



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

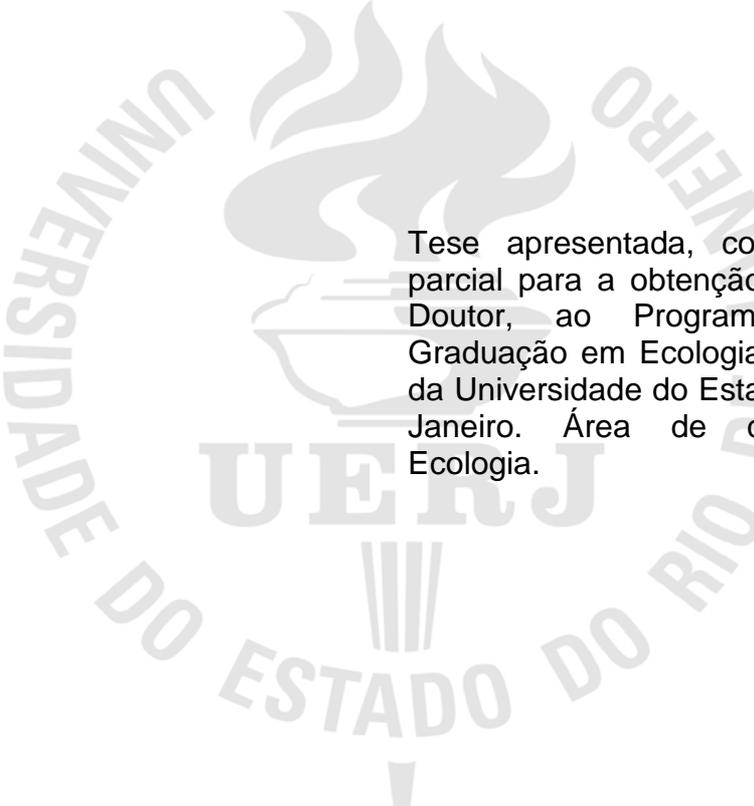
Manuela dos Santos Pereira

**Comunidade de anfíbios anuros na Mata Atlântica da Reserva
Natural Salto Morato, Paraná, sul do Brasil: diversidade,
distribuição altitudinal e conservação**

Rio de Janeiro
2016

Manuela dos Santos Pereira

**Comunidade de anfíbios anuros na Mata Atlântica da Reserva Natural Salto
Morato, Paraná, sul do Brasil: diversidade, distribuição altitudinal e
conservação**



Tese apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Evolução, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Duarte Rocha

Rio de Janeiro

2016

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/A

P436 Pereira, Manuela dos Santos.
Comunidade de anfíbios anuros na Mata Atlântica da Reserva Natural Salto Morato, Paraná, sul do Brasil: diversidade, distribuição altitudinal e conservação. – 2016.
f. :il.

Orientador: Carlos Frederico Duarte da Rocha
Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.

1. Anuro - Ecologia - Teses. 2. Anuro - Reserva Natural Salto Morato - Teses. I. Rocha, Carlos Frederico Duarte da. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. III. Título.

CDU 597.8(816.2)

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Manuela dos Santos Pereira

Comunidade de anfíbios anuros na Mata Atlântica da Reserva Natural Salto Morato, Paraná, sul do Brasil: diversidade, distribuição altitudinal e conservação

Tese apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Evolução, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ecologia.

Aprovada em 22 de fevereiro de 2016.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Carlos Frederico Duarte Rocha (Orientador)
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Prof.^a Dra. Luciana Ardenghi Fusinatto
Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

Prof. Dr. Hélio Ricardo da Silva
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. José Perez Pombal Junior
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof.^a Dra. Jane Célia Ferreira de Oliveira
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Rio de Janeiro

2016

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese à memória da minha mãe Margarete, com muito amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Margarete e Getúlio por terem me dado a vida.

Especialmente à minha mãe, que nunca mediu esforços para me dar o melhor possível, por ter sido tão dedicada e responsável na minha criação, por ter me colocado todas as vezes em primeiro lugar. Se cheguei até aqui, foi graças ao seu empenho e amor incondicional. Sou muito grata e espero um dia poder retribuir tamanha dedicação através dos meus filhos, seus netos.

À minha família, especialmente a minha tia Erony e primo Djalmo por me incentivarem para seguir buscando alcançar meus objetivos e sonhos, mesmo estando distante de vocês. É muito bom contar com vocês como um porto seguro, especialmente depois da passagem da minha mãe.

Ao Luiz, por toda a ajuda em campo, pelas revisões de inglês dos meus manuscritos e pelas discussões que me ajudaram muito. Acima disto, sou grata pelo amor, pelo carinho, pelas inúmeras e maravilhosas trocas, pelos insights e entendimentos que atingimos juntos, pelo cuidado, pelo incentivo, por querer me ver sempre melhor, por me dar tudo o que você pode, por ser meu amigo e meu amante. Vejo o quanto crescemos ao longo da nossa caminhada juntos.

Ao meu orientador, Fred Rocha, por ter confiado em mim desde antes de nos conhecermos pessoalmente. Por ser tão presente e estar sempre disponível em todas as vezes que eu precisei. Por transmitir o seu conhecimento, sem me esconder nada, como um verdadeiro Mestre deve fazer. Por me inspirar, por conta do seu exemplo, a não desanimar, e a trabalhar sempre com competência, entusiasmo e alegria. Sou muito grata!

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Evolução (PPGEE) pela oportunidade de aprender com vocês.

Ao Departamento de Ecologia (Decol), em especial à Secretaria do PPGEE (Henrique e Sonia e mais recentemente a Verusca), pelas facilidades e disponibilidade durante todo esse período.

Aos meus colegas do laboratório, por me ajudarem prontamente todas as vezes que eu precisei e pelas trocas sempre positivas e valiosas.

À Gisa pela a elaboração de alguns mapas e à Jane pelas revisões e ideias discutidas. As duas pela amizade sincera e por estarem sempre de braços abertos para me acolher. Meninas, vocês são duas guerreiras! Uma honra ter vocês como amigas.

Ao Daniel, outro guerreiro, que se tornou um grande amigo nesses anos. A tua força me inspira e a tua amizade é um presente de Deus.

À Tcheily, meu “braço direito” (quicá uma perninha também, rs) em campo. Amiga, muito grata por tudo! Eu agradeço a Deus e ao Fred por terem te colocado na minha vida. Menina simples, forte, linda, dedicada, amiga, inteligente, tenho mil predicados para você!

À Adriane, André, Bárbara, Daniel, Douglas, Fred, Jane, Joarez, Junior, Luiz, Maria Carolina, Thiago, Thiago Maia e Rodolfo, pela ajuda no campo, sem vocês seria impossível chegar até aqui!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida.

À Fundação Grupo o Boticário de Proteção à Natureza (FBPN) através da Reserva Natural Salto Morato (RNSM) pelo apoio ao projeto de doutorado.

Ao Sr. Miguel Krigsner e ao Sr. Miguel Milano, que idealizaram a FBPN e puderam me proporcionar o local ideal para eu desenvolver praticamente todos os meus estudos até o momento. Grata também pela iniciativa de proteção e conservação da RNSM, uma preciosidade para todos nós.

Aos funcionários da RNSM, Dona Eloína, Seu Pedro, Lino, Valdir, Sifredo, Dona Audete e Jesiel, por toda a ajuda e todo o carinho. Vocês são como uma família para mim. Sou muito grata por tudo!

Ao Eros e ao Ozeas que estiveram sempre muito dispostos toda vez que eu estive em campo. Pelas conversas agradáveis e pela amizade construída.

Ao Rodolfo que também esteve sempre disposto para me ajudar com a pesquisa. Pelas tantas conversas e pela boa companhia. Por ser tão amigo e por me incentivar sempre que tive uma nova ideia! Pela elaboração de grande parte dos mapas desta tese e pelos dados da área de superfície de relevo da RNSM.

Ao Sr. Clarinho e demais mateiros que me ajudaram com nossas “coisas” na subida daquela montanha interminável muitas vezes. Sem vocês, eu também não teria chegado (literalmente!) a lugar nenhum neste trabalho.

Ao José Pombal Junior (Museu Nacional) e ao Julio de Moura Leite (Museu Capão da Imbuia) pela ajuda na identificação dos anuros e por me receberem sempre tão bem nos respectivos Museus.

À Carla Siqueira pela revisão desta tese com excelentes e valiosas contribuições.

Aos meus eternos mestres professores da Universidade de Passo Fundo (UPF). Sempre serei grata a vocês, que foram a fonte primária das minhas inspirações profissionais. Muito do que sou se deve a base sólida que eu recebi na minha eterna casa, a UPF. Especialmente agradeço a Carla, Thais, Simone, Noeli e João, muito grata!

À Eulalia pela revisão da linguagem em parte desta tese. Agradeço também pelos ensinamentos e pela amizade.

Aos amigos de toda hora Adriane, Adriano, Douglas, Fred, Joana, Luis Felipe, Paula e Tales. Vocês serão sempre meus amigos, e mesmo distante sinto vocês bem pertinho de mim. Gratidão por tudo! Estou aqui para o que der e vier!

Ao governo do estado do Paraná, através da Polícia Militar, pelo excelente e eficiente trabalho de resgate da Maria Carolina no pico do Morato.

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros.
A sabedoria, se aprende é com a vida e com os humildes.”
Cora Coralina

RESUMO

SANTOS-PEREIRA, Manuela. *Comunidade de anfíbios anuros na Mata Atlântica da Reserva Natural Salto Morato, Paraná, sul do Brasil: diversidade, distribuição altitudinal e conservação*. 2016. 125f. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

Este estudo aborda a composição e a variação espacial da comunidade de anfíbios anuros ao longo de um gradiente altitudinal desde os 25 até os 918 m acima do nível do mar (m anm), na Reserva Natural Salto Morato (RNSM), Paraná, sul do Brasil. Para a coleta dos anuros a metodologia empregada foi de transectos com procura ativa. Um total de 41 espécies de anuros foi registrada em Salto Morato no presente estudo. A família mais representativa foi a Hylidae (15 espécies, 36,6% do total), seguida por Brachycephalidae (oito espécies, 19,5%) e Bufonidae e Leptodactylidae (cinco espécies cada, 12,2% cada). Considerando outros estudos prévios realizados na RNSM os dados indicam que, atualmente, 54 espécies de anuros são registradas como ocorrendo na área, sendo a maioria destas, endêmicas da Mata Atlântica (94,4% do total). Esta riqueza de espécies em Salto Morato, corresponde a 36,5% do total de 148 espécies de anuros registradas para ocorrer no estado do Paraná, através do levantamento dos estudos realizados no Estado, pela presente tese. Os anuros *Ischnocnema sambaqui*, *Cycloramphus mirandaribeiroi* e *Brachycephalus tridactylus* são endêmicos do estado do Paraná, sendo esta última espécie um micro-endêmico da RNSM, encontrado somente na porção mais elevada da Reserva (de 800 a 930 m anm). Nenhuma espécie de anuro registrada na RNSM consta listada como ameaçada de extinção nas listas vermelhas (estadual, brasileira e mundial). No entanto, quatro espécies de anuros (*Ischnocnema sambaqui*, *Cycloramphus mirandaribeiroi*, *Cycloramphus asper*, *Gastrotheca microdiscus* e *Hylodes heyeri*), são categorizadas como “Dados Deficientes” (DD). A riqueza empírica de anuros apresentou um decréscimo linear conforme aumentou a altitude na RNSM e os maiores valores de riqueza foram registrados nas altitudes mais baixas até 100 m anm (n = 24), diminuindo até a região do cume da RNSM nos 918 m anm (n = 13), especialmente com um declínio considerável entre 101-200 m anm (n = 14) e um aumento de riqueza entre 501-600 m anm (n = 20). A altitude (refletindo os parâmetros ambientais), a área, os ecótonos (entre as diferentes formações vegetacionais) e o efeito Rapoport explicaram a riqueza e a composição de espécies de anuros ao longo do gradiente altitudinal na RNSM. Por outro lado, o Efeito do Domínio Médio não explicou a riqueza de espécies de anuros na Reserva, ou seja, não houve uma maior riqueza de espécies em altitudes intermediárias pelo aumento na sobreposição da distribuição das espécies de anuros. A elevada riqueza de anuros na RNSM, combinada às altas taxas de endemismos registradas e, ainda, à presença de populações de espécies para as quais os dados atualmente disponíveis não permitiram definir o seu status de conservação, reforça a importância da RNSM para a conservação e para a manutenção das populações e comunidades de anuros do bioma Mata Atlântica.

Palavras-chave: Altitude. Anura. Efeito do Domínio Médio. Efeito Rapoport. Mata Atlântica.

ABSTRACT

SANTOS-PEREIRA, Manuela. *Amphibian anuran community in the Atlantic Forest of the Reserva Natural Salto Morato, Paraná, southern Brazil: diversity, altitudinal distribution and conservation*. 2016. 125f. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

This study addresses the composition and spatial variation of amphibians anurans community along an altitudinal gradient from 25 up to 918 m above sea level (m asl), in the Salto Morato Nature Reserve (RNSM), Paraná, southern Brazil. To collect the frogs the methodology used was transects with active search. A total of 41 frog species was recorded in the Salto Morato in this study. The most representative family was Hylidae (15 species, 36.6% of the total), followed by Brachycephalidae (eight species, 19.5%) and Bufonidae and Leptodactylidae (five species each, 12.2% each). Considering other previous studies in the RNSM, the data indicate that currently 54 frog species are recorded as occurring in the area, and most of these, are endemic to the Atlantic Forest (94.4% of total). This species richness in Salto Morato, corresponding to 36.5% of the 148 frog species recorded to occur in the state of Paraná, through the survey of studies conducted in the state, by this thesis. The frogs *Ischnocnema sambaqui*, *Cycloramphus mirandaribeiroi* and *Brachycephalus tridactylus* are endemic to the state of Paraná, the latter being a micro-endemic species to the RNSM, found only in the highest portion of the Reserve (800-930 m asl). None species of frog recorded in RNSM consists listed as endangered on the Red List (state, Brazilian and world). However, four frog species (*Ischnocnema sambaqui*, *Cycloramphus mirandaribeiroi*, *Cycloramphus asper*, *Gastrotheca microdiscus* and *Hylodes heyeri*) are categorized as "Data Deficient" (DD). The empirical richness of frogs showed a linear decrease with increased altitude in the RNSM and the greatest richness were recorded in lower altitudes up to 100 m asl (n = 24), decreasing to the region from the summit of the RNSM in 918 m asl (n = 13), especially with a considerable decline between 101-200 m asl (n = 14) and an increase in richness between 501-600 m asl (n = 20). The altitude (reflecting environmental parameters), the area, the ecotones (between different vegetation formations) and the Rapoport effect explained the richness and composition of frog species along the altitudinal gradient in the RNSM. On the other hand, the Middle Domain Effect did not explain the richness of frog species in the Reserve, that is, there was not greater species richness at intermediate altitudes by increasing the overlap of the distribution of the frog species. The high richness of frogs in the RNSM, combined with the high recorded endemic rates and also the presence of the populations of the species for which the currently available data did not allow define their conservation status, reinforces the importance of RNSM for the conservation and for the maintenance of frog populations and communities of the Atlantic Forest biome.

Keywords: Altitude. Anura. Middle Domain Effect. Rapoport Effect. Atlantic Rainforest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da Reserva Natural Salto Morato (quadrado menor, em vermelho), município de Guaraqueçaba, estado do Paraná, sul do Brasil, e da área de abrangência do Mosaico Lagamar (delimitada em verde).....	25
Figura 2 -	Sistema hídrico na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.....	26
Figura 3 -	Vista da Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.....	26
Figura 4 -	Formações vegetacionais das áreas dentro da Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil. Elaboração: Rodolfo Cabral.....	27
Figura 5 -	Mapa indicando a trilha percorrida na Reserva Natural Salto Morato, Paraná, sul do Brasil para a realização dos transectos com procura ativa. Elaboração: Rodolfo Cabral (RNSM).....	28
Figura 6 -	Número cumulativo de publicações encontradas até dezembro de 2015 sobre anfíbios anuros no estado do Paraná, sul do Brasil, com o primeiro estudo tendo sido realizado em 1953.....	35
Figura 7 -	Localidades com registros de invasão por <i>Lithobates catesbeianus</i> no estado do Paraná, sul do Brasil (triângulos; municípios de Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Morretes, Quatro Barras, São José dos Pinhais, Foz do Iguaçu, Três Barras do Paraná, Itambé, Londrina, Maringá, Castro, Telêmaco Borba, Francisco Beltrão, Guarapuava e Palmas) e os limites dos municípios que possuem ranários comerciais (Agudos do Sul, Almirante Tamandaré, Curitiba, Morretes, Paranaguá, São José dos Pinhais, Tijucas do Sul, Cascavel, Corbélia, Marechal Cândido Rondon, Palotina, Bom Sucesso, Goioerê,	47

	Terra Boa, Irati, Ortigueira, Ponta Grossa, Tibagi e Paranavaí). Municípios na cor cinza claro possuem um ranário e municípios em cinza escuro possuem duas fazendas com ranário. Mapa: Gisele Winck.....	
Figura 8 -	Frequência com que os diferentes temas foram abordados nos estudos existentes sobre anfíbios anuros no estado do Paraná, sul do Brasil, durante 1954 e 2015.....	48
Figura 9 -	Curva de rarefação baseada nas espécies de anuros registradas e no esforço amostral (dias amostrados) na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil e seu desvio padrão da média (barras). Estimador de riqueza usado: Bootstrap.....	73
Figura 10 -	Algumas espécies de anuros registrados na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil. A) <i>Brachycephalus hermogenesi</i> ; B) <i>Brachycephalus tridactylus</i> ; C) <i>Ischnocnema henselii</i> ; D) <i>Ischnocnema sambaqui</i> ; E) <i>Ischnocnema</i> sp. gr. <i>lactea</i> ; F) <i>Dendrophryniscus berthalutzae</i> ; G) <i>Dendrophryniscus leucomystax</i> ; H) <i>Rhinella abei</i> ; I) <i>Rhinella hoogmoedi</i> ; J) <i>Rhinella icterica</i> ; L) <i>Haddadus binotatus</i> e M) <i>Cycloramphus mirandaribeiroi</i> . Fotos: Manuela Santos-Pereira.....	74
Figura 11 -	Algumas espécies de anuros registrados na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil. A) <i>Gastrotheca microdiscus</i> ; B) <i>Aplastodiscus albosignatus</i> ; C) <i>Bokermannohyla hylax</i> ; D) <i>Dendropsophus berthalutzae</i> ; E) <i>Hypsiboas albomarginatus</i> ; F) <i>Hypsiboas faber</i> ; G) <i>Hypsiboas semilineatus</i> ; H) <i>Itapotihyla langsdorffii</i> ; I) <i>Phyllomedusa distincta</i> ; J) <i>Sinax fuscovarius</i> ; L) <i>Scinax littoralis</i> ; M) <i>Scinax perereca</i> ; N) <i>Sinax</i> cf. <i>argyreornatus</i> ; O) <i>Scinax</i> cf. <i>tymbamirim</i> e P) <i>Trachycephalus mesophaeus</i> . Fotos: Manuela Santos-Pereira e Luiz Felipe Barata-Bittencourt (Foto F).....	75
Figura 12 -	Algumas espécies de anuros registrados na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil. A)	76

Crossodactylus caramaschii; B) *Hylodes cardosoi*; C) *Hylodes* cf. *heyeri*; D) *Adenomera marmorata*; E) *Adenomera* cf. *bokermanni*; F) *Leptodactylus latrans*; G) *Leptodactylus notoaktites*; H) *Physalaemus spiniger*; e I) *Proceratophrys boiei*. Fotos: Manuela Santos-Pereira.....

- Figura 13 - Curvas de rarefação construídas, com os seus desvios padrões médios (barras), a partir do número de espécies de anuros registrado em cada faixa altitudinal amostrada na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil, baseadas no número de dias amostrados. O estimador de riqueza utilizado foi o Bootstrap..... 96
- Figura 14 - Curva de rarefação de espécies de anfíbios anuros baseada no número de dias amostrados em todo o gradiente altitudinal na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil. O estimador de riqueza utilizado foi o Bootstrap. As barras representam o desvio padrão médio..... 97
- Figura 15 - Relação entre a riqueza empírica de espécies de anuros e a altitude (m anm) ao longo do gradiente altitudinal estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil..... 97
- Figura 16 - Relação entre a riqueza empírica de espécies de anuros e a área (ha) ao longo do gradiente altitudinal estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil..... 98
- Figura 17 - Relação entre a abundância geral de anuros e a altitude (m anm) ao longo do gradiente altitudinal amostrado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil..... 98
- Figura 18 - Relação entre a abundância (\log_2) de anuros que possuem o modo reprodutivo do tipo 1 (A), do tipo 23 (B) e anuros reofílicos (C) e a altitude (m anm) ao longo do gradiente altitudinal amostrado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil..... 99

Figura 19 - Relação entre a diversidade β de anuros e a distância altitudinal (m anm) entre todos os pares de altitudes ao longo do gradiente altitudinal estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.....	100
Figura 20 - Análise de similaridade (<i>Cluster analysis</i>) na composição de anuros (dados de presença e ausência) ao longo do gradiente altitudinal amostrado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil. Faixas altitudinais: 100 = 25-100, 300 = 200-300, 400 = 301-400, 500 = 401-500, 600 = 501-600 e 900 = 800-918 m anm.....	100
Figura 21 - Relação entre a amplitude altitudinal média (m anm) das espécies de anuros e a altitude (m anm) (<i>Stevens plot</i>) ao longo do gradiente altitudinal estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.....	101
Figura 22 - Relação entre a amplitude altitudinal (m anm) e o ponto médio de distribuição altitudinal (m anm) (<i>Midpoint plot</i>) das espécies de anuros no gradiente altitudinal estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.....	101
Figura 23 - Relação entre a riqueza empírica de anuros e a altitude (m anm) (ponto pretos interligados por linha pontilhada) ao longo do gradiente estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil. As linhas contínuas representam o padrão médio previsto de riqueza (linha do meio), e seus respectivos limites superior e inferior do intervalo de confiança de 95% do modelo nulo, obtido por 50.000 simulações com reposição, usando os pontos médios de distribuição e as amplitudes empíricas do anuros, no programa Range Model 5 (Colwell 2006).....	102

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Lista das espécies de anfíbios anuros registradas para o estado do Paraná, com base nos dados primários e nos estudos publicados e disponíveis na literatura sobre anuros no Estado no período de 1953 até 2015, guias especializados e nos registros contidos em Frost (2015), incluindo o status de conservação (Livro Vermelho da Fauna Ameaçada no Estado do Paraná, 2004; Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, 2008 e *IUCN Red List of Threatened Species*, 2015) e o caráter de endemismo (E) para o estado do Paraná, sul do Brasil..... 36
- Tabela 2 - Registro de ocorrência de *Lithobates catesbeianus* e habitats utilizados pelo anuro em áreas invadidas no estado do Paraná, sul do Brasil, de acordo com estudos publicados. Lagoa temporária (LT), açude permanente (AP), lago (L), borda de fragmentos florestas (BFF) e área aberta (AA)..... 46
- Tabela 3 - Estudos que abordaram o tema *Comunidade/Inventário* realizados no estado do Paraná, sul do Brasil, no período de 1999 até 2014. FOD = Floresta Ombrófila Densa, FOM = Floresta Ombrófila Mista, FES = Floresta Estacional Semidecidual..... 50
- Tabela 4 - Estudos que descreveram novas espécies de anuros para localidades no estado do Paraná, sul do Brasil, no período de 1953 a 2015..... 52
- Tabela 5 - Espécies de anuros registradas na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil. As espécies de anuros foram classificadas quanto ao hábito como: arborícolas (A), terrestres (T) e reofílicas (R). Os modos reprodutivos (MR) de cada espécie de anuro estão representados pelos números sensu Haddad et al., 2013. A fonte se refere a origem de informação do registro de ocorrência das espécies de anuros, 71

sendo: Presente estudo (1) e Garey e Hartmann, 2012 (2). * espécies endêmicas do Paraná. ** espécie endêmica da RNSM.....

Tabela 6 -	Abundâncias das espécies de anuros registradas por transectos com procura ativa nas faixas altitudinais estudadas na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil. * espécies registradas ocasionalmente. ** apenas encontros ocasionais.....	92
Tabela 7 -	Número de espécies de anfíbios anuros registrados por transectos com procura ativa e riqueza estimada, em cada faixa altitudinal e em todo o gradiente amostrado, na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil. Estimadores de riqueza utilizados: Bootstrap e Chao 1 (\pm desvio padrão).....	94
Tabela 8 -	Diversidade β ($= 1 - S$, sendo S o índice de Sorensen) entre todos os pares de altitudes ao longo do gradiente altitudinal estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.....	94
Tabela 9 -	Amplitude altitudinal de cada espécie de anuro registrada na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.....	95

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL.....	18
1	MATERIAL E MÉTODOS GERAIS.....	21
1.1	<u>Área de estudo.....</u>	21
1.2	Amostragens.....	23
1.3	Referências.....	29
2	ANUROS DO PARANÁ: ESTADO ATUAL DO CONHECIMENTO E LISTA DE ESPÉCIES.....	32
2.1	Introdução.....	32
2.1.1	<u>Paraná: vestígios de uma exuberante floresta.....</u>	32
2.1.2	<u>A busca pelos estudos existentes sobre anfíbios anuros no estado do Paraná.....</u>	34
2.1.3	<u>O estado atual do conhecimento sobre anfíbios anuros no estado do Paraná.....</u>	35
2.2	Considerações finais.....	60
2.3	Literatura citada.....	60
3	ESPÉCIES DE ANUROS DA MATA ATLÂNTICA DA RESERVA NATURAL SALTO MORATO, PARANÁ, SUL DO BRASIL: REVISÃO DA LISTA DE ESPÉCIES.....	67
3.1	Introdução.....	67
3.2	Materiais e Métodos.....	68
3.2.1	<u>Área de estudo e amostragens.....</u>	68
3.2.2	<u>Análises dos dados.....</u>	68
3.3	Resultados.....	69
3.4	Discussão.....	76
3.5	Referências.....	79
4	DISTRIBUIÇÃO ALTITUDINAL DOS ANUROS DA RESERVA NATURAL SALTO MORATO, SUL DO BRASIL.....	83
4.1	Introdução.....	83
4.2	Materiais e Métodos.....	86
4.2.1	<u>Área de estudo e amostragens.....</u>	86
4.2.2	<u>Análises dos dados.....</u>	86
4.3	Resultados.....	88

4.4	Discussão	102
4.5	Referências	110
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
	APÊNDICE - Invasive bullfrog <i>Lithobates catesbeianus</i> (Anura: Ranidae) in the Paraná state, Southern Brazil: a summary of the species spread.....	120

INTRODUÇÃO GERAL

Uma comunidade biológica é um conjunto de populações de espécies que ocorrem juntas no espaço e no tempo (Begon et al. 2007), formando um grupo característico em uma determinada localidade (Magurran 2013). A ecologia de comunidades visa entender a forma como estes grupos de espécies são distribuídos na natureza e as formas pelas quais tais agrupamentos podem ser influenciados pelos fatores abióticos e pelas interações populacionais (Begon et al. 2007). As inter-relações nas comunidades governam o fluxo de energia e a ciclagem dos elementos no ecossistema, e também influenciam os processos populacionais, determinando as abundâncias relativas das espécies (Ricklefs 2012). Comumente, as espécies reunidas formando uma comunidade são determinadas por restrições na dispersão, restrições ambientais e dinâmicas internas (Begon et al. 2007).

As abundâncias relativas das espécies que formam uma comunidade são variáveis, com algumas espécies sendo comuns – chamadas de dominantes – e muitas sendo raras (Begon et al. 2007; Ricklefs 2012). Desse modo, a biodiversidade refere-se à variação entre essas espécies componentes de uma comunidade (Begon et al. 2007; Ricklefs 2012). A biodiversidade, em essência, é uma ciência comparativa, na qual o pesquisador geralmente quer saber se um ambiente é mais diverso do que o outro (Magurran 2013). A diversidade alpha (α) ou local é a diversidade em um habitat ou assembleia definida, enquanto a diversidade gama (γ) ou regional é aquela que considera conjuntamente todos os habitats de uma determinada região. A alteração biótica ou alteração de espécies entre esses habitats é denominada diversidade beta (β) (Magurran 2013). Originalmente, a diversidade β era concebida como uma medida da modificação da diversidade entre amostras ao longo de um transecto ou ao longo de gradientes ambientais (Whittaker 1960). Alterações temporais na diversidade são comumente referidas como “rotatividade” (“*turnover*”), embora o termo possa ser também aplicado a alterações espaciais (Magurran 2013).

Pesquisas que fornecem conhecimentos acerca de parâmetros das comunidades como composição, riqueza, abundância e diversidade, além de informações sobre distribuição e história de vida das espécies de anfíbios anuros, constituem subsídios no planejamento e na implementação de ações de conservação (Young et al. 2001; Kats e Ferrer 2003; Köhler et al. 2005; Eterovick et

al. 2005; Gardner et al. 2007; Forero-Medina et al. 2010; Blaustein et al. 2012), uma vez que, no mundo, as florestas tropicais vêm sendo severamente destruídas e fragmentadas (Capobianco et al. 2001). No Brasil, a Mata Atlântica, Bioma mais ameaçado do País, preserva somente cerca de 8,5% de remanescentes florestais originais em fragmentos acima de 100 ha, considerados representativos para a conservação da biodiversidade. Se levarmos em conta todos os pequenos fragmentos de floresta natural acima de 3ha, o valor chega a 12,5% dos 1,3 milhões de km² originais (Fundação SOS Mata Atlântica e Inpe 2015).

Atualmente, são conhecidas aproximadamente 6588 espécies de anfíbios anuros no mundo (Frost 2015) e destas, 988 espécies (15%) ocorrem no Brasil (Segalla et al. 2014). A Mata Atlântica abriga a maior riqueza de anuros do Brasil – 529 espécies de anuros, com mais de 85% destas espécies sendo endêmicas deste Bioma (Haddad et al. 2013). Como resultado desta elevada diversidade e grau de endemismo, em conjunto com elevados níveis de ameaça, o Bioma é considerado um dos *hotspots* mundiais para a conservação da biodiversidade (Myers et al. 2000).

No Brasil, estudos sobre comunidades de anuros têm sido frequentes (Conte e Rossa-Feres 2007; Garey e Hartmann 2012; Zina et al. 2012; Oliveira et al. 2013), sendo muito importantes por facilitarem o entendimento acerca das relações ecológicas das espécies no espaço (Juncá 2006; Ferreira et al. 2012) e no tempo (Santos-Pereira et al. 2011). Por outro lado, um menor número de estudos abordam os padrões de distribuição das espécies, especialmente os padrões relacionados a gradientes altitudinais na distribuição e ocorrência (Giaretta et al. 1999; Vasconcelos et al. 2010; Siqueira 2012; Siqueira e Rocha 2013; Goyannes-Araújo et al. 2015).

No presente estudo buscou-se compreender em que extensão as espécies de anfíbios anuros se substituem ao longo de um gradiente altitudinal, como isto resulta em diferentes comunidades componentes e como isto afeta a variação na estruturação das diferentes comunidades. Também, se procurou saber como fatores ecológicos influenciam potencialmente os anfíbios anuros, além de fornecer informações sobre o status de conservação desse grupo de organismos em um importante remanescente de Mata Atlântica no sul do Brasil (Reserva Natural Salto Morato - RNSM). No primeiro capítulo, será apresentada uma visão geral do conhecimento sobre os anfíbios anuros no estado do Paraná, abordando o conhecimento básico atual sobre ocorrência e distribuição das espécies de anuros, aspectos da ecologia e da conservação e ocorrência de espécies exóticas invasoras.

Inclui uma lista com uma aproximação atual das espécies de anuros com ocorrência conhecida para o Estado; no segundo capítulo, será apresentada uma atualização da lista das espécies de anuros que ocorrem na RNSM (uma aproximação da diversidade para a região da Reserva), fornecendo o atual status de conservação das espécies em termos do grau em que se encontram protegidas na Lista do Estado, na Lista Nacional e na Lista Global da IUCN. Indica, também, as espécies endêmicas do estado do Paraná que ocorrem na RNSM. Neste capítulo, serão fornecidas informações sobre o uso do habitat pelas espécies de anuros e sobre os modos reprodutivos; o terceiro capítulo abordará a distribuição das comunidades de anfíbios anuros ao longo do gradiente altitudinal amostrado na RNSM buscando compreender a variação na composição de espécies na comunidade.

1 MATERIAL E MÉTODOS GERAIS

1.1 Área de estudo

Este estudo foi realizado na Reserva Natural Salto Morato (RNSM, 25° 09' a 25° 11'S; 48° 16' a 48° 20' O), uma Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN (Portaria do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA nº 132, de 7 de dezembro de 1994). A RNSM possui 2.252,83 ha de Mata Atlântica no corredor da Serra do Mar, localizada na Área de Proteção Ambiental (APA) federal de Guaraqueçaba, no litoral norte do Paraná, sul do Brasil (Figura 1) (FBPN 2011). A APA de Guaraqueçaba, por sua vez, está inserida no Mosaico Lagamar (reconhecido pela portaria Federal MMA no 150, de 08/05/2006), um conjunto que prevê a gestão integrada de mais de 40 Unidades de Conservação (UC) no litoral do Paraná e litoral sul de São Paulo (Figura 1) (FBPN 2011). Esta região compõe o maior remanescente contínuo de Mata Atlântica que existe atualmente no Brasil (Câmara 2005), possivelmente devido à baixa densidade populacional humana (e.g. 3,4 habitantes/km² no município de Guaraqueçaba), o que favorece a manutenção de ecossistemas bem preservados, de grande importância para a manutenção da diversidade biológica (SPVS 2006). Devido a essa importância, esta área é parte da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, reconhecida pela UNESCO, em 1999, como Patrimônio Natural da Humanidade. A Serra do Mar, que abriga a RNSM também foi tombada como Patrimônio Natural pelo governo do Paraná no ano de 1986 (FBPN 2011).

A RNSM situa-se nos domínios da Bacia Hidrográfica da Baía das Laranjeiras, situada na porção nordeste da Baía de Paranaguá. Localmente, a RNSM possui um complexo sistema hídrico que engloba cinco micro bacias, todas elas tributárias do rio Guaraqueçaba, representadas pelos rios, Engenho, Bracinho, Velho, Pitanga e Morato, o principal curso d'água na RNSM (FBPN 2011) (Figura 2).

A área RNSM se estende das planícies litorâneas (25m acima do nível do mar - m anm) às encostas da Serra do Mar (918 manm) (Figura 3), e o relevo é predominantemente acidentado, com cristas arredondadas e declividades próximas ou superiores a 40% (Polidoro e Lima 2002). Na RNSM, predominam as vertentes côncavas e os vales em "V" fechados e encaixados, sendo as falhas e fraturas do substrato predominantemente na direção N-S (FBPN 2011).

A vegetação na RNSM é classificada no domínio da Floresta Ombrófila Densa - FOD, caracterizada pela predominância de árvores de grande porte (fanerófitas), associadas a várias formas biológicas, principalmente epífitas e lianas, em áreas de clima ombrotérmico, com temperaturas relativamente elevadas e ausência de período seco, devido à precipitação abundante e bem distribuída ao longo do ano (FBPN 2011; IBGE 2012). A FOD pode ser dividida em cinco formações vegetais ordenadas segundo hierarquias topográficas e variações latitudinais, que refletem fisionomias diferentes (IBGE 2012). Dessas, quatro formações ocorrem na RNSM (Figura 4) (Gatti 2000):

Floresta Ombrófila Densa Aluvial: trata-se de uma formação ribeirinha ou “floresta ciliar”, que ocorre ao longo dos cursos de água ocupando os terraços antigos das planícies. Não ocorrem variações topográficas (IBGE 2012);

Floresta Ombrófila Densa Submontana: o dessecamento do relevo montanhoso e dos planaltos com solos medianamente profundos é ocupado por uma formação florestal que apresenta alturas aproximadamente uniformes. A submata é integrada por plântulas de regeneração natural, poucos nanofanerófitos e caméfitos, além da presença de palmeiras de pequeno porte e lianas herbáceas em maior quantidade (IBGE 2012). Na RNSM, essa formação ocorre sobre cambissolo, em altitudes de 30 a 500 m anm (FBPN 2011);

Floresta Ombrófila Densa Montana: esta formação no sul do País está situada entre 500 m e 1.500 m de altitude, onde a estrutura é mantida até próximo do cume dos relevos dissecados, quando solos delgados ou litossolos influenciam no tamanho das árvores que a compõe (IBGE 2012). Esta formação ocupa o extremo norte e o oeste da RNSM, em cotas superiores aos 500 m anm, sobre relevo montanhoso, abrigando a maior parte das nascentes que formam o Rio Morato (FBPN 2011);

Floresta Ombrófila Densa Altomontana: é uma formação arbórea com, no máximo, 20 m de altura, que se localiza no cume das montanhas e sobre litossolos. Este refúgio é conhecido popularmente por “mata nuvígena” ou “mata nebulosa”. Ocorre acima dos 1.000 m anm (IBGE 2012). Na RNSM, foi encontrada, no entanto, uma pequena e estreita faixa dessa formação, correspondendo a menos de 4 hectares (ha), acompanhando a cumeeira da Serra do Morato, onde esta alcança as maiores altitudes, até 918 m anm (FBPN 2011).

Segundo a classificação de Koeppen, o clima na RNSM é Cfa - Subtropical úmido, com temperatura média anual em torno de 21°C. A temperatura média do mês mais quente é de aproximadamente 25°C e a temperatura média do mês mais frio é igual a 17°C. Apresenta verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem, contudo, estação seca definida. Os índices pluviométricos na área são relativamente elevados, com mais de 2.000 mm anuais e a umidade relativa do ar média é de 85%. Quanto à movimentação local de massas de ar, predominam ventos procedentes de leste, sudeste e sul. A variação diurna na direção dos ventos é comum. Durante o dia, as brisas marinhas sopram do mar para o interior, enquanto que, à noite, ocorre uma situação inversa, com ventos soprando do interior para o continente (FBPN 2011).

1.2 Amostragens

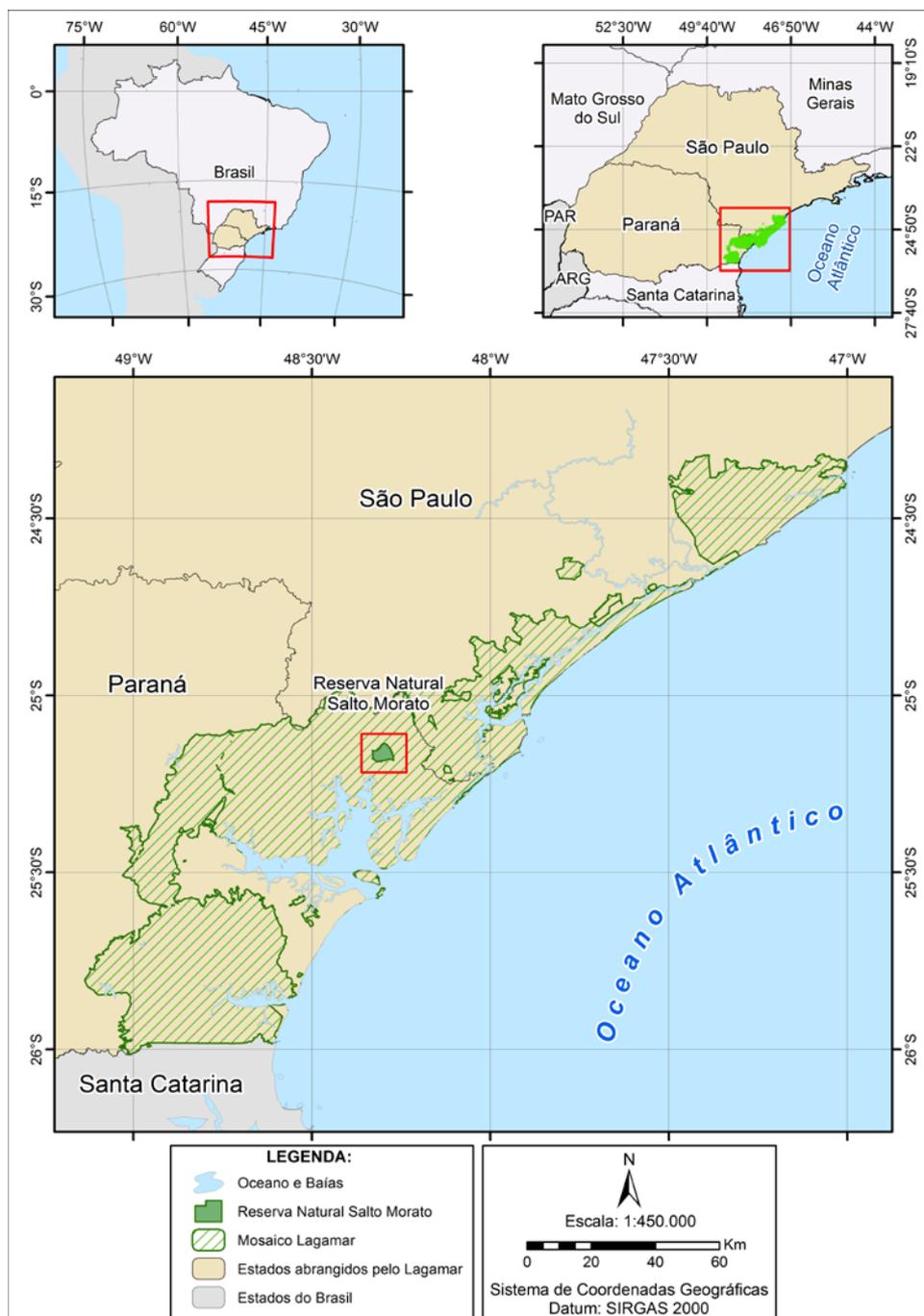
Para conhecer os anfíbios anuros da Reserva Natural Salto Morato foram realizadas oito campanhas de campo, cada uma com a duração de oito a dez dias, distribuídas ao longo de dois anos e meio, entre fevereiro de 2013 e agosto de 2015. As campanhas contemplaram as quatro estações de cada ano, sendo realizadas duas campanhas para cada estação. As coletas foram feitas em toda a extensão da RNSM, desde os 25 até os 918 m anm, na vertente oceânica da serra, distribuídas em diversos pontos, em seis faixas de altitudes: 25 até os 100, 200 a 300, 301 a 400, 401 a 500, 501 a 600 e 800 a 918 metros de altitude (Figura 5). Não foi possível realizar amostragens (com base no método utilizado, descrito adiante) entre 101-200 e 601-800 m anm. No primeiro caso, havia pouca área disponível, adentrando à mata, para realizar os transectos; no segundo caso, devido à forte declividade do terreno no local com presença de encosta rochosa com precipícios e a deslizamentos de rochas soltas, que impossibilitaram a equipe dese mover com segurança para a realização dos transectos. Todavia, levou-se em consideração, em ambos os casos, as espécies de anuros ocasionalmente encontradas ao longo do trânsito na passagem para altitudes superiores.

Como método de amostragem, foram utilizados transectos com procura ativa (*Visual Encounter Surveys* - VES, Crump e Scott 1994), mas também foram levadas em consideração as espécies de anuros ocasionalmente encontradas (para estimativas de riqueza e para conhecimento da composição para a RNSM como um

todo). Com uma equipe composta por três a quatro pessoas, foram realizados, a cada dia, um total de oito transectos diurnos, quatro crepusculares e 16 noturnos, totalizando 28 transectos por dia, cada um com a duração de 30 minutos. Para reduzir o potencial efeito de pseudo-repetições espaciais, cada transecto teve a distância mínima de 100 metros entre si. Para uma amostragem completa das espécies de anuros, durante o transecto, cada microhabitat foi cuidadosamente verificado (e.g., folhiço, rochas, riachos, troncos, epífitas) (Crump e Scott 1994). Após o encerramento de cada transecto foi anotada a temperatura do ar ambiente (°C) e a umidade relativa do ar (%). As amostragens no campo totalizaram 1400 transectos com 700 horas de esforço amostral, sendo 200 horas de amostragens na faixa entre 25-100; 150 horas entre 501-600, 100 horas entre 201-300, 301-400 e 800-918 e 50 horas de amostragem na faixa situada entre 401-500 m anm. Esse esforço diferente entre as faixas altitudinais foi devido a diferença em extensão (em m) das faixas, de modo, que alguns casos, não havia como fazer mais transectos em determinada faixa sem haver uma sobreposição espacial destes.

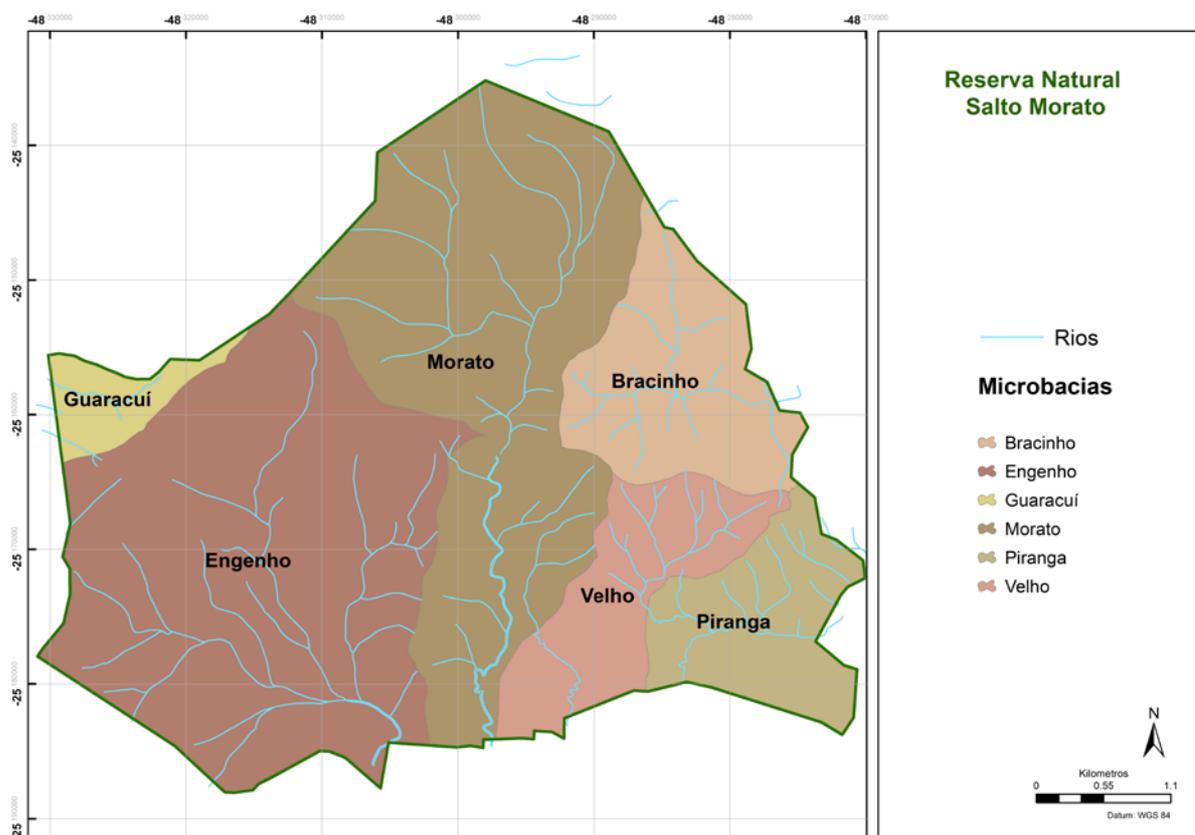
Para cada indivíduo registrado foi anotado o microhabitat e a altura (cm, m) acima do solo (quando foi o caso) que ele se encontrava no momento da primeira visualização durante o transecto. Após o término dos transectos os indivíduos foram identificados, medidos em seu comprimento rostro-cloacal (CRC) em milímetros (mm) com auxílio de paquímetro e em sua massa em gramas (g) com auxílio de dinamômetro Pesola e, em seguida, foram soltos. Alguns indivíduos foram coletados como material testemunho (licença ICMBio 30739) e depositados no Museu de História Natural Capão da Imbuia (MHNCI), em Curitiba, no Paraná e no Museu Nacional, no Rio de Janeiro (MNRJ).

Figura 1 - Localização da Reserva Natural Salto Morato (quadrado menor, em vermelho), município de Guaraqueçaba, estado do Paraná, sul do Brasil, e da área de abrangência do Mosaico Lagamar (delimitada em verde).



Nota: Elaboração: Rodolfo Cabral (RNSM).

Figura 2 - Sistema hídrico na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.



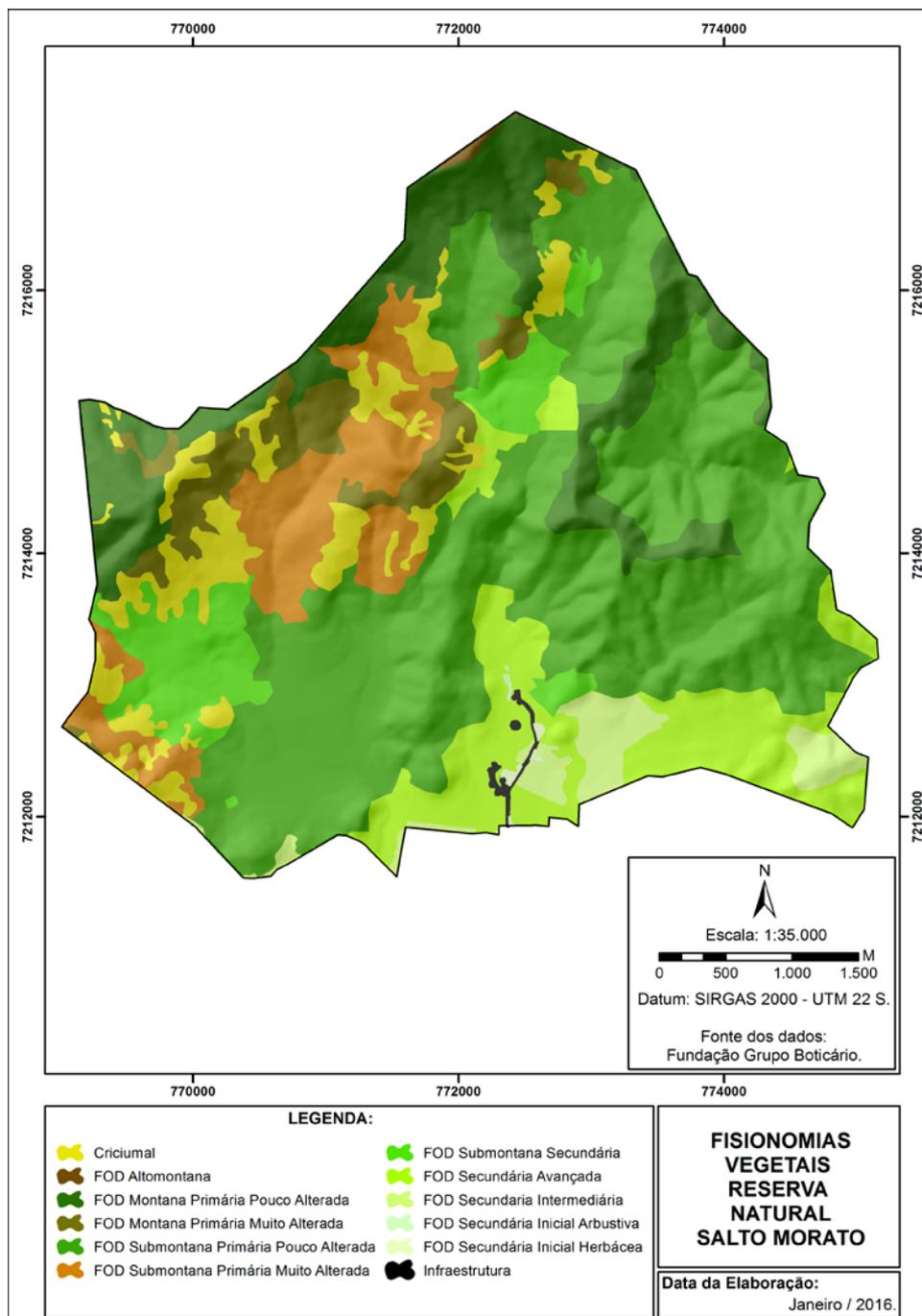
Elaboração: Rodolfo Cabral (RNSM).

Figura 3 - Vista da Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.



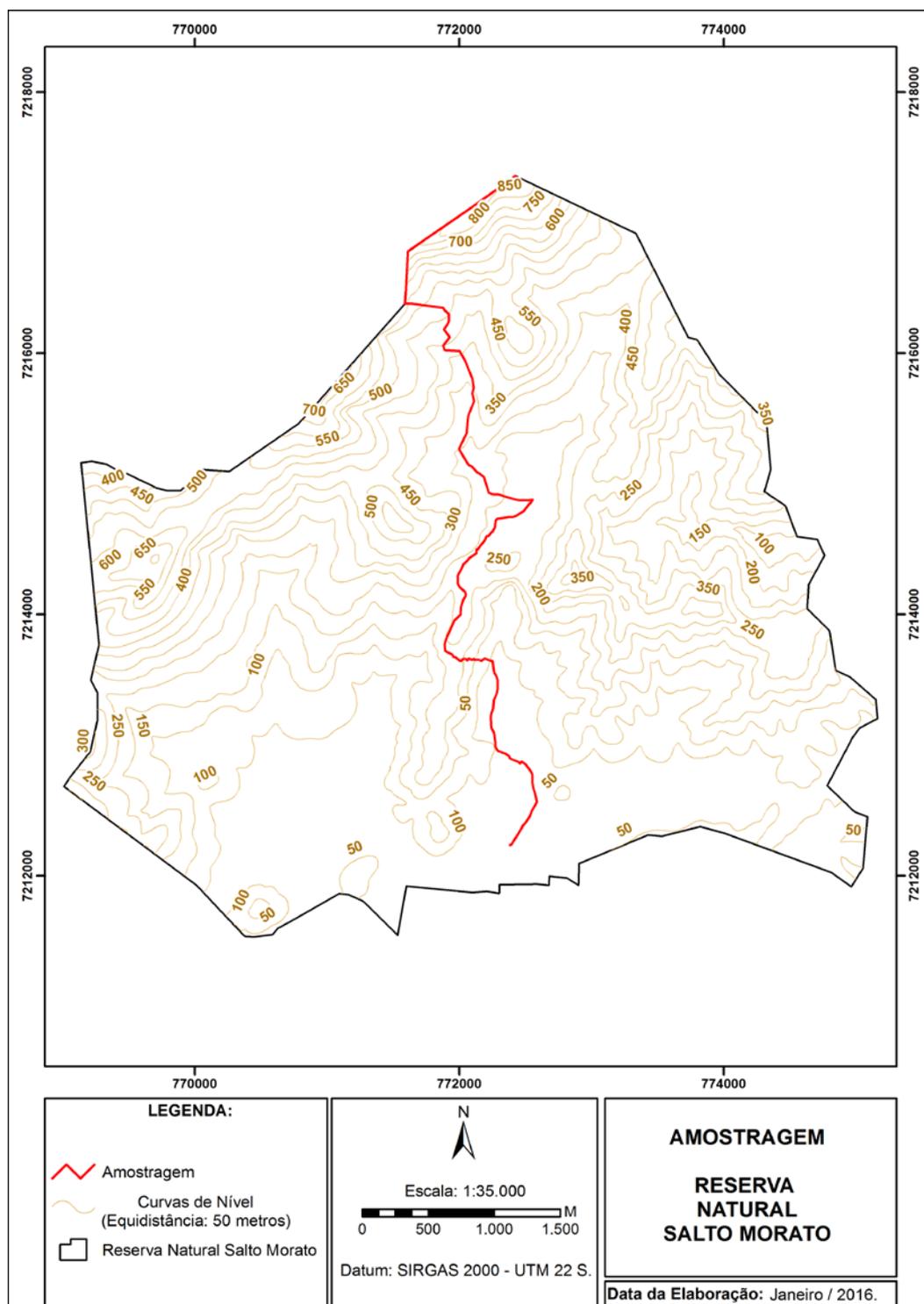
Nota: Imagem concedida pela RNSM

Figura 4 - Formações vegetacionais das áreas dentro da Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.



Nota: Elaboração: Rodolfo Cabral (RNSM)

Figura 5 - Mapa indicando a trilha percorrida na Reserva Natural Salto Morato, Paraná, sul do Brasil para a realização dos transectos com procura ativa.



Nota: Elaboração: Rodolfo Cabral (RNSM).

1.3 Referências

- Begon M, Townsend CR, Harper JL. 2007. *Ecologia: de Indivíduos a Ecossistemas*. Porto Alegre: Artmed. 752p.
- Blaustein A, Gervasi SS, Johnson PTJ, Hoverman JT, Belden LK, Bradley PW, Xie GY. 2012. Ecophysiology meets conservation: understanding the role of disease in amphibian population declines. *Phil. Trans. R. Soc. B*.367:1688-1707.
- Câmara IG. 2005. Breve história da conservação da Mata Atlântica. In: Galindo-Leal C, Câmara IG, editors. *Mata Atlântica: Biodiversidade, ameaças e perspectivas*. Conservação Internacional. Belo Horizonte: p.31-42.
- Capobianco JPR, Veríssimo A, Moreira A, dos Santos I, Pinto LP, Sawyer D. 2001. *Biodiversidade na Amazônia brasileira*. São Paulo: Editora Estação Liberdade e Instituto Socioambiental. 540p.
- Cicchi PJP, Serafim H, Sena MA, Centeno FC, Jim J. 2009. Herpetofauna em uma área de Floresta Atlântica na Ilha Anchieta, município de Ubatuba, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*.9(2):201-212.
- Conte CE, Rossa-Feres DC. 2007. Riqueza e distribuição espaço-temporal de anuros em um remanescente de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*.24(4):1025-1037.
- Eterovick PC, Carnaval ACOQ, Borges-Nojosa DM, Silvano DL, Segalla MV, Sazima I. 2005. Amphibian declines in Brazil: an overview. *Biotropica*.37(2):166-179.
- Ferreira RB, Dantas RB, Tonini JFR. 2012. Distribuição espacial e sazonal de anfíbios em quatro poças na região serrana do Espírito Santo, sudeste do Brasil: influência de corredores florestais. *Iheringia, Série Zoologia*, Porto Alegre. 102(2):163-169.
- FGBPN. 2011. *Plano de Manejo da Reserva Natural Salto Morato – Guaraqueçaba - PR*. Curitiba, Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza, vol1. 222p.
- Forero-Medina G, Joppa L, Pimm SL. 2010. Constraints to species elevational range shifts as climate changes. *Conservation Biology*. 25(1):163-171.
- Frost Darrel R. 2013. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0. Disponível em: <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. Acesso em: 26 out. 2015. American Museum of Natural History, New York, USA.
- Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2015. *Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2013-2014. Relatório Técnico*. São Paulo. 60p. Disponível em: http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_2013-2014_relatorio_tecnico_2015.pdf. Acesso em: 24 out. 2015.
- Gardner TA, Barlow J, Peres CA. 2007. Paradox, presumption and pitfalls in conservation biology: The importance of habitat change for amphibians and reptiles. *Biological Conservation*.138(1-2):166-179.
- Garey MV, Hartmann MT. 2012. Anuros da Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica*. 12(4):137-145.
- Gatti GA. 2000. Composição florística, fenologia e estrutura da vegetação de uma

área em restauração ambiental, Guaraqueçaba, PR. 114f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

Giaretta AA, Facure KG, Sawaya RJ, Meyer JHD, Chenin N. 1999. Diversity and abundance of titter frogs in a montane forest of southeastern Brazil: Seasonal and altitudinal changes. *Biotropica*. 31(4):669-674.

Goyannes-Araujo P, Siqueira CC, Laia RC, Almeida-Santos M, Guedes DM, Rocha CFD. 2015. Anuran species distribution along an elevational gradient and seasonal comparisons of leaf litter frogs in an Atlantic Rainforest area of southeastern Brazil. *The Herpetological Journal*. 25(2):75-81.

Haddad CFB, Toledo LF, Prado CPA, Loebmann D, Gasparini JL, Sazima I. 2013. Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia = Guide to the amphibians of the Atlantic Forest: diversity and biology. São Paulo: Anolisbooks. 544p.

Juncá FA. 2006. Diversidade e uso de hábitat por anfíbios anuros em duas localidades de Mata Atlântica, no norte do estado da Bahia. *Biota Neotropica*. 6(2):1-17.

Kats LB, Ferrer RP. 2003. Alien predators and amphibian declines: review of two decades of science and the transition to conservation. *Diversity and Distributions*. 9(2): 99-110.

Köhler J, Vieites DR, Bonett RM, García FH, Glaw F, Steinke D, Vences M. 2005. New Amphibians and Global Conservation: A Boost in Species Discoveries in a Highly Endangered Vertebrate Group. *BioScience*. 55(8):693-696.

Magurran AE. 2011. Medindo a diversidade biológica. Curitiba: Editora da UFPR. 261p.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403:853-845.

Oliveira JC, Pralon E, Coco L, Pagotto RV, Rocha CFD. 2013. Environmental humidity and leaf-litter depth affecting ecological parameters of a leaf-litter frog community in an Atlantic Rainforest area. *Journal of Natural History*. 47:(31-32).

Polidoro GFB, Lima MC. 2002. Diagnóstico e Análise Ambiental do Meio Físico da Reserva Natural Salto Morato (2a Etapa).

Ricklefs RE. 2012. A economia da natureza. Rio de Janeiro: Guanabara. 546p.

Santos-Pereira M, Candaten A, Milani D, Oliveira FB, Gardelin J, Rocha CFD. 2011. Seasonal variation in the leaf-litter frog community (Amphibia: Anura) from an Atlantic Forest Area in the Salto Morato Natural Reserve, southern Brazil. *Zoologia*. 28(6):755-761.

Siqueira CC, e Rocha CFD. 2013. Gradientes altitudinais: conceitos e implicações sobre a biologia, a distribuição e a conservação dos anfíbios anuros. *Oecologia Australis*. 17:92-112.

Segalla MV, Caramaschi U, Cruz CAG, Grant T, Haddad CFB, Langone JA, Garcia PCA. 2015. Brazilian Amphibians: List of Species. *Herpetologia Brasileira* 3(2):37-48. Disponível em: <http://www.sbherpetologia.org.br>. Acessado em: 24 out. 2015.

Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS).

Conservação da Biodiversidade. Curitiba. 2006.

Vasconcelos TS, Santos TG, Haddad CFB, Rossa-Feres DC. 2010. Climatic variables and altitude as predictors of anuran species richness and number of reproductive modes in Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. 26:423-432.

Whittaker RH. 1960. Vegetation of the Siskiyou mountains. Oregon and California. *Ecological Monographs*. 30:279-338.

Young BE, Lips KR, Reaser JK, Ibáñez R, Salas AW, Cedeño RJ, Coloma LA, Ron S, La Marca E, Romo D. 2001. Population Declines and Priorities for Amphibian Conservation in Latin America. *Conservation Biology*. 15(5):1213-1223.

Zina J, Prado CPA, Brasileiro CA, Haddad CFB. 2012. Anurans of the sandy coastal plains of the Lagamar Paulista, State of São Paulo, Brazil. *Biota Neotropica*. 12(1):251-260.

2 ANUROS DO PARANÁ: ESTADO ATUAL DO CONHECIMENTO E LISTA DE ESPÉCIES

2.1 Introdução

2.1.1 Paraná: vestígios de uma exuberante floresta

O estado do Paraná, na região sul do Brasil, possui hoje uma extensão de 199.307 km² (IBGE 2015) dos quais 83,7% ou 166.820 km², estavam originalmente cobertos pela Mata Atlântica, constituindo o restante uma pequena porção do bioma Cerrado (Maack 1968). A cobertura vegetal original do Paraná incluía as seguintes formações florísticas: Mata Pluvial Tropical-subtropical; Mata de Araucária nos Planaltos e na região da Mata Subtropical acima de 500m, campos limpos e campos cerrados; vegetação das várzeas e pântanos; vegetação das praias, ilhas, restinga e vegetações altas da serra; e áreas de baías com faixas de mangue (Maack 1968). Da superfície original de aproximadamente 201.203 km², a mata cobria 168.482 km², incluindo-se as orlas de mangue das baías, as matas subxerófitas de restinga da zona litorânea e as faixas de mata de neblina da Serra do Mar (Maack 1968). Atualmente, restam apenas aproximadamente 11,7% da cobertura original de Mata Atlântica no Paraná, sendo este o Estado com maior taxa de desmatamento histórico entre os demais da federação (Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais 2015). Os remanescentes de vegetação natural ainda existentes, encontram-se, basicamente, nas encostas íngremes da Serra do Mar e nas Unidades de Conservação (UCs) existentes no Estado (Hassler 2005).

No Paraná existem atualmente 78 UCs em termos das esferas estadual e federal, sendo 53 de proteção integral e 25 de uso sustentável, totalizando 2.841.713,27 ha de áreas protegidas. Destas, 10 UCs são federais e perfazem cerca de 1.636.081,18 ha e 68 são estaduais e totalizam aproximadamente 1.205.632,08 ha (IAP 2015). O Paraná possui ainda 244 Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) cadastradas e averbadas em caráter perpétuo conforme determina o Decreto Federal 5.746 de 05 de abril de 2006 e Decreto Estadual 1.529 de 02 de outubro de 2007, perfazendo um total de 52.463,7150 ha de área conservada, distribuídas por 98 municípios (IAP 2015).

A maior porção protegida de florestas no Paraná encontra-se na Serra do Mar, no domínio da Floresta Ombrófila Densa, e corresponde a mais de 50% de cobertura da área original no Estado. Por outro lado, a Floresta Estacional, tem porcentagem menor que 5% do total de remanescentes, destacando-se o Parque Nacional do Iguaçu e outros Parques Estaduais. A Floresta Ombrófila Mista ou Mata de Araucária, foi quase totalmente erradicada, restando protegida apenas cerca de 1% de sua área original (Hassler 2005).

A riqueza de espécies de anuros do Brasil, que é atualmente de 988 espécies de anuros (Segalla et al. 2014), representa cerca de 15% das 6588 espécies de anfíbios anuros conhecidas no mundo (Frost 2015). Possivelmente, essa elevada riqueza de espécies de anuros se deve às proporções continentais do país, considerável variação em altitudes, bem como ao elevado número de habitats e ecossistemas tropicais e subtropicais presentes nos diversos biomas do Brasil (Araújo et al. 2009), que proporcionam uma grande variedade de habitats apropriados para as espécies de anfíbios viverem. No caso do Paraná, a maioria desses ecossistemas está associado ao bioma Mata Atlântica. O Paraná também abriga algumas porções de Cerrado, que, assim como a Mata Atlântica foi apontado como um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade do planeta (Myers et al. 2000).

Na Mata Atlântica, as investigações com anuros concentraram-se nas florestas de encosta (Haddad et al. 2008), que constituem os maiores remanescentes de Mata Atlântica no Brasil, enquanto, comparativamente, um menor esforço foi realizado nas demais formações vegetacionais do Bioma (as quais possuem um menor número de áreas protegidas). Neste estudo, foi realizada uma compilação de dados reunidos a partir de artigos publicados sobre anfíbios anuros no estado do Paraná e de dados primários resultantes de inventários de pesquisa da autora da presente tese no Estado, visando compreender o atual estado de conhecimento, além de avaliar que tipo de tendências ou até padrões ecológicos já seria possível estabelecer para as espécies de anuros no Estado. Uma lista de espécies de anuros com registro de ocorrência para o Paraná foi elaborada, destacando-se as espécies endêmicas e as ameaçadas de extinção.

2.1.2 A busca pelos estudos existentes sobre anfíbios anuros no estado do Paraná

Para conhecer a evolução do conhecimento acerca de anuros no estado do Paraná, foi realizada uma busca por artigos ou livros publicados nas seguintes bases de dados: *Web of Science*, *Scielo*, *Scopus* e *Google Acadêmico*. Para a busca foram inseridos os seguintes termos: *amphib* AND Paraná*, *anur* AND Paraná* e *frog* AND Paraná*. Além das bases de dados, foram considerados artigos encontrados em arquivos pessoais, e em ambos os casos também as referências bibliográficas neles contidas. A busca por artigos foi encerrada em 11/12/2015 e os dados obtidos foram então inseridos em planilha e analisados. Foram considerados apenas os trabalhos que tiveram como área de estudo ou de ocorrência (nos casos de descrições de espécies) alguma localidade no estado do Paraná, não considerando investigações com espécies que ocorrem no Estado, mas que não tenham sido realizadas envolvendo indivíduos coletados no Paraná (como estudos de taxonomia e zoologia, por exemplo). Para elaborar a lista de espécies de anuros que ocorrem no Paraná, foram anotadas todas as espécies com registros de ocorrência encontradas nos estudos compilados, mais espécies presentes em guias (e.g. Haddad et al.2013) e espécies com registro de ocorrência para o Estado em Frost (2015). Os dados primários foram suplementados com os dados secundários de forma a prover a maior atualização possível do conhecimento sobre as espécies de anuros registradas para o estado do Paraná. Para avaliar o status atual de conservação das espécies consultamos o grau de risco de extinção no Livro Vermelho da Fauna Ameaçada no Estado do Paraná (IAP 2004), no Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção (MMA e Fundação Biodiversitas 2008) e na *IUCN Red List of Threatened Species*, em sua versão on-line (disponível em: <http://www.iucnredlist.org/initiatives/amphibians>). Para conhecer as espécies endêmicas do estado do Paraná foi utilizado, além dos artigos acessados, o site <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/Amphibia/Anura> (Frost 2015), onde foi acessada a distribuição geográfica conhecida de cada uma das espécies com registro para o Estado. A nomenclatura utilizada seguiu Frost (2015) para a classificação dos táxons no presente estudo. Não foram considerados nas análises estudos oriundos de resumos de Anais de Congressos ou aqueles de Teses, Dissertações ou Monografias (exceto os dados da presente tese). As regiões

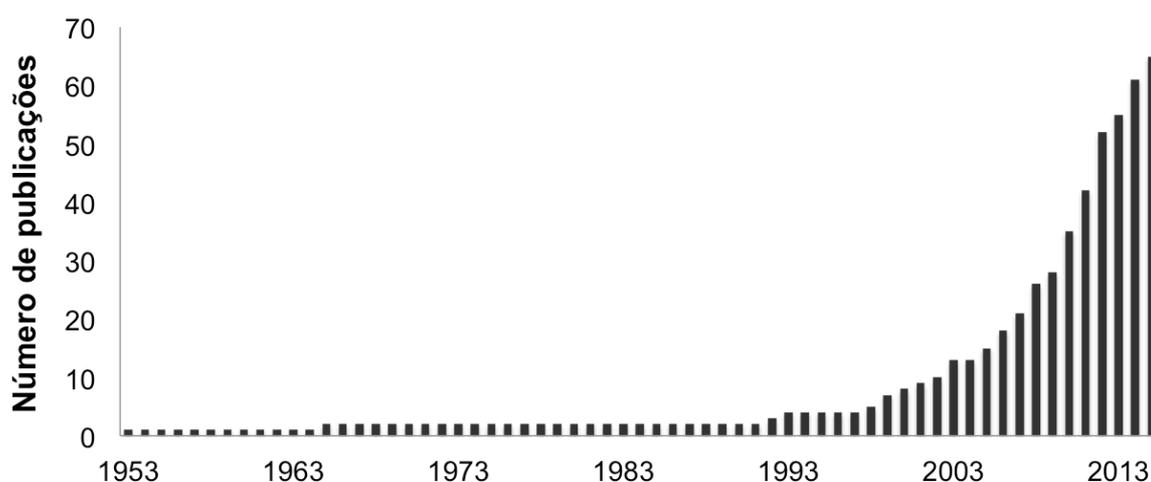
geográficas do Paraná foram de acordo com a Lei Estadual 15.825/08 (Ipardes 2016).

2.1.3 O estado atual do conhecimento sobre anfíbios anuros no estado do Paraná

A crescente quantidade de informações

Com base na busca realizada nas bases de dados acessadas, foi encontrado um total de 65 artigos, com a primeira publicação tendo ocorrido no ano de 1953, totalizando 63 anos de pesquisas sobre anuros no Paraná. A evolução das publicações sobre anfíbios anuros no Estado evidencia um maior crescimento em termos de número de estudos a partir do ano de 2000, correspondendo neste breve período a quase totalidade (89%) das publicações realizadas até o presente momento sobre anuros no Paraná (Figura 6). O Livro Vermelho da Fauna Ameaçada no Estado (Segalla e Langone 2004) aponta que a versão anterior (Tossulino et al. 1995) não continha qualquer espécie de anfíbio, o que reflete essa lacuna no conhecimento acerca dos anuros no Estado até esse período.

Figura 6 - Número cumulativo de publicações encontradas até dezembro de 2015 sobre anfíbios anuros no estado do Paraná, sul do Brasil, com o primeiro estudo tendo sido realizado em 1953.



Quais são as espécies de anfíbios anuros que ocorrem no estado do Paraná?

Com base nos dados primários, nos artigos, nos guias e na lista disponível em Frost (2015), foi registrado para o estado do Paraná um total de 148 espécies de anuros, pertencentes a 14 famílias, sendo elas: Alsodidae (n = 1 espécie), Brachycephalidae (11), Bufonidae (13), Centrolenidae (2), Ceratophrydae (1), Craugastoridae (1), Cycloramphidae (7), Hemiphractidae (2), Hylidae (68), Hylodidae (5), Leptodactylidae (28), Mycrohylidae (3), Odontophrynidae (5) e Ranidae (1) (Tabela 1). Dessa forma, considera-se que a lista aqui elaborada e apresentada está bastante próxima do número estimado de espécies de anuros para o estado do Paraná (Toledo e Batista 2012) e, portanto, constitui uma consistente aproximação para refletir as espécies existentes neste Estado.

Hylidae foi a família com o maior número de espécies de anuros no Paraná (n = 68, 45,9%), enquanto Alsodidae, Ceratophrydae, Craugastoridae e Ranidae, foram as menos representativas, com apenas uma espécie (0,7%) cada (Tabela 1). O gênero mais frequente foi *Scinax*, com 18 espécies de anuros encontradas, representando 12,2% do total de espécies conhecidas para o Estado. As espécies mais frequentemente registradas nos estudos foram: *Dendropsophus minutus* (Peters 1872), *Hypsiboas faber* (Wied-Neuwied 1821) (em 13 estudos), *Scinax fuscovarius* (Lutz 1925), (em 12 estudos), *Ischnocnema henselii* (Peters 1870), *Scinax perereca* Pombal, Haddad, e Kasahara 1955 e *Physalaemus cuvieri* Fitzinger 1826 (em 11 estudos). Esse resultado, em parte, reflete a ampla distribuição geográfica dessas espécies no Brasil (Frost 2015). Por outro lado, das 141 espécies de anuros encontradas nos estudos analisados, 58 (41%) delas figuraram em somente um estudo. Isso pode indicar que essas espécies possuem uma distribuição consideravelmente mais restrita. De fato, 13 delas, ou seja, 22% são endêmicas do Paraná, enquanto dez, 17%, além do Paraná, ocorrem apenas nos estados vizinhos de Santa Catarina e de São Paulo. Ou, ainda, este resultado pode indicar uma sub-amostragem de anuros no Paraná, provavelmente, em parte, uma consequência da incipiência de estudos sobre o grupo no Estado, além dos poucos trabalhos existentes estarem restritos a uma determinada região no Estado (veja adiante quando será tratado sobre *Comunidade/Inventário*). Adicionalmente, essa ocorrência restrita pontual para muitas espécies de anuros em parte deve resultar do processo de devastação das florestas no Estado, tornando os ambientes

estruturalmente mais pobres, o que afeta diretamente a riqueza dos anfíbios anuros, excluindo as espécies mais sensíveis.

Tabela 1 - Lista das espécies de anfíbios anuros registradas para o estado do Paraná, com base nos dados primários e nos estudos publicados e disponíveis na literatura sobre anuros no Estado no período de 1953 até 2015, guias especializados e nos registros contidos em Frost (2015), incluindo o status de conservação (Livro Vermelho da Fauna Ameaçada no Estado do Paraná, 2004; Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, 2008 e *IUCN Red List of Threatened Species*, 2015) e o caráter de endemismo (E) para o estado do Paraná, sul do Brasil.

TAXON	Distribuição no Brasil	Lista Vermelha PR	Lista Vermelha Nacional	Lista Vermelha IUCN
AMPHIBIA				
ANURA				
Alsodidae				
<i>Limnomedusa macroglossa</i> (Duméril e Bibron, 1841)	Sul	CR	-	LC
Brachycephalidae				
<i>Brachycephalus ferruginus</i> Alves, Ribeiro, Haddad, e Reis 2006	PR (Pico Marumbi, Morretes) E	-	-	DD
<i>Brachycephalus pernix</i> Pombal, Wistuba, e Bornschein 1998	PR (Quatro Barras, Morretes e São José dos Pinhais) E	CR	-	DD
<i>Brachycephalus hermogenesi</i> (Giaretta e Sawaya 1998)	RJ, SP e PR	-	-	LC
<i>Brachydactylus tridactylus</i> Garey, Lima, Hartmann e Haddad 2012	PR (Pico do Morato, Guaraqueçaba) E	-	-	-
<i>Brachycephalus pombali</i> Alves, Ribeiro, Haddad e Reis 2006	PR (Pico da Igreja, Guaratuba) E	-	-	DD
<i>Brachycephalus brunneus</i> Ribeiro, Alves, Haddad e Reis 2005	PR (Pico Caratuba, Campina Grande do Sul) E	-	-	DD
<i>Brachycephalus izecksohni</i> Ribeiro, Alves, Haddad e Reis 2005	PR (Pico Caratuba, Campina Grande do Sul) E	-	-	DD
<i>Brachycephalus leopardus</i> Ribeiro, Firkowski e Pie 2015	PR (Serra do Araçatuba, Tijucas do Sul e Morro dos Perdidos, Guaratuba) E	-	-	-
<i>Ischnocnema sambaqui</i> (Castanho e Haddad 2000)	PR (Guaraqueçaba e Morretes) E	DD	-	DD
<i>Ischnocnema henselii</i> (Peters 1870)	Sul	-	-	LC
<i>Ischnocnema paranaensis</i> (Langone e Segalla 1996)	PR (Próximo Pico do PR) E	EN	-	DD
Bufoidea				
<i>Rhinella abei</i> (Baldiçera, Caramaschi e Haddad 2004)	Sul	-	-	LC

<i>Rhinella ornata</i> (Spix 1824)	ES, RJ, MG, SP e PR	-	-	LC
<i>Rhinella hoogmoedi</i> Caramaschi e Pombal 2006	CE até PR	-	-	LC
<i>Rhinella schneideri</i> (Werner 1894)	CE até RS	-	-	LC
<i>Rhinella crucifer</i> (Wied-Neuwied 1821)	CE, PB, PE, SE, BA, MG, ES, RJ, PR	-	-	LC
<i>Rhinella icterica</i> (Spix 1824)	RS até BA, MG e GO	-	-	LC
<i>Rhinella henseli</i> (Lutz 1934)	Sul	-	-	LC
<i>Dendrophryniscus berthallutzae</i> Izecksohn 1994	PR e SC	-	-	LC
<i>Dendrophryniscus leucomystax</i> Izecksohn 1968	RJ, SP, PR e SC	-	-	LC
<i>Dendrophryniscus stawiariski</i> Izecksohn 1994	PR (Bituruna) E	DD	-	DD
<i>Melanophryniscus tumifrons</i> (Boulenger 1905)	PR e RS	-	-	LC
<i>Melanophryniscus vilavelhensis</i> Steinback-Padilha 2008	PR (Ponta Grossa) E	-	-	-
<i>Melanophryniscus alipioi</i> Langone, Segalla, Bornschein e de Sá 2008	PR (Campina Grande do Sul) E	-	-	DD
Centrolenidae				
<i>Vitreorana eurygnatha</i> (Lutz 1925)	SC, PR, Sudeste, BA e SE	-	-	LC
<i>Vitreorana uranoscopa</i> (Müller 1924)	Sul e Sudeste (exceto ES)	DD	-	LC
Ceratophryidae				
<i>Ceratophrys aurita</i> (Raddi 1823)	BA até RS	DD	-	LC
Craugastoridae				
<i>Haddadus binotatus</i> (Spix 1824)	BA até RS	-	-	LC
Cycloramphidae				
<i>Cycloramphus eleutherodactylus</i> (Miranda-Ribeiro 1920)	RJ, SP e PR	DD	-	DD
<i>Cycloramphus izecksohni</i> Heyer 1983	SP, PR e SC	-	-	DD
<i>Cycloramphus bolitoglossus</i> (Werner 1897)	PR e SC	DD	-	DD
<i>Cycloramphus lutzorum</i> Heyer 1983	SP e PR	DD	-	DD
<i>Cycloramphus mirandaribeiroi</i> Heyer 1983	PR (São João da Graciosa) E	DD	-	DD
<i>Cycloramphus rhyakonastes</i> Heyer 1983	PR e SC	DD	-	LC
<i>Cycloramphus duseni</i> (Andersson 1914)	PR (Ipiranga) E	DD	-	DD
Hemiphractidae				

<i>Fritziana fissilis</i> (Miranda-Ribeiro 1920)	ES, RJ, SP e PR	-	-	-
<i>Gastrotheca microdiscus</i> (Andersson 1910)	ES, RJ, SP, PR e SC	DD	-	LC
Hylidae				
<i>Aparasphenodon bokermanni</i> Pombal 1993	SP, PR e SC	-	-	DD
<i>Aplastodiscus albosignatus</i> (Lutz e Lutz 1938)	SP e PR	-	-	LC
<i>Aplastodiscus ehrhardti</i> (Müller 1924)	SP, PR e SC	-	-	LC
<i>Aplastodiscus perviridis</i> Lutz 1950	Sul, Sudeste (exceto ES), TO e GO	-	-	LC
<i>Bokermannohyla circumdata</i> (Cope 1871)	SC, PR, Sudeste e BA	-	-	LC
<i>Bokermannohyla hylax</i> (Heyer 1985)	Sul, SP e RJ	-	-	LC
<i>Bokermannohyla claresignata</i> (Lutz e Lutz 1939)	RJ, SP e PR	-	-	DD
<i>Bokermannohyla langei</i> (Bokermann 1965)	PR (Morretes) E	DD	-	DD
<i>Dendropsophus anceps</i> (Lutz 1929)	BA até PR	CR	-	LC
<i>Dendropsophus berthelutzae</i> (Bokermann 1962)	ES, RJ, SP e PR	-	-	LC
<i>Dendropsophus microps</i> (Peters 1872)	BA até RS	-	-	LC
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters 1872)	Brasil	-	-	LC
<i>Dendropsophus nahdereri</i> (Lutz e Bokermann 1963)	PR e SC	-	-	LC
<i>Dendropsophus seniculus</i> (Cope 1868)	PR até ES, MG e BA	-	-	LC
<i>Dendropsophus weneri</i> (Cochran 1952)	Sul e SP	-	-	LC
<i>Dendropsophus elegans</i> (Wied-Neuwied 1824)	PR, SP, RJ, MG e BA	-	-	LC
<i>Dendropsophus meridianus</i> (Lutz 1954)	Sul, Sudeste e BA	-	-	LC
<i>Dendropsophus sanborni</i> (Schmidt 1944)	Sul	-	-	LC
<i>Dendropsophus nanus</i> (Boulenger 1889)	Brasil	-	-	LC
<i>Hypsiboas albomarginatus</i> (Spix 1824)	PE até SC	-	-	LC
<i>Hypsiboas albopunctatus</i> (Spix 1824)	Sul, Sudeste e Centro	-	-	LC
<i>Hypsiboas bischoffi</i> (Boulenger 1887)	RJ até RS	-	-	LC
<i>Hypsiboas faber</i> (Wied-Neuwied 1821)	PE até RS	-	-	LC
<i>Hypsiboas prasinus</i> (Burmeister 1856)	MG, RJ, SP e PR	-	-	LC
<i>Hypsiboas semilineatus</i> (Spix 1824)	PE até SC	-	-	LC
<i>Hypsiboas raniceps</i> Cope 1862	Brasil (exceto AC, RR, AP, ES, SC e RS)	-	-	LC

<i>Hypsiboas semiguttatus</i> (Lutz 1925)	PR e SC	-	-	LC
<i>Hypsiboas caingua</i> (Carrizo 1991)	MS, SP, PR e RS	-	-	LC
<i>Hypsiboas curupi</i> Garcia, Faivovich e Haddad 2007	PR, SC e RS	-	-	LC
<i>Hypsiboas pulchellus</i> (Duméril e Bibron 1841)	Sul	-	-	LC
<i>Hypsiboas leptolineatus</i> (Braun e Braun 1977)	Sul	-	-	LC
<i>Hypsiboas punctatus</i> (Schneider 1799)	Brasil (exceto RS, SC, CE, RN e PB)	-	-	LC
<i>Hypsiboas crepitans</i> (Wied-Neuwied 1824)	SE, AL, BA, ES, MG, RJ e PR	-	-	LC
<i>Itapohihyla langsdorffii</i> (Duméril e Bibron 1841)	SE até RS	-	-	-
<i>Lysapsus limellum</i> Cope 1862	MT, MS e PR	-	-	LC
<i>Phasmahyla guttata</i> (Lutz 1924)	RJ, SP, ES e PR	DD	-	LC
<i>Phrynomedusa fimbriata</i> Miranda-Ribeiro 1923	RJ até SC	-	EX	EX
<i>Phrynomedusa appendiculata</i> (Lutz 1925)	SC e PR	DD	-	NT
<i>Phyllomedusa distincta</i> Lutz 1950	SP, PR e SC	-	-	LC
<i>Phyllomedusa tetraploidea</i> Pombal e Haddad 1992	SP, PR e SC	-	-	LC
<i>Phyllomedusa rustica</i> Bruschi, Lucas, Garcia e Recco-Pimentel, 2014	PR e SC	-	-	-
<i>Scinax argyreornatus</i> (Miranda-Ribeiro 1926)	BA, MG, ES, RJ e SP, PR	-	-	LC
<i>Scinax catharinae</i> (Boulenger 1888)	Sul	-	-	LC
<i>Scinax fuscomarginatus</i> (Lutz 1925)	Centro, PR, Sudeste (exceto ES), TO, AM, Nordeste (exceto SE, PE e PB)	-	-	LC
<i>Scinax fuscovarius</i> (Lutz 1925)	Sul, Sudeste, Centro, TO e BA	-	-	LC
<i>Scinax hayii</i> (Barbour 1909)	Sudeste, PR e SC	-	-	LC
<i>Scinax perereca</i> Pombal, Haddad e Kasahara 1995	Sul e SP	-	-	LC
<i>Scinax perpusillus</i> (Lutz e Lutz 1939)	BA, ES, RJ, SP e PR	-	-	LC
<i>Scinax rizibilis</i> (Bokermann 1964)	SP, PR e SC	-	-	LC
<i>Scinax berthae</i> (Barrio 1962)	Sul e Sudeste	-	-	LC
<i>Scinax granulatus</i> (Peters 1871)	Sul	-	-	LC
<i>Scinax squalirostris</i> (Lutz 1925)	SUL, MS, MG e SP	-	-	LC
<i>Scinax uruguayus</i> (Schmidt 1944)	PR e SC	-	-	LC
<i>Scinax nasicus</i> (Cope 1862)	Sul e SP	-	-	LC

<i>Scinax aromothyella</i> Faivovich 2005	Sul	-	-	LC
<i>Scinax imbegue</i> Nunes, Kwet e Pombal Jr. 2012	SP, PR e SC	-	-	DD
<i>Scinax tymbamirim</i> Nunes, Kwet, e Pombal 2012	Sul, SP e RJ	-	-	-
<i>Scinax x-signatus</i> (Spix 1824)	Brasil (exceto SC e RS)	-	-	LC
<i>Scinax littoralis</i> (Pombal e Gordo 1991)	RJ até SC	-	-	LC
<i>Sphaenorhynchus surdus</i> (Cochran 1953)	Sul e SP	-	-	LC
<i>Sphaenorhynchus caramaschii</i> Toledo, Garcia, Lingnau e Haddad 2007	Sul, Sudeste e BA	-	-	LC
<i>Trachycephalus mesophaeus</i> (Hensel 1867)	RJ, SP e PR	-	-	LC
<i>Trachycephalus imitatrix</i> (Miranda-Ribeiro 1926)	RJ, SP e PR	-	-	-
<i>Trachycephalus typhonius</i> (Linnaeus 1758)	Sul	-	-	-
<i>Trachycephalus dibernardo</i> Kwet e Solé 2008	Sul	-	-	LC
<i>Pseudis cardosoi</i> Kwet 2000	Sul	-	-	NT
<i>Pseudis platensis</i> Gallardo 1961	MS; MT; PR; RS; SC; SP	-	-	DD
<i>Pseudis paradoxa</i> (Linnaeus 1758)	RR, AM, AP, RO, MA, PA, MT, MS, SP e PR	-	-	LC
Hylodidae				
<i>Crossodactylus schmidti</i> Gallardo 1961	Sul	-	-	LC
<i>Crossodactylus caramaschii</i> Bastos e Pombal 1995	SP e PR	-	-	LC
<i>Hylodes heyeri</i> Haddad, Pombal e Bastos 1996	Sul	-	-	LC
<i>Hylodes nasus</i> (Lichtenstein 1823)	SP e PR	-	-	LC
<i>Hylodes cardosoi</i> Lingnau, Canedo e Pombal 2008	Sul, Sudeste, Centro, Nordeste, TO e PA	-	-	LC
Leptodactylidae				
<i>Adenomera marmorata</i> Steindachner 1867	Sul, Sudeste, Centro, RO, TO e BA, SC e PR	-	-	LC
<i>Adenomera nana</i> (Müller 1922)	BA, SC e PR	-	-	LC
<i>Adenomera bokermanni</i> (Heyer 1973)	RJ até SC	-	-	LC
<i>Adenomera diptyx</i> (Boettger 1885)	Sul	-	-	LC
<i>Physalaemus biligonigerus</i> (Cope 1861)	MG até SC	-	-	LC
<i>Physalaemus gracilis</i> (Boulenger 1883)	SP, PR e SC	-	-	-
<i>Physalaemus cuvieri</i> Fitzinger 1826	RJ até SC	-	-	LC

<i>Physalaemus maculiventris</i> (Lutz 1925)	SP até RS	DD	-	LC
<i>Physalaemus nattereri</i> (Steindachner 1863)	PR, Sudeste e Centro	-	-	LC
<i>Physalaemus offersii</i> (Lichtenstein e Martens 1856)	SP e PR	-	-	LC
<i>Physalaemus spiniger</i> (Miranda-Ribeiro 1926)	Sul	-	-	LC
<i>Physalaemus henselii</i> (Peters 1872)	Sul	-	-	LC
<i>Physalaemus insperatus</i> Cruz, Cassini e Caramaschi 2008	PR (Guaratuba) E	-	-	DD
<i>Physalaemus lateristriga</i> (Steindachner 1864)	Sul	-	-	LC
<i>Leptodactylus fuscus</i> (Schneider 1799)	Sul	-	-	LC
<i>Leptodactylus gracilis</i> (Duméril e Bibron 1840)	PR e Sudeste	-	-	LC
<i>Leptodactylus mystaceus</i> (Spix 1824)	Norte, Nordeste, Centro, MG, SP e PR	-	-	LC
<i>Leptodactylus mystacinus</i> (Burmeister 1861)	Sudeste, PR e SC	-	-	LC
<i>Leptodactylus notoaktites</i> Heyer 1978	Brasil (exceto AC, RR e AP)	-	-	LC
<i>Leptodactylus plaumanni</i> Ahl 1936	MT, GO, TO, MS, MG, SP, PR, RJ e BA	-	-	LC
<i>Leptodactylus furnarius</i> Sazima e Bokermann 1978	SC, PR, SP, RJ, MG, BA e ES	-	-	LC
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i> (Spix 1824)	SP e PR	-	-	LC
<i>Leptodactylus podicipinus</i> (Cope 1862)	PR e SC	DD	-	LC
<i>Leptodactylus flavopictus</i> Lutz 1926	Brasil	-	-	LC
<i>Leptodactylus latrans</i> (Steffen 1815)	PR, SP e BA e MG	-	-	
<i>Scythrophrys sawayae</i> (Cochran 1953)	Sul	DD	-	LC
<i>Pleurodema bibroni</i> Tschudi 1838	Sul	-	-	NT
<i>Pseudopaludicola mystacalis</i> (Cope 1887)	Sul	-	-	LC
Microhylidae				
<i>Elachistocleis bicolor</i> (Guérin-Méneville 1838)	SUL, SP, MG, MS, GO	-	-	LC
<i>Elachistocleis cesarii</i> (Miranda-Ribeiro 1920)	Sudeste, RN, AL, CE, SE, BA, GO, MT, MS e PR	DD	-	-
<i>Chiasmocleis leucosticta</i> (Boulenger 1888)	SP até SC	DD	-	LC
Odontophrynidae				
<i>Odontophrynus americanus</i> (Duméril e Bibron 1841)	Sul, SP e MG	-	-	LC
<i>Proceratophrys boiei</i> (Wied-Neuwied 1824)	SC, PR, Sudeste, BA, SE, AL e PE	-	-	LC

<i>Proceratophrys subguttata</i> Izecksohn, Cruz e Peixoto 1999	PR e SC	-	-	LC
<i>Proceratophrys avelinoi</i> Mercadal de Barrio e Barrio 1993	PR e RS	-	-	LC
<i>Proceratophrys brauni</i> Kwet e Faivovich 2001	Sul	-	-	LC
Ranidae				
<i>Lithobates catesbeianus</i> (Shaw 1802)	Sul, Sudeste, GO, AL e PI	-	-	LC

Quantas e quais são as espécies de anuros endêmicas do estado do Paraná? E onde elas estão?

Foi encontrado um total de 16 espécies de anfíbios anuros endêmicas para o estado do Paraná (10,8% do total de espécies registradas): *Brachycephalus ferruginus* Alves, Ribeiro, Haddad e Reis 2006 (Pico do Marumbi, Morretes), *Brachycephalus pernix* Pombal, Wistuba e Bornschein 1998 (Quatro Barras, Morretes e São José dos Pinhais), *Brachycephalus tridactylus* Garey, Lima, Hartmann e Haddad 2012 (Pico do Morato, Guaraqueçaba), *Brachycephalus pombali* Alves, Ribeiro, Haddad e Reis 2006 (Pico da Igreja, Guaratuba), *Brachycephalus brunneus* Ribeiro, Alves, Haddad e Reis 2005 (Pico Caratuva, Campina Grande do Sul), *Brachycephalus izecksohni* Ribeiro, Alves, Haddad e Reis 2005 (Pico Caratuva, Campina Grande do Sul), *Brachycephalus leopardos* Ribeiro, Firkowski e Pie 2015 (Serra do Araçatuda, Tijucas do Sul e Morro dos Perdidos, Guaratuba), *Ischnocnema paranaensis* (Langone e Segalla 1996) (Próximo ao Pico do Paraná), *Ischnocnema sambaqui* (Castanho e Haddad 2000) (Guaraqueçaba e Morretes) (Brachycephalidae), *Dendrophryniscus stawiarskyi* Izecksohn 1994 (Bituruna), *Melanophryniscus vilavelhensis* Steinbach-Padilha 2008 (Ponta Grossa), *Melanophryniscus alipioi* Langone, Segalla, Bornschein e de Sá 2008 (Campina Grande do Sul), (Bufonidae), *Cycloramphus mirandaribeiroi* Heyer 1983 (São João da Graciosa), *Cycloramphus duseni* (Anderson 1914) (Ipiranga) (Cycloramphidae), *Bokermannohyla langei* (Bokermann 1965) (Morretes) (Hylidae) e *Physalaemus insperatus* Cruz, Cassini e Caramaschi 2008 (Guaratuba) (Leptodactylidae) (Tabela 1). Destas, 12 espécies (exceto *B. pernix*, *I. sambaqui*, *C. mirandaribeiroi* e *S. dolloi*) foram registradas até o momento apenas em sua localidade tipo. Dentre as espécies endêmicas, observa-se uma tendência da maioria delas pertencerem à família Brachycephalidae (nove espécies, 56,2% do total), e entre elas, destacam-se aqui as sete espécies do gênero *Brachycephalus*, representando 24% do total de 29 espécies conhecidas para o gênero atualmente (Frost 2015). As espécies desse gênero distribuem-se do estado da Bahia até Santa Catarina e, em sua maioria, ocorrem acima dos 600 m de altitude na Serra do Mar (Frost 2015). Muitas delas foram descobertas recentemente (Alves et al. 2006; Garey et al. 2012; Ribeiro et al. 2015), o que destaca a importância das amostragens em remanescentes de Mata Atlântica pouco explorados e, algumas vezes, de difícil acesso, em áreas de

elevadas altitudes. Há uma tendência de que as áreas dos corredores de biodiversidade (Corredor Central da Mata Atlântica, Corredor da Serra do Mar e Corredor do Nordeste; Rocha et al. 2003; 2005) abriguem considerável número de espécies endêmicas de vertebrados, como as de anfíbios anuros, e a costa norte do Paraná está localizada no maior remanescente contínuo de Mata Atlântica, inserido no Corredor de biodiversidade da Serra do Mar (Câmara 2005), o que leva a crer que o estado do Paraná possa abrigar ainda mais espécies de anuros exclusivas do que as conhecidas atualmente.

Espécies de anfíbios anuros exóticas e invasoras no estado do Paraná

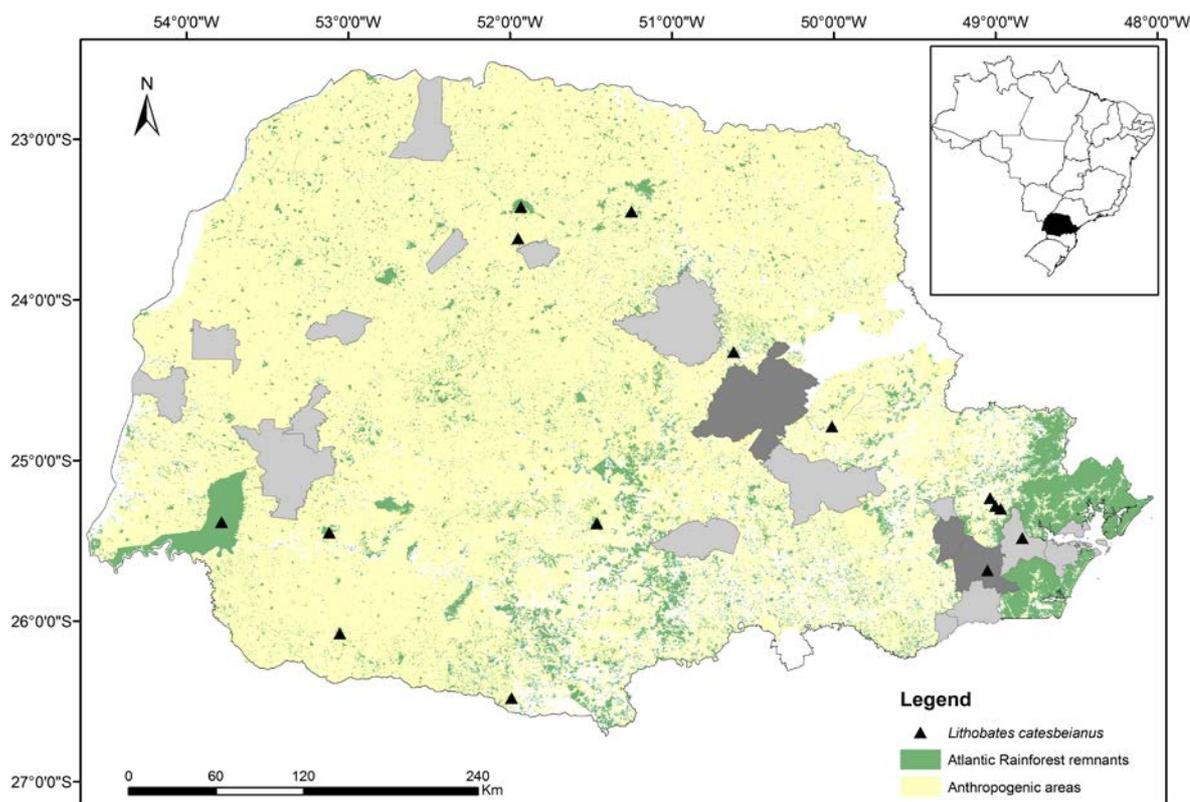
O anuro exótico e invasor *Lithobates catesbeianus* (Shaw1802) (Ranidae), conhecido popularmente como Rã-touro, foi introduzido em diversas regiões do mundo, onde se adaptou a diferentes condições ambientais. O anuro é originário do leste da América do Norte (exceto Florida), Canadá (Nova Escócia, sul de Quebec e Ontário do sul) e México (Hidalgo e Veracruz), tendo sido introduzido no Brasil por ranários para produção e comercialização como alimento (Rocha et al.2011). *Lithobates catesbeianus* foi registrado no Paraná em oito estudos (Bernarde e Machado 2001; Machado e Bernarde 2002; Conte e Rossa-Feres 2006; Armstrong e Conte 2010; Both et al. 2011; Affonso e Delariva 2012; Leiva et al.2012; Affonso et al. 2014) em 15 localidades no Estado (Tabela 2, Figura 8). Foram registradas 19 localidades possuindo ranários comerciais no Paraná (Figura 8), sendo que as áreas com registro de invasão por *L. catesbeianus* estiveram muito próximas destas localidades (a 60 km de distância, aproximadamente; Figura 8), indicando que em grande parte a invasão atual de áreas naturais por *L. catesbeianus*, possivelmente, resulta do escape de indivíduos da espécie destes criadouros para a natureza. Como a espécie está relativamente espalhada pelo Paraná, em áreas nas diferentes regiões do Estado, é possível que a real invasão da Rã-touro no Estado possa ser maior do que se supunha. Estudos em áreas ainda não amostradas no Estado também podem registrar a ocorrência de *L. catesbeianus*. Em relação ao uso do habitat, parece que, as áreas abertas e antropizadas favorecem a ocorrência e a invasão de espécies; possivelmente porque a invasão começa após alguns anuros escaparem de fazendas de ranicultura (Rocha et al. 2011), que geralmente estão localizados em ambientes abertos. Este cenário de invasão é preocupante porque,

associada ao dano conhecido para as populações de anuros nativos (e, possivelmente, a outros organismos simpátricos), há também uma falta de conhecimento sobre os possíveis efeitos negativos para as comunidades locais e ambientes invadidos, que dificulta a compreensão dos processos ecológicos que regem essa invasão. O primeiro agente para a invasão de espécies tem sido indicado como o homem (Rocha et al. 2011), como foi encontrado nestes estudos no Paraná. No entanto, para saber mais sobre a adaptação desta espécie de anuro, é necessário entender sua biologia reprodutiva no estado do Paraná e como essa espécie escapa de predadores e / ou sobre a sua predação sobre as espécies locais. É importante que, em um futuro próximo, os planos de controle, gestão e remoção das espécies invasoras de ambientes naturais comecem a ser desenvolvidos, a fim de impedir ainda mais a propagação de *L. catesbeianus* pelo Paraná. A consistente relação entre as localidades com ranários e as localidades com registro de *L. catesbeianus* no estado do Paraná indicam que no controle da invasão de *L. catesbeianus* uma atenção especial deve ser dada para o potencial escape dos anuros destes criadouros. Cabe ressaltar, que a parte referente a estes resultados sobre espécies invasoras oriundos desta revisão, e apresentados nesta sessão, já estão publicados na Revista Brasileira de Zociências, Volume 16 (ver Apêndice).

Tabela 2: Registro de ocorrência de *Lithobates catesbeianus* e habitats utilizados pelo anuro em áreas invadidas no estado do Paraná, sul do Brasil, de acordo com estudos publicados. Lagoa temporária (LT), açude permanente (AP), lago (L), borda de fragmentos florestais (BFF) e área aberta (AA).

Localidade	Longitude	Latitude	Habitat	Fonte
Três Barras do Paraná	-53.116667	-25.450000	LT, AP em AA	Bernarde e Machado 2001
Londrina	-51.250000	-23.450000	-	Machado e Bernarde 2002
São José dos Pinhais	-49.050000	-25.683333	AP	Conte e Rossa-Feres 2006
Morretes	-48.833333	-25.483333	AP, L em AA	Armstrong e Conte 2010
Telêmaco Borba	-50.618067	-24.325003	-	Both et al. 2011
Francisco Beltrão	-53.051989	-26.077944	-	Both et al. 2011
Guarapuava	-51.462808	-25.390739	-	Both et al. 2011
Palmas	-51.990875	-26.480322	-	Both et al. 2011
Itambé	-51.950000	-23.616667	BFF	Affonso e Delariva 2012
Quatro Barras	-48.966667	-25.300000	-	Leivas et al. 2012
Campina Grande do Sul	-49.000000	-25.283333	-	Leivas et al. 2012
Bocaiúva do Sul	-49.033333	-25.233333	-	Leivas et al. 2012
Maringá	-51.933053	-23.421008	-	Affonso et al. 2014
Foz do Iguaçu	-53.817783	-25.460508	-	Instituto Hórus 2015
Castro	-50.011244	-24.789572	-	Instituto Hórus 2015

Figura 7 - Localidades com registros de invasão por *Lithobates catesbeianus* no estado do Paraná, sul do Brasil (triângulos; municípios de Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Morretes, Quatro Barras, São José dos Pinhais, Foz do Iguaçu, Três Barras do Paraná, Itambé, Londrina, Maringá, Castro, Telêmaco Borba, Francisco Beltrão, Guarapuava e Palmas) e os limites dos municípios que possuem ranários comerciais (Agudos do Sul, Almirante Tamandaré, Curitiba, Morretes, Paranaguá, São José dos Pinhais, Tijucas do Sul, Cascavel, Corbélia, Marechal Cândido Rondon, Palotina, Bom Sucesso, Goioerê, Terra Boa, Irati, Ortigueira, Ponta Grossa, Tibagi e Paranavai).



Legenda: Municípios na cor cinza claro possuem um ranário e municípios em cinza escuro possuem duas fazendas com ranário.

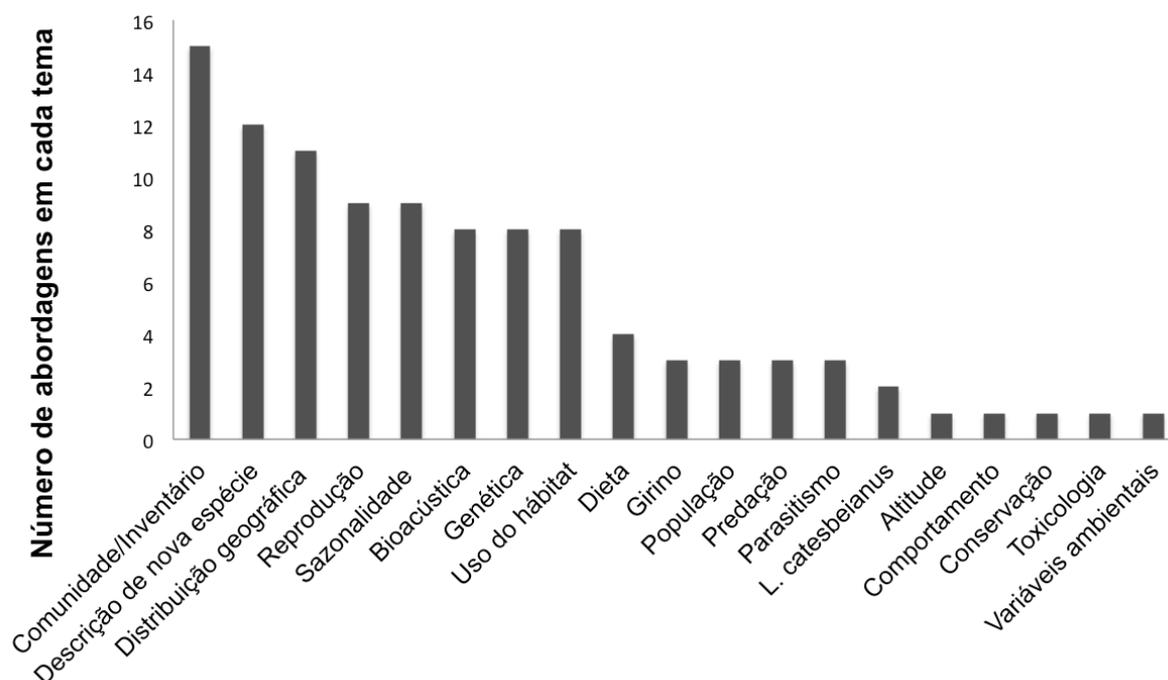
Nota: Mapa de Gisele Winck.

As abordagens dos estudos sobre anfíbios anuros no estado do Paraná

Os estudos publicados sobre os anuros no Paraná abordaram seguintes temas: Comunidade/Inventário, Descrição de nova espécie, Distribuição geográfica, Reprodução, Sazonalidade, Bioacústica, Genética, Uso do hábitat, Dieta, Girino, População, Predação, *Lithobates catesbeianus* (*L. catesbeianus*), Parasitismo, Altitude, Comportamento, Conservação, Toxicologia e Variáveis ambientais (Figura 9). Os temas mais frequentemente tratados foram Comunidade/Inventário e Descrição de nova espécie. Cabe destacar, que na maioria dos casos esses estudos

envolveram mais de um dos temas acima citados (por ex.: “Descrição de nova espécie e Distribuição geográfica”, “Variáveis ambientais e Altitude”). Por essa razão, os valores de frequência de temas expressos neste estudo são referentes ao número de vezes que um determinado tema foi abordado em toda a bibliografia acessada e não apenas em termos do número de artigos existentes sobre determinado tema.

Figura 8 - Frequência com que os diferentes temas foram abordados nos estudos existentes sobre anfíbios anuros no estado do Paraná, sul do Brasil, durante 1953 e 2015.



Os estudos abordando o tema Comunidade/Inventário (Bernarde e dos Anjos 1999; Machado et al. 1999; Bernarde e Machado 2001; Machado e Bernarde 2002; Conte e Machado 2005; Conte e Rossa-Feres 2006; 2007; Armstrong e Conte 2010; Cunha et al. 2010; Santos-Pereira et al. 2011; Garey e Hartmann 2012; Toledo e Batista 2012; Affonso e Delariva 2012; Affonso et al. 2014; Crivellari et al. 2014) foram os mais frequentes e representaram 14,6% (n = 15) do total do número de vezes que um tema foi abordado nos artigos publicados acessados (Tabela 3). Estes estudos, basicamente, trataram da composição de espécies de anuros e, em alguns casos (e.g. Bernarde e dos Anjos 1999; Armstrong e Conte 2010), forneceram

informações sobre *Uso do habitat* e sobre Sazonalidade (Tabela 3). A maior parte dos estudos (n = 8 ou 57%) sobre Comunidade/Inventário foi realizada na região Metropolitana de Curitiba (que engloba também toda a costa litorânea do Paraná) (Tabela 3), justamente onde uma maior quantidade de áreas está preservada no Estado. A costa norte do Paraná mantém mais da metade das áreas de Floresta Ombrófila Densa originais protegidas (Hassler 2005), o que, possivelmente, pode facilitar na escolha das áreas de coletas de dados pelos pesquisadores, uma vez que esses locais protegidos geralmente são Unidades de Conservação, que, por sua vez, possuem facilidades para a execução das pesquisas. A proximidade com Universidades, como a Universidade Federal do Paraná e a Universidade Estadual Paulista, por exemplo, também podem ter contribuído para um maior número de estudos nesta região. Na região Norte Central, foram realizados quatro estudos (28%) sobre comunidades de anuros, e estes, também, foram executados em localidades próximas à Universidades (Universidade Estadual de Londrina). Foi recorrente, nos estudos avaliados, os autores alertarem para a destruição dos habitats (principalmente das florestas) como uma das principais causas afetando negativamente as comunidades localmente estudadas, o que reforça a urgência da recuperação e conservação dos habitats para a manutenção das comunidades de anuros no Paraná. Os estudos sobre Comunidade/Inventário de anuros no Estado, além de incrementarem o entendimento acerca das relações ecológicas das espécies no tempo e no espaço (praticamente a metade dos estudos nesse tema forneceram também informações sobre sazonalidade e uso do habitat), proveem listas de espécies, ainda que introdutórias, mas que constituem subsídio fundamental para permitir o monitoramento da fauna e dos seus habitats, permitindo a avaliação do estado de conservação de espécies que possam subsidiar medidas de conservação (Pimenta et al. 2005). Portanto, a lacuna de estudos sobre comunidades de anuros na maioria das regiões do Paraná aponta para a necessidade de expandir as pesquisas para outras localidades em diferentes regiões no Estado, a fim de incentivar estas medidas de conservação nestas regiões.

Tabela 3 - Estudos que abordaram o tema Comunidade/Inventário realizados no estado do Paraná, sul do Brasil, no período de 1999 até 2014.

Ano	Autores	Espécies de anuros (n)	Região geográfica	Município	Fitofisionomia	Sazonalidade	Uso do habitat
1999	Bernarde e dos Anjos	24	Norte Central	Londrina	FES	x	x
1999	Machado et al.	24 / 14	Norte Central	Londrina	FES		x
2001	Bernarde e Machado	23	Oeste	Três Barras do Paraná	FES		
2002	Machado e Bernarde	43	Centro Oeste		FOM	x	x
2005	Conte e Machado	23	Metropolitana de Curitiba	Tijucas do Sul	FOM	x	x
2006	Conte e Rossa-Feres	34	Metropolitana de Curitiba	São José dos Pinhais	FOM e FOD	x	x
2007	Conte e Rossa-Feres	32	Metropolitana de Curitiba	Fazenda Rio Grande	FOM	x	x
2010	Armstrong e Conte	32	Metropolitana de Curitiba	Morretes	FOD		x
2010	Cunha et al.	32	Metropolitana de Curitiba	São José dos Pinhais	FOD	x	x
2011	Santos-Pereira et al.	7	Metropolitana de Curitiba	Guaraqueçaba	FOD	x	
2012	Garey e Hartmann	42	Metropolitana de Curitiba	Guaraqueçaba	FOD		
2012	Toledo et al.	147	Todo o Estado				
2012	Afonso e Delariva	15	Norte Central	Marialva, Itambé e Londrina	FES		
2014	Afonso et al.	21	Norte Central	Maringá	FES		
2014	Crivellari et al.	61	Metropolitana de Curitiba	Curitiba	FOM e Campos Sulinos		

Legenda: FOD = Floresta Ombrófila Densa, FOM = Floresta Ombrófila Mista, FES = Floresta Estacional Semidecidual

O tema Descrição de nova espécie foi o segundo que mais figurou nas publicações acessadas ($n = 12$, 11,6% do total) e os cinco primeiros estudos realizados sobre anuros no Paraná (Cochran 1953; Bokermann 1965; Pombal e Haddad 1992; Izecksohn 1993; Pombal et al. 1998) trataram de descrições de espécies. Transcorreram-se 63 anos desde o primeiro estudo realizado sobre anuros no Paraná (Cochran 1953) e um total de 14 novas espécies de anuros foi descrita para o Estado (Tabela 4), o que pode ser considerado um número relativamente baixo, tendo em vista o tempo decorrido desde o primeiro estudo. Das descrições de novas espécies, podem-se depreender dois fatos destacáveis: i) assim como ocorreu nos estudos sobre comunidades de anuros, a grande maioria (79%) das descrições de novas espécies estava restrita à região Metropolitana de Curitiba, com grande parte das novas espécies tendo localidade-tipo a menos de 70 km de Curitiba e apenas duas com localidade-tipo a cerca de 100 km de distância de Curitiba (em Guaraqueçaba e em Guaratuba); ii) que o número de descrições de novas espécies aumentou consideravelmente a partir de 2000 (incremento de 58% das descrições). Os dados mostraram que os estudos realizados estão restritos a uma reduzida região do Estado e provenientes de poucas localidades nessa região. Assim, é necessário que sejam realizados estudos em demais regiões do Paraná, o que provavelmente deve aumentar consideravelmente o número atual de espécies conhecidas para o Estado. A restrita área em que se concentram as descrições de novas espécies no Paraná, em conjunto com o incremento recente de descrições nos últimos anos é sugestivo de que haja ainda muitas espécies desconhecidas para a ciência com ocorrência para o Paraná, o que está de acordo com a previsão de Pimm et al. (2010) de que faltam muitas espécies de anuros ainda a serem descobertas no Brasil.

Tabela 4 - Estudos que descreveram novas espécies de anuros para localidades no estado do Paraná, sul do Brasil, no período de 1953 a 2015.

Ano	Autores	Espécie de anuro	Família	Localidade tipo	Região geográfica
1953	Cochran	<i>Scythrophrys sawayae</i> sinônimo: <i>Zachaenus sawayae</i>	Leptodactylidae	Banhado, em Quatro Barras	Metropolitana de Curitiba
1953	Cochran	<i>Sphaenorhynchus surdus</i> sinônimo: <i>Hyla aurantiaca surda</i>	Hylidae	Curitiba	Metropolitana de Curitiba
1965	Bokermann	<i>Bokermannohyla langei</i> sinônimo: <i>Hyla langei</i>	Hylidae	Morretes	Metropolitana de Curitiba
1992	Pombal e Haddad	<i>Phyllomedusa tetraploidea</i>	Hylidae	-	-
1993	Izecksohn	<i>Dendrophryniscus stawiarskyi</i>	Bufonidae	Bituruna	Sudeste
1998	Pombal et al.	<i>Brachycephalus pernix</i>	Brachycephalidae	Quatro Barras	Metropolitana de Curitiba
2000	Castanho e Haddad	<i>Ischnocnema sambaqui</i>	Brachycephalidae	Guaraqueçaba	Metropolitana de Curitiba
2006	Alves et al.	<i>Brachycephalus ferruginus</i>	Brachycephalidae	Morretes (Pico do Marumbi)	Metropolitana de Curitiba
2006	Alves et al.	<i>Brachycephalus pombali</i>	Brachycephalidae	Guaratuba (Pico da Igreja)	Metropolitana de Curitiba
2008	Cruz et al.	<i>Physalaemus insperatus</i>	Leptodactylidae	Guaratuba	Metropolitana de Curitiba
2008	Langone et al.	<i>Melanophryniscus alipioi</i>	Bufonidae	Campina Grande do Sul	Metropolitana de Curitiba
2008	Steinbach-Padilha	<i>Melanophryniscus vilavelhensis</i>	Bufonidae	Ponta Grossa	Centro Oriental
2012	Garey et al.	<i>Brachycephalus tridactylus</i>	Brachycephalidae	Guaraqueçaba (Pico do Morato)	Metropolitana de Curitiba
2015	Ribeiro et al.	<i>Brachycephalus leopardos</i>	Brachycephalidae	Tijucas do Sul	Metropolitana de Curitiba

O tema Distribuição geográfica foi abordado em 10,7% do total de temas tratados nos estudos disponíveis acessados, figurando em 11 deles (Machado et al. 1999; Moresco et al. 2009; Conte et al. 2010; Santos-Pereira et al. 2010; 2013; Affonso et al. 2011; 2014; Toledo e Batista 2012; Pie et al. 2013; Toledo et al. 2014; Oda et al. 2014). A maioria destes estudos ($n = 9,82\%$) foi constituída por notas e artigos sobre o aumento da Distribuição geográfica de anuros, e entre os outros dois estudos, um deles (Pie et al. 2013) usou a modelagem de nicho ambiental para investigar a distribuição de anuros do gênero *Brachycephalus* e o outro (Toledo e Batista 2012) estimou a diversidade de anuros brasileiros baseados nos mapas de distribuição das espécies, na literatura e nas descrições recentes de espécies. Como resultado, estes autores disponibilizaram uma lista de espécies de anuros preditas de ocorrerem no Brasil e o Estado de ocorrência de cada uma delas, sendo possível obter a partir daí, o número de espécies para o Paraná. Até então, esta foi a publicação que resultou no maior número de espécies de anuros para o estado do Paraná, totalizando 147 espécies estimadas (Toledo e Batista 2012). Em termos de Distribuição geográfica ainda é difícil fazer qualquer inferência sobre a distribuição dos anuros no Paraná, considerando que faltam estudos e informações sobre as espécies de anuros na maior parte do Estado. Além do mais, a maioria dos estudos sobre este tema compõe notas pontuais de aumento de distribuição das espécies de anuros, que não constituem estudos delineados para tal propósito.

Em termos de Reprodução, os estudos (Bernarde e Machado 2001; Machado e Bernarde 2002; Langone et al. 2008; Miranda et al. 2008; Armstrong e Conte 2010; Vasconcelos et al. 2010; Garey e Hartmann 2012; Toledo et al. 2012; Garey et al. 2012) representaram 8,7% ($n = 9$) dos artigos disponíveis na literatura e contemplaram, basicamente, os modos reprodutivos das espécies de anuros. Estes estudos refletem uma diversa gama de modos, facilitados pela ampla variedade de ambientes e microambientes disponíveis nos ecossistemas, basicamente da Mata Atlântica, no Estado. As abordagens neste sentido, mais uma vez, apontam para a necessidade de ampliação das medidas de conservação de áreas no Paraná, visando proteger efetivamente os tipos de habitats existentes que permitem a efetivação de tais modos reprodutivos e, conseqüentemente a persistência local das espécies, protegendo a diversidade de espécies de anuros no estado do Paraná.

Os estudos contendo informações sobre Sazonalidade (Bernarde e dos Anjos 1999; Machado e Bernarde 2002; Conte e Machado 2005; Conte e Rossa-Feres

2006; 2007; Cafofo-Silva et al. 2009; Hiert e Moura 2010; Santos-Pereira et al. 2011) se restringiram também a apenas nove estudos (8,7% do total) e, na maioria das vezes, confirmaram a influência das variações sazonais climáticas sobre as populações e comunidades de anuros estudadas no Paraná. De forma geral, as espécies de anuros diminuíram a sua atividade nos meses mais secos e frios do ano (outono e inverno), indicando que a influência da sazonalidade constitui um padrão afetando os anuros no Paraná, assim como foi observado em outros estudos com anuros no estado vizinho de São Paulo (Bertoluci 1998; Bertoluci e Rodrigues 2002; Vasconcelos et al. 2011).

Outros temas, também frequentes nos estudos até o momento realizados sobre anuros no Paraná, abordaram: Bioacústica, Genética e Uso do Habitat, e figuraram 8 vezes cada (7,8% cada). Os estudos sobre Bioacústica (Pombal e Haddad 1992; Castanho e Haddad 2000; Lingnau e Bastos 2003; 2007; Kwet 2007; Conte et al. 2010; Lima et al. 2010; Garey et al. 2012) forneceram, basicamente, informações sobre os cantos de anúncio e territorial das espécies de anuros, e representam, até o momento, uma aproximação ao conhecimento sobre a composição do canto de anúncio e do territorial, das notas emitidas, duração, pulsos e faixas de frequência. Contudo, o relativo baixo número de espécies e localidades estudadas ainda restringe compreender melhor como as espécies de anuros utilizam o espaço sonoro e como espécies simpátricas partilham este espaço localmente.

Sobre Genética, os estudos trataram basicamente de filogenia (Maciel et al. 2006, filogenia do grupo *Rhinella crucifer*; Clemente-Carvalho et al. 2011, primeira análise filogenética abrangente para anuros do gênero *Brachycephalus*) e de cariótipo (Lima et al. 2010, *Cycloramphus lutzorum*; Winkelmann e Noletto 2015, *Phyllomedusa tetraploidea*; Lourenço et al. 2003a, 2003b, gêneros *Paratelmatobius* e *Scythrophrys*; Gruber et al. 2005, gênero *Hyla*). Um trabalho (Moresco et al. 2013) objetivou a obtenção de dados através do uso pioneiro de uma análise para apoiar projetos de conservação em anuros neotropicais, estimando-se a diversidade genética intra e interpopulacional de quatro populações de *Physalaemus cuvieri* Fitzinger 1826 do Paraná e de São Paulo. Apesar de haver poucos estudos sobre Genética no Paraná, eles são muito importantes, pois acessam a diversidade genéticadas espécies, podendo servir como subsídios que auxiliem nas medidas de conservação realizadas no Estado.

As investigações que acessaram o tema Uso do Hábitat foram oriundas em sua quase totalidade de estudos com comunidades de anuros (Machado et al. 1999; Bernarde e dos Anjos 1999; Machado e Bernarde 2002; Conte e Machado 2005; Conte e Rossa-Feres 2007; Armstrong e Conte 2010; Cunha et al. 2010), exceto em um caso (Cafofo-Silva et al. 2009), referente a uma população de *Scinax fuscovarius* (Lutz 1925). Os diferentes estudos mostraram o uso mais frequente de determinadas porções do ambiente, o que em grande parte refletiu a natureza do conjunto de ambientes localmente disponíveis e o grau de tolerância das espécies características do ambiente local. Em dois estudos (Conte e Rossa-Feres 2007; Armstrong e Conte 2010), as espécies utilizaram, em sua maioria, ambientes em áreas abertas, enquanto em outros dois trabalhos (Machado et al. 1999; Conte e Machado 2005) as espécies nas comunidades usaram mais frequentemente ambientes na borda da floresta. Em um estudo foi encontrada uma maior riqueza e abundância de espécies no interior da floresta (Cunha et al. 2010), enquanto outros registraram mais anuros em poças temporárias (Cafofo-Silva et al. 2009) e em açude em borda de mata (Bernarde e dos Anjos 1999). Somente em um estudo (Cunha et al. 2010) a maioria das espécies registradas pelos autores foram típicas de áreas florestadas. Dessa forma, as espécies generalistas, bem como algumas especialistas em áreas abertas, se beneficiam da criação de ambientes artificiais, como os açudes e poças temporárias localizados em pastos e campos de cultivo, por exemplo (Brandão e Araujo 1998; Bertoluci e Rodrigues 2001). Considerando o fato da maioria das espécies registradas naqueles estudos serem caracterizadas como generalistas, e o lastimável atual cenário de destruição das florestas do Paraná, é apontada, mais uma vez, a importância da proteção dos remanescentes florestais, incluindo a preservação dos corpos d'água, para a conservação da anurofauna, incluindo tanto as espécies generalistas, quanto as especialistas, que são mais sensíveis a alterações no ambiente.

A Dieta de anuros foi abordada somente em quatro estudos (Fontoura et al. 2011; Leivas et al. 2011; Oda e Landgraf 2012; Santos-Pereira et al. 2013) (3,9% do total de temas abordados) no estado do Paraná. Estes estudos investigaram a dieta de i) *Brachycephalus brunneus* (alimentou-se preferencialmente de ácaros) (Fontoura et al. 2011); ii) da espécie exótica e invasora *Lithobates catesbeianus* (dieta generalista, predou invertebrados e vertebrados) (Leivas et al. 2011); iii) *Ischnocnema henselii* e *Adenomera marmorata* (ambos alimentaram-se

preferencialmente de Formicidae) (Santos-Pereira et al. 2013). Este último estudo também forneceu informações sobre a amplitude e sobreposição do nicho alimentar dos dois anuros. Uma nota (Oda e Landgraf 2012) publicou um caso incomum de consumo de um *Ophiodes* sp. morto, por um indivíduo de *Rhinella schneideri* (Werner 1894). Ainda são poucos os trabalhos que disponibilizam informações sobre *Dieta* de anuros no Paraná, dificultando encontrar alguma tendência neste sentido.

Foram encontrados apenas três estudos sobre Girino, População, Predação e Parasitismo estado do Paraná (2,9% cada). O estudo de Pombal e Haddad (1992) apresentou a descrição do girino de *Phyllomedusa tetraploidea*. O segundo estudo (Lima et al. 2010) sobre girino tratou de *Cycloramphus lutzorum*, onde os autores destacaram que a espécie de anuro é restrita e adaptada para viver em águas correntes rápidas, muitas das quais estão ameaçadas pelo desmatamento, poluição e perda de habitat e, por isso, recomendaram que o status de *C. lutzorum* seja alterado do status atual "Dados Deficientes (DD)" para "Quase ameaçada (NT)" na lista vermelha de espécies da IUCN. O terceiro estudo (Gambale et al. 2014) apresentou uma abordagem sobre os girinos como presas e hospedeiros de invertebrados. Os estudos sobre Girino, apesar de escassos no Estado, são muito importantes para entender o papel dos anfíbios na fase aquática (muitas vezes considerada como uma "fase de crescimento") em espécies de anuros com ciclos de vida complexos (Werner 1986). Mesmo atributos fundamentais da história natural, como a duração da fase de girino, o tempo de metamorfose e o recrutamento são pouco conhecidos para muitas espécies de anuros (Duellman e Trueb 1994).

As publicações sobre População no Paraná (Cafofo-Silva et al. 2009; Hiert e Moura 2010; Hiert et al. 2012) somente representaram informações sobre os anuros *Scinax fuscovarius* e *Hypsiboas leptolineatus*. Portanto, ainda não é possível entender quais seriam os padrões e processos que governam as populações de anuros no Estado, o que dificulta muito nas ações para a conservação destas espécies (como a inclusão em listas vermelhas, por exemplo, que possuem muitas espécies pouco conhecidas que acabam sendo indicadas como "Dados insuficientes" por conta dessa escassez de informações).

Sobre Predação, Oliveira et al. (2010) registraram o evento de predação de *Dendropsophus werneri* por uma aranha-lobo (Lycosidae) em São José dos Pinhais, enquanto Vitule et al. (2008) registraram a predação de um indivíduo adulto da rã

Leptodactylus bolivianus Boulenger 1898 pelo bagre exótico *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). O terceiro estudo (Gambale et al. 2014) apresenta uma abordagem sobre os girinos de *Dendropsophus* aff. *minutus*, *Hypsiboas raniceps*, *Scinax fuscovarius*, *Physalaemus cuvieri* e *Elachistocleis bicolor* como presas e hospedeiros de invertebrados. No que diz respeito à *Predação*, há também uma forte escassez de estudos no Paraná, no entanto, mesmo comunicações pontuais de interações ecológicas são importantes para entender as comunidades e os impactos de predadores sobre as populações de anuros. Adicionalmente, estas interações podem ajudar a compreender parte do comportamento destes organismos.

O primeiro estudo sobre Parasitismo em anuros no Paraná (Antonucci et al. 2011) registrou o ácaro *Amblyomma rotundatum* (Koch 1844) em *Rhinella schneideri*, enquanto o segundo (Vieira et al. 2012) registrou o fungo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd)(Longcore, Pessier e Dk Nichols 1999) em girinos de *Hylodes cardosoi* Lingnau, Canedo e Pombal 2008 e *Hypsiboas faber* (Wied-Neuwied 1821) de Morretes. A análise mostrou a presença do fungo Bd em sete de nove girinos, resultando na ampliação da distribuição de Bd em 200 km no Brasil (considerando 100 km ao norte de São Bento do Sul, em Santa Catarina, e 100 km ao sul de Apiaí, em São Paulo, as localidades mais próximas com registros anteriormente conhecidos). O terceiro estudo encontrado (Oda et al. 2015) registrou o endoparasitismo no trato urinário de *Scinax fuscovarius* por *Dero* (*Allodero*) *lutzi* Michaelsen, 1926 (Oligochaeta: Naididae). Todos estes três estudos constituíram os primeiros registros dos parasitas em questão para o estado do Paraná, indicando que, possivelmente, muitas outras espécies de parasitas, tendo anuros como hospedeiros, ainda venham a ser registradas para o Estado, bem como novas espécies de parasitas devem ainda ser descobertas pela ciência. Assim como comentado anteriormente, quando foi mencionado sobre os estudos com predação, mesmo esses raros relatos isolados de interações ecológicas são importantes para entender as relações entre os organismos nas comunidades.

Sobre o anuro exótico e invasor *L. catesbeianus* foram encontrados dois estudos (1,9%). Both et al. (2011) apresentaram diversos novos registros de ocorrência do anuro no Brasil, indicando algumas localidades no Paraná. Segundo os autores, *L. catesbeianus* ocorre em 130 municípios no Brasil, sendo 62% destes localizados no sul do país (52 no Rio Grande do Sul, 20 em Santa Catarina e nove no Paraná). O segundo estudo (Leivas et al. 2012) tratou sobre a dieta de *L.*

catesbeianus. Considerando que *L. catesbeianus* está espalhada pelo Paraná (em seis das nove regiões do Estado) (Santos-Pereira e Rocha 2016, ver Apêndice), é fundamental que novos estudos sobre este anuro, principalmente estudos sobre a biologia reprodutiva da espécie e sobre como a espécie escapa de predadores, bem como sobre a sua predação sobre as espécies nativas, sejam realizados no Estado. Estes estudos poderão fornecer subsídios para os planos de controle, gestão e remoção de *L. catesbeianus* no Paraná.

Os temas Altitude, Variáveis ambientais (Vasconcelos et al. 2010), Comportamento (Miranda et al. 2008), Conservação (Armstrong e Conte 2010) e Toxicologia (Moresco et al. 2014) estavam presentes em apenas um estudo (0,9% do total de temas abordados cada) e, com exceção do estudo de Moresco et al. (2014), os demais já foram discutidos anteriormente nesta revisão. Neste estudo (Moresco et al. 2014) os autores registraram a ocorrência de malformação nas gônadas de indivíduos de *Physalaemus cuvieri* Fitzinger, 1826. A fim de testar uma possível contaminação da água, os autores investigaram pela presença de organoclorados, organofosforados e compostos de carbonatos. A análise da água mostrou a presença do agrotóxico Dieldrin, em uma concentração acima da referência recomendada. Os autores apontam que este agrotóxico, além de atuar como desregulador endócrino e ser comercialmente proibido, tem efeitos residuais bastante persistentes, que podem ser responsáveis pela alta frequência de *P. cuvieri* com gônadas intersexuais, o que a longo prazo pode representar um risco para essa população, devido ao potencial impacto sobre a sua capacidade reprodutiva eficaz. A incipiência de estudos sobre estes temas é indicativa de como o conhecimento sobre estes aspectos dos anuros ainda é consideravelmente incipiente no Paraná.

As espécies de anuros ameaçadas de extinção no Paraná

Entre as espécies que foram registradas como ocorrentes para o estado do Paraná no presente estudo, há um total de seis espécies de anuros relacionadas como ameaçadas de extinção na lista do estado do Paraná e na lista da IUCN: *Brachycephalus pernix*, *Limnomedusa macroglossa*, *Dendropsophus anceps* (“Críticamente em Perigo”, CR, na lista do PR), *Pseudis cardosoi*, *Phrynomedusa appendiculata* (“Quase Ameaçada”, NT, pela IUCN) e *Ischnocnema paranaenses*

(“Em Perigo”, EN, também apenas na lista estadual) (Tabela 1). Esse valor corresponde a 3,8% do total de anuros com ocorrência conhecida no estado do Paraná. Registramos, ainda, 35 espécies classificadas como “Dados insuficientes” (DD), e uma espécie, *Phrynomedusa fimbriata*, considerada como ‘Extinta’ (EX) pela lista Nacional e pela IUCN (essa espécie também consta como Regionalmente Extinta (RE) na lista de São Paulo 2009). Na lista Nacional (MMA 2014), não encontramos nenhuma espécie ameaçada de extinção com ocorrência relacionada para o estado do Paraná. Entre as espécies endêmicas do estado do Paraná, encontramos duas ameaçadas de extinção (*B. pernix*, e *I. paranaensis*) (Tabela 1), correspondendo a 12,5% do total de anuros endêmicos no Paraná.

Nas listas vermelhas analisadas, foi observada uma incongruência entre a categoria de ameaça das espécies de anuros. Algumas dessas discrepâncias podem ser devido a uma falta de comunicação entre as avaliações regionais, nacionais e globais (Rodríguez et al. 2000). A categoria de ameaça de espécies não endêmicas pode diferir devido à escala de análise, mas a categoria de ameaça de espécies endêmicas deve ser a mesma nos diferentes níveis de listas vermelhas (estadual, nacional e global) (Brito et al. 2010). Isso é sugestivo de uma incorreção nas listas nacional e mundial, uma vez que nestas, duas espécies endêmicas do Paraná (*B. pernix* e *I. paranaensis*), não constam na lista, no primeiro caso, e aparecem apenas como DD, no segundo. Ao contrário, no caso da lista estadual, quando comparada à mundial, apenas *P. appendiculata* aparece como DD, enquanto *P. cardoso* não consta na lista. Nesse caso, isso pode ser devido ao ano de publicação da lista estadual (2004), o que deve ser revisto em uma próxima revisão, ou a questões espaciais, podendo estas espécies não estar ameaçadas no estado do Paraná, mas sim em outros Estados. O fato das listas regionais não terem uma periodicidade de atualização, também revela um problema, uma vez que estas podem não refletir o real status de conservação da sua fauna. Portanto, esse panorama pode prejudicar a efetividade das listas como subsídios para a conservação, uma vez que atualmente a maior parte das ações baseia-se no grau de ameaça de extinção das espécies (Miller et al. 2006). Cabe destacar que as listas regionais são muito importantes, já que a maioria das ações conservacionistas acontece em escala local e gera um quadro complementar de risco de extinção em diferentes níveis espaciais (Possingham et al. 2002).

2.2 Considerações finais

O estado do conhecimento acerca dos anfíbios anuros no Paraná, apesar de ter iniciado há mais de 60 anos, pode ainda ser considerado incipiente, uma vez que a pesquisa somente alcançou um maior crescimento em termos de número de estudos publicados a partir do ano 2000. Como resultado, é ainda difícil entender ou reconhecer padrões gerais e processos que governam as populações e comunidades de anuros neste Estado. Em termos das espécies de anuros, a maioria ainda permanece necessitando de informações sobre aspectos de sua ecologia e História Natural, limitando o entendimento sobre seu papel e funcionamento na natureza. Porém, as informações que já estão disponíveis constituem uma valiosa contribuição para o conhecimento e para a conservação das espécies e da biodiversidade da anurofauna. Em contrapartida, a devastação dos remanescentes de Mata Atlântica nativos no Paraná continua atualmente de forma preocupante no Estado. Dessa forma, há uma urgente necessidade de aumentar os esforços de conservação dos remanescentes de Mata Atlântica no Estado, através da criação de novas Unidades de Conservação nas áreas nativas ainda existentes, bem como em áreas degradadas próximas a matrizes florestais, que, ao longo do tempo, podem restabelecer sua característica estrutural, bem como seus processos ecossistêmicos. Por outro lado, é preciso aumentar o número de estudos sobre os diversos grupos biológicos, incluindo os anfíbios anuros, nas áreas já protegidas, visando gerar subsídios para a atuação de entidades Públicas e Privadas na proteção e criação de novas UCs no Paraná.

2.3 Literatura citada

Affonso IP, Cafofo EG, Delariva RL, Oda FH, Karling LC, Lourenço-de-Moraes R. 2014. List of anurans (Amphibia: Anura) from the rural zone of the municipality of Maringá, Paraná state, southern Brazil. *Check List*. 10(4):878-882. doi: 10.15560/10.4.878

Affonso IP, Delariva RL. 2012. Lista comentada da Anurofauna de três Municípios da região Noroeste do Estado do Paraná, Brasil. *SaBios: Revista Saúde e Biologia*. 7(2):102-109.

Alves ACR, Ribeiro LF, Haddad CFB, Reis SF. 2006. Two new species of *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from the Atlantic Forest in Paraná State, Southern Brazil. *Herpetologica*. 62(2):221-233.

- Araújo O.G.S.; Toledo, L.F.; Garcia, P.C.A. E Haddad, C.F.B. The Amphibians of São Paulo State, Brazil. *Amphibians of São Paulo. Biota Neotropica*. 9:197-209. 2009.
- Armstrong CG, Conte CE. 2010. Taxocenose de anuros (Amphibia: Anura) em uma área de Floresta Ombrófila Densa no Sul do Brasil. *Biota Neotropica*. 10(1):39-46.
- Batista CG. 2002. *Rana catesbeiana* (bullfrog). Effects on native anuran community. *Herpetological Review*. 33(2):131.
- Berger L, Speare R, Daszak P, Green DE, Cunningham AA, Goggin CL, Slocombe R, Ragan MA, Hyatt AD, McDonald KR, Hines HB, Lips KR, Marantelli GE, Parkes H. 1998. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. *Proceedings of the National Academy of Science USA*. 95:9031-9036.
- Bernarde PS, Anjos L. 1999. Distribuição especial e temporal da anurofauna no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). *Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS. Série Zoologia*. 12:111-140.
- Bernarde PS, Machado RA. 2001. Riqueza de espécies, ambientes de reprodução e temporada de vocalização da anurofauna em Três Barras do Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). *Cuadernos de Herpetología*. 14(2): 93-104.
- Bertoluci J. 1998. Annual patterns of breeding activity in Atlantic Rainforest anurans. *Journal of Herpetology*. 32(4):607-611.
- Bertoluci J, Rodrigues MT. 2001. Utilização de habitats reprodutivos e micro-habitats de vocalização em uma taxocenose de anuros (Amphibia) da Mata Atlântica do sudeste do Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*. 42(11):287-297.
- Bertoluci J, Rodrigues MT. 2002. Seasonal patterns of breeding activity of Atlantic Rainforest anurans at Boracéia, Southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia*. 23:161-167.
- Brandão RA, Araujo AFB. 1998. A Herpetofauna da Estação Ecológica de Águas Emendadas. In: Marinho FJ, Rodrigues F, Guimarães M, editors. *Vertebrados da Estação Ecológica de Águas Emendadas, História Natural e Ecologia em um fragmento de Cerrado do Brasil Central*. Brasília, DF: SEMATEC/IEMA. P. 560-604.
- Bressan PM, Kierulff MCM, Sugieda AM. 2009. Fauna ameaçada de extinção no Estado de São Paulo: Vertebrados. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.
- Brito D, Ambal RG, Brooks T, de Silva N, Foster M, Hao W, Hilton-Taylor C, Paglia AP, Rodriguez JP, Rodriguez JV. 2010. How similar are National Red Lists and the IUCN Red List? *Biological Conservation*. 143:1154-1158.
- Cafofo-Silva EG, Delariva RL, Affonso IP. 2009. Distribuição espaço-temporal de *Scinax fuscovarius* (Lutz, 1925) (Anura, Hylidae) em Maringá, PR, Brasil. *Revista de Agronegócios e Meio Ambiente*. 2(3):431-445.
- Câmara IG. 2005. Breve história da conservação da Mata Atlântica. In: Galindo-Leal C, Câmara IG, editors. *Mata Atlântica: Biodiversidade, ameaças e perspectivas*. Conservação Internacional, Belo Horizonte, BR, p.31-42.
- Castanho LM, Haddad CFB. 2000. New Species of *Eleutherodactylus* (Amphibia: Leptodactylidae) from Guaraqueçaba, Atlantic Forest of Brazil. *Copeia*. (3):777-781.

Colwell RK. 2013. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0.

Conte CE, Machado RA. 2005. Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade de Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 22(4):940-948.

Conte CE, Nomura F, Machado RA, Kwet A, Lingnau R, Rossa-Feres DC. 2010. Novos registros na distribuição geográfica de anuros na Floresta com Araucária e considerações sobre suas vocalizações. *Biota Neotropica*. 10(2):201-224.

Conte CE, Rossa-Feres DC. 2006. Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 23(1):162-175.

Conte CE, Rossa-Feres DC. 2007. Riqueza e distribuição espaço-temporal de anuros em um remanescente de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*. 24(4):1025-1037.

Cunha AK, Oliveira IS, Hartmann MT. 2010. Anurofauna da Colônia Castelhanos, na Área de Proteção Ambiental de Guaratuba, Serra do Mar paranaense, Brasil. *Biotemas*. 23(2):123-134.

Cunha ER, Delariva RL. 2009. Introdução da Rã-Touro, *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802): Uma Revisão. *SaBios: Rev. Saúde e Biologia*. 4(2):34-46.

Duellman WE, Trueb L. 1994. *Biology of amphibians*. 2nd edition. New York: McGraw-Hill.

Fontoura PL, Ribeiro LF, Pie MR. 2011. Diet of *Brachycephalus brunneus* (Anura: Brachycephalidae) in the Atlantic Rainforest of Paraná, southern Brazil. *ZOOLOGIA*. 28(5):687-689.

Frost DR. 2015. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA. Disponível em: <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/index.php>. Acesso em: 22 jan. 2016.

Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2015. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica Período 2013-2014. Relatório Técnico. São Paulo. 60p. Disponível em: http://https://www.sosma.org.br/link/atlas_2013-2014_Mata_Atlantica_relatorio_tecnico_2015.pdf. Acesso em: 24.10.2015.

Garey MV, Costa TRN, Lima AMX, Toledo LF, Hartmann MT. 2012. Advertisement call of *Scinax littoralis* and *S. angrensis* (Amphibia: Anura: Hylidae), with notes on the reproductive activity of *S. littoralis*. *Acta Herpetologica*. 7(2):297-308.

Garey MV, Hartmann MT. 2012. Anuros da Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica*. 12(4):137-145.

Garey MV, Lima AMX, Hartmann MT, Haddad CFB. 2012. A New species of miniaturized toadlet, genus *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae), from Southern Brazil. *Herpetologica*. 68(2):266-271.

Gruber SL, Haddad CFB, Kasahara S. 2005. Evaluating the karyotypic diversity in

species of *Hyla* (Anura; Hylidae) with $2n = 30$ chromosomes based on the analysis of ten species. *Folia Biologica*. 51:68-75.

Haddad CFB, Giovanelli JGR, Alexandrino J. 2008. O aquecimento global e seus efeitos na distribuição e declínio dos anfíbios. In: Marcos S. Buckeridge, organizadores. *Biologia e Mudanças Climáticas no Brasil*. 1 ed. São Carlos, SP: Rima Editora. p. 195-206.

Haddad CFB, Prado CPA. 2005. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *BioScience*. 55:207-217.

Haddad CFB, Toledo LF, Prado CPA, Loebmann D, Gasparini JL, Sazima I. 2013. *Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia = Guide to the amphibians of the Atlantic Forest: diversity and biology*. São Paulo: Anolisbooks. 544p.

Hassler ML. 2005. As Unidades de Conservação no Âmbito do Estado do Paraná. *Caminhos de Geografia - Revista On Line*. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br/revista/caminhos.html>>.

Hiert CE, Moura MO. 2010. Abiotic correlates of temporal variation of *Hypsiboas leptolineatus* (Amphibia: Hylidae). *ZOOLOGIA*. 27(5):703-708.

IAP (Instituto Ambiental do Paraná). Unidades de Conservação. 2015. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=288>. Acesso em: 21 nov. 2015.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Área Territorial Oficial - Consulta por Unidade da Federação. 2015. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/principal.shtm>. Acesso em 24 de outubro de 2015.

IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social). Regiões Geográficas (Lei Estadual 15.825/08). 2015. Disponível em: http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_conteudo=25. Acesso em 24 de outubro de 2015.

IUCN (International Union for Conservation of Nature). IUCN Red List of threatened species. Version 2011.2. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/>. Acesso em 14 de outubro de 2015.

Kaefer IG, Boelter RA, Cechin SZ. 2007. Reproductive biology of the invasive bullfrog *Lithobates catesbeianus* in southern Brazil. *Annales Zoologici Fennici*. 44:435-444.

Kwet A. 2007. Bioacoustic variation in the genus *Adenomera* in southern Brazil, with revalidation of *Leptodactylus nanus* Müller, 1922 (Anura, Leptodactylidae). *Mitt. Mus. Nat. kd. Berl. Zool. Reihe*. 83:56-68. doi 10.1002/mmzn.200600027

Lima AMX, Garey MV, Noleto RB, Verdade VK. 2010. Natural History of the Lutz's Frog *Cycloramphus lutzorum* Heyer, 1983 (Anura: Cycloramphidae) in the Brazilian Atlantic Forest: Description of the Advertisement Call, Tadpole, and Karyotype. *Journal of Herpetology*. 44(3):360-371.

Longcore JE, Pessier AP, Nichols DK. 1999. *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a chytrid pathogenic to amphibians. *Mycologia*. 91:219-227.

Maack R. 1968. *Geografia física do Estado do Paraná*. 2a ed. Rio de Janeiro: J.

Olympio. 450 p. 1968. Disponível em: books.google.com.br. Acessado em: 4 de setembro de 2015.

Machado ABM, Drummond GM, Paglia AP. 2008. Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção. MMA e Fundação Biodiversitas, Brasília e Belo Horizonte.

Machado RA, Bernarde PS, Morato SAA, Dos Anjos R. 1999. Análise comparada da riqueza de anuros entre duas áreas com diferentes estados de conservação no município de Londrina, Paraná, Brasil (Amphibia, Anura). *Revista Brasileira de Zoologia*. 16(4):997-1004.

Magurran AE. 2011. Medindo a diversidade biológica. Curitiba: Editora da UFPR. 261p.

Miller RM, Rodríguez JP, Aniskowicz-Fowler T, Bambaradeniya C, Boles R, Eaton MA, Gardenfors U, Keller V, Molur S, Walker S, Pollock C. 2006. Extinction risk and conservation priorities. *Science*. 313:441.

Miranda DB, Garey MV, Monteiro-Filho ELA, Hartmann MT. 2008. Sinalização visual e Biologia Reprodutiva de *Dendropsophus werneri* (Anura: Hylidae) em área de Mata Atlântica no Estado do Paraná, Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia*. 48(29):335-343.

Moresco RM, Margarido VP, Nazario PD, Schmit RA, Treco FR. 2009. Amphibia, Anura, Hylidae, *Scinax granulatus*: Distribution extension. *Check List*. 5(1):086-088.

Moresco RM, Maniglia TC, de Oliveira C, Margarido VP. 2013. The pioneering use of ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) in Neotropical anurans: preliminary assessment of genetic diversity in populations of *Physalaemus cuvieri* (Amphibia, Leiuperidae). *Biol. Res*. 46:53-57.

Moresco RM, Margarido VP, Oliveira CA. 2014. Persistent organic pollutant related with unusual high frequency of hermaphroditism in the neotropical anuran *Physalaemus cuvieri* Fitzinger, 1826. *Environmental Research*. 132:6-11.

Myers N, Mittermeier R, Mittermeier C, Fonseca G, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 403:853-858.

Oda FH, Santos DL, Gambale PG, Campos VA, Batista VG, Affonso IP, Strüssmann C. 2014. New Brazilian records of *Leptodactylus chaquensis* Cei, 1950, at the species' southern range limit. *HERPETOZOA*. 26:195-200.

Oliveira IS, Oliveira AKC, Cestari MM, Toledo LF. 2010. Predation on *Dendropsophus werneri* (Anura: Hylidae) by a lycosid in the Atlantic forest, southern Brazil. *Herpetology Notes*. 3:299-300.

Paraná, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 1995. Lista vermelha de animais ameaçados de extinção no Estado do Paraná. Curitiba: SEMA/GTZ, 176 p.

Paraná. Atlas do Estado do Paraná. 1987. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento, Instituto de Terras, Cartografia e Florestas, Curitiba, XI+73p.

Pie MR, Meyer ALS, Firkowski CR, Ribeiro LF, Bornschein MR. 2013. Understanding the mechanisms underlying the distribution of microendemic montane frogs (*Brachycephalus* spp., Terrarana: Brachycephalidae) in the Brazilian Atlantic Rainforest. *Ecological Modelling*. 250:165-176.

- Pimenta BVS, Haddad CFB, Nascimento LB, Cruz CAG, Pombal Jr. JP. 2005. Comment on "status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide". *Science*.309(23):1999.
- Pimm SL, Jenkins CN, Joppa LN, Roberts DL, Russel GJ. 2010. How many endangered species remain to be discovered in Brazil? *Natