404, 2015.
- CASTANHO, L. M.; HADDAD, C. F. B. New species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) from Guaraqueçaba, Atlantic forest of Brazil. **Copeia**, 2000, p. 777-781, 2000.
- CANEDO, C.; POMBAL JR., J. P. Two new species of torrent frog of the genus *Hylodes* (Anura, Hylodidae) with nuptial thumb tubercles. **Herpetologica**, v. 63, p. 224-235, 2007.
- CHAVES, A. V.; FREITAS, G. H. S.; VASCONCELOS, M. F.; SANTOS, F. R. Biogeographic patterns, origin and speciation of the endemic birds from eastern Brazilian mountaintops: a review. **Systematics and Biodiversity**, 2014, p. 1-16, 2015.
- CIANCIARUSO, M. V.; SILVA, I. A.; BATALHA, M. A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a ecologia de comunidades. **Biota Neotropica**, v. 9, p. 1-11, 2009.
- CLEMENTE-CARVALHO, R. B. G.; GIARETTA, A. A.; CONDEZ, T. H.; HADDAD, C. F. B.; REIS, S. F. A new species of miniaturized toadlet, genus *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae), from the Atlantic Forest of Southeastern Brazil. **Herpetologica**, v. 68, p. 365-374, 2012.
- CONDEZ, T. H.; CLEMENTE-CARVALHO, R. B. G.; HADDAD, C. F. B.; REIS, S. F. A new species of *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from the highlands of the Atlantic Forest, southeastern Brazil. **Herpetologica**, v. 70, p. 89-99, 2014.
- CRUZ, C. A. G.; FEIO, R. N. Endemismos em anfíbios em áreas de altitude na Mata Atlântica no Sudeste do Brasil. In: NASCIMENTO, L. B.; OLIVEIRA, M. E. (Ed.). **Herpetologia no Brasil II**. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte, 2007. p. 117-126.
- DASILVA, M. B.; PINTO-DA-ROCHA, R.; DESOUSA, A. M. História biogeográfica da Mata Atlântica: opiliões (Arachnida) como modelo para sua inferência. In: CARVALHO

- C. J. B., ALMEIDA, E. A. B. (Ed.). **Biogeografia da América do Sul: Análise de Tempo, Espaço e Forma**. 2ª ed. São Paulo: Editora Roca, 2016. p. 227-244.
- DUELLMAN, W. E. Distribution patterns of amphibians in South America. In: DUELLMAN, W.E. (Ed.). **Patterns of distribution of amphibians: a global perspective**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 1999. p. 255-328.
- DINIZ-FILHO, J. A. F.; BINI, L. M.; VIEIRA, C. M.; BLAMIRE, D.; TERRIBILE, L. C.; BASTOS, R. P.; OLIVEIRA, G.; BARRETO, B. S. Spatial patterns of terrestrial vertebrate species richness in the Brazilian Cerrado. **Zoological Studies**, v. 47, n. 2, p. 146-157, 2008.
- EGAN, P.; PRICE, M. F. **Mountain ecosystem services and climate change - a global overview of potential threats and strategies for adaptation**. UNESCO, Paris, p. 1-33, 2016.
- FAITH, D. P. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. **Biological Conservation**, v. 61, p. 1-10, 1992.
- FORLANI, M. C.; BERNARDO, P. H.; HADDAD, C. B. F.; ZAHER, H. Herpetofauna do Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 3, p. 265-309, 2010.
- FOLLY, M.; HEPP, F.; CARVALHO-E-SILVA, S. P. A new bromeligenous species of *Fritziana* Mello-Leitão, 1937 (Amphibia: Anura: Hemiphractidae) from High Elevations in the Serra Dos Órgãos, Rio de Janeiro, Brazil. **Herpetologica**, v. 74, 58–72, 2018.
- GARCIA, R. J. F.; PIRANI, J. R. Análise florística, ecológica e fitogeográfica do Núcleo Curucutu, Parque Estadual da Serra do Mar (São Paulo, SP), com ênfase nos campos junto à crista da Serra do Mar. **Hoehnea**, v. 32, n. 1, 1-48, 2005.
- GAREY, M. V.; PROVETE, D. B.; MARTINS, I. A.; HADDAD, C. F. B.; ROSSA-FERES, D. C. Anurans from the Serra da Bocaina National Park and surrounding buffer area, southeastern Brazil. **Check List**, v. 10, n. 2, p. 308-316, 2014.
- GONTIJO-PASCUTTI, A. H. F.; HASUI, Y.; SANTOS, M., SOARES JÚNIOR, A. V.; SOUZA, I. A. As Serras do Mar e da Mantiqueira. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (Org.) **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 549-571.
- GRAHAM, C. H.; FERRIER, S.; HUETTMAN, F.; MORITZ, C.; PETERSON, A. T. New developments in museum-based informatics and applications in biodiversity analysis. **Trends in ecology and evolution**, v. 19, p. 497-503, 2004.
- GRAHAM, C. H.; PARRA, J. L.; RAHBK, C.; MCGUIRE, J. A. Phylogenetic structure in tropical hummingbird communities. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, p. 513-513, 2009.
- GUEDES, T. B.; SAWAYA, R. J.; ZIZKA, A.; LAFFAN, S.; FAURBY, S.; PYRON, R. A.; BERNILS, R. S.; JANSEN, M.; PASSOS, P.; PRUDENTE, A. L. C.; CISNEROS-HEREDIA, D. F.; BRAZ, H. B.; NOGUEIRA, C. C.; ANTONELLI, A. Patterns, biases and prospects in the distribution and diversity of Neotropical snakes. **Global Ecology and Biogeography**, v. 27, p. 14-21, 2018.
- HADDAD, C. F. B., POMBAL, JR., J. P.; BASTOS, R. P. New species of *Hylodes* from the Atlantic forest of Brazil (Amphibia: Leptodactylidae). **Copeia**, 1996, p. 965-969, 1996.
- HEYER, W.R. On Frog Distribution Patterns East of the Andes. In: VANZOLINI, P.E.; HEYER W.R. (eds). **Proceedings of a Workshop on Neotropical Distribution Patterns**, Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 1988. p. 245-273.
- HEYER, W. R.; RAND, A. S.; CRUZ, C. A. G.; PEIXOTO, O. L. M.; NELSON, C. E. Frogs of Boracéia. **Arquivos de Zoologia**, v. 31, n. 4, p. 231-410, 1990.

- HOORN, C.; PERRIGO, A.; ANTONELLI, A. Mountains, climate and biodiversity: an introduction. In: HOORN, C.; PERRIGO, A.; ANTONELLI, A. (eds.). **Mountains, climate and biodiversity**. Wiley-Blackwell Press, First Edition, 2018. p. 1-13.
- IUCN. 2017. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2017-3. <<http://www.iucnredlist.org>>. Downloaded on 08 June 2018.
- KLEIN, R.M. Aspectos dinâmicos da vegetação do sul do Brasil. **Sellowia**, v. 36, p. 5-54, 1984.
- KÖRNER, C.; JETZ, W.; PAULSEN, J.; PAYNE, D.; RUDMANN-MAURER, K.; SPEHN, E.M. A global inventory of mountains for bio-geographical applications. **Alpine Botany**, v. 127, p. 1-15, 2017.
- LEIBOLD, M. A.; HOLYOAK, M.; MOUQUET, N.; AMARASEKARE, P.; CHASE, J. M.; HOOPES, M. F.; HOLT, R. D. SHURIN J. B.; LAW, R.; TILMAN, D.; LOREAU, M.; GONZALEZ, A. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. **Ecology Letters**, v. 7, p. 601-613, 2004.
- LEIBOLD, M. A.; ECONOMO, E. P.; PEREZ-NETO, P. Metacommunity phylogenetics: separating the roles of environmental filters and historical biogeography. **Ecology Letters**, v. 13, p. 1290-1299, 2010.
- LEITE, F. S. F. **Taxonomia, biogeografia e conservação dos anfíbios da Serra do Espinhaço**. 2012. 123 f. Tese (Doutorado em Ecologia Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- LEMES, P.; MELO, A. S.; LOYOLA, R. D. Climate change threatens protected areas of the Atlantic Forest. **Biodiversity and Conservation**, v. 23, p. 357-368, 2013.
- MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Science Ltd, 2004. p. 256.
- MALAGOLI, L. R. Anfíbios do município de São Paulo: histórico, conhecimento atual e desafios para a conservação. In: MALAGOLI, L. R.; BAJESTEIRO, F. B.; WHATELY, M. (orgs). **Além do concreto: contribuições para a proteção da biodiversidade paulistana**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2008. p. 204-231.
- MALAGOLI, L. R. **Diversidade e distribuição dos anfíbios anuros do Núcleo Curucutu, Parque Estadual da Serra do Mar, SP**. 2013. 223 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2013.
- MALAGOLI, L. R., DE SÁ, F. P., CANEDO, C., HADDAD, C. F. B. A new species of *Hyloides* (Anura, Hylodidae) from Serra do Mar, southeastern Brazil: The fourth with nuptial thumb tubercles. **Herpetologica**, v. 73, p. 136-147, 2017.
- MORELLATO, L. P. C.; HADDAD, C. F. B. The Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v. 32, n. 4b, p. 786-792, 2000.
- MOUQUET, N.; DEVICTOR, V.; MEYNARD, C. N.; MUNOZ, F.; BERSIER, L. F.; CHAVE, J.; COUTERON, P.; DALECKY, A.; FONTAINE, C.; GRAVEL, D.; HARDY, O. J.; JABOT, F.; LAVERGNE, S.; LEIBOLD, M.; MOUILLOT, D.; MÜNKEMÜLLER, T.; PAVOINE, S.; PRINZING, A.; RODRIGUES, A. S. L.; ROHR, R. P.; THÉBAULT, E.; THUILLER, W. Ecophylogenetics: advances and perspectives. **Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 87, p. 769-785, 2012.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NAPOLI, M. F.; CARAMASCHI, U. Two new species of the *Hyla circumdata* group from Serra do Mar and Serra da Mantiqueira, southeastern Brazil, with description of the advertisement call of *Hyla ibitipoca* (Anura, Hylidae). **Copeia**, 2004, p. 534-545, 2004.

- NOGUEIRA, C. C.; RIBEIRO, S.; COSTA, G. C.; COLLI, G. R. Vicariance and endemism in a Neotropical savanna hotspot: distribution patterns of Cerrado squamate reptiles. **Journal of Biogeography**, v. 38, p. 1907-1922, 2011.
- PETCHEY, O. L.; GASTON, K. J. Functional Diversity (FD), species richness, and community composition. **Ecology Letters**, v. 5, n. 3, p. 402-411, 2002.
- PETCHEY, O. L.; GASTON, K. J. Functional diversity: back to basics and looking forward. **Ecology Letters**, v. 9, n. 6, p. 741-758, 2006.
- POMBAL JR., J. P.; GORDO, M. Duas novas espécies de *Hyla* da Mata Atlântica no estado de São Paulo (Amphibia, Anura). **Memórias do Instituto Butantan**, v. 53, p. 135-144, 1991.
- POMBAL JR., J. P.; HADDAD, C.F.B. Estratégias e modos reprodutivos de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 45, p. 201-213, 2005.
- RAPINI, A.; RIBEIRO, P. L.; LAMBERT, S.; PIRANI, J. R. A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, v. 4, p. 15-23, 2008.
- RIBEIRO, A. C. Tectonic history and the biogeography of the freshwater fishes from the coastal drainages of eastern Brazil: an example of faunal evolution associated with a divergent continental margin. **Neotropical Ichthyology**, v. 4, p. 225-246, 2006.
- RIBEIRO, P. L.; RAPINI, A.; SOARES-E-SILVA, U. C.; KONNO, T. U. P.; DAMASCENA, L. S.; VAN DEN BERG, C. Spatial analyses of the phylogenetic diversity of *Minaria* (Apocynaceae): assessing priority areas for conservation in the Espinhaço Range, Brazil. **Systematics and Biodiversity**, v. 10, p. 317-331, 2012.
- ROY, K.; JABLONSKI, D.; VALENTINE, J. W. Beyond species richness: biogeographic patterns and biodiversity dynamics using other metrics of diversity. In: LOMOLINO, M. V.; HEANEY, L. R. (eds.). **Frontiers of biogeography: new directions in the geography of nature**. Sunderland, MA: Sinauer, 2004. p. 151-170.
- SAFFORD, H. D. Brazilian Páramos I. An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography**, v. 26, p. 693-712, 1999.
- SOBRAL, F. L.; CIANCIARUSO, M. V. Estrutura filogenética e funcional de assembleias: (re)montando a ecologia de comunidades em diferentes escalas espaciais. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 617-631, 2012.
- TILMAN, D. Functional diversity. In: LEVIN, S. A. (ed.). **Encyclopedia of biodiversity**. Academic Press, San Diego, 2001. p. 109-120.
- TREVINE, V.; FORLANI, M. C.; HADDAD, C. F. B.; ZAHER, H. Herpetofauna of Paranapiacaba: Expanding our knowledge on a historical region in the Atlantic forest of southeastern Brazil. **Zoologia**, v. 31, p. 126-146, 2014.
- VALDUJO, P. H.; SILVANO, D. L.; COLLI, G.; MARTINS, M. Anuran species composition and distribution patterns in Brazilian Cerrado, a Neotropical hotspot. **South American Journal of Herpetology**, v. 7, p. 63-78, 2012.
- VIOLE, C.; REICH, P. B.; PACALA, S. W.; ENQUIST, B. J.; KATTGE, J. The emergence and promise of functional biogeography. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, p. 13690-13696, 2014.
- WEBB, C. O. Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: an example for rain forest trees. **The American Naturalist**, v. 156, p. 145-155, 2000.
- WEBB, C. O.; ACKERLY, D. D.; MCPEEK, M. A.; DONOGHUE, M. J. Phylogenies and community ecology. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 33, p. 475-505, 2002.
- WELLS, K. **The ecology and behavior of amphibians**. The University of Chicago Press, Chicago, 2007.
- ZIZKA, A.; ANTONELLI, A. Mountains of diversity. **Nature**, v. 555, p. 173-174, 2018.

CONCLUSÃO GERAL

A partir de informações obtidas em diferentes fontes (coleções científicas, trabalhos de campo e literatura científica), juntamente com o uso de dados fisiográficos, atualizamos e produzimos novos resultados sobre a biodiversidade dos anfíbios anuros da Serra do Mar, com as principais conclusões comentadas abaixo.

- A Serra do Mar é a cadeia de montanhas que possui a maior riqueza de anfíbios anuros da região Neotropical até o momento. O número de espécies endêmicas de anuros para esta formação é notável e sem precedentes em outros complexos montanhosos do mundo. A distribuição dos anuros endêmicos da Serra do Mar apresenta padrão relacionado às suas porções sul, central e norte.

- A partir da análise de elementos bióticos verificamos que a diversificação por vicariância foi um processo importante no surgimento de muitas das espécies endêmicas de anuros da Serra do Mar. Recuperamos 22 unidades biogeográficas (também denominadas elementos bióticos) para este complexo serrano, das quais muitas são semelhantes às unidades biogeográficas já recuperadas para opiliões. Embora boa parte destas unidades biogeográficas estejam inseridas em áreas que ainda possuem significativos remanescentes florestais, estas são pouco protegidas pelas Unidades de Conservação de proteção integral.

- Avaliamos pela primeira vez a distribuição da riqueza e da diversidade funcional dos anuros da Serra do Mar. Além disso, verificamos que parte das unidades biogeográficas da Serra do Mar (Elementos Bióticos) possuem valores significativos de diversidade funcional.

- Observações obtidas principalmente em trabalhos de campo nos levaram a descoberta de um novo modo reprodutivo para os anfíbios anuros, descrito para a perereca-de-Paranapiacaba, *Bokermannohyla astartea*, espécie endêmica da porção central da Serra do Mar.

- Reunindo dados obtidos em trabalhos de campo e coleções científicas, descrevemos uma nova espécie de *Hylodes* do grupo de *H. lateristrigatus*, o *Hylodes caete*, que é endêmico da porção central da Serra do Mar.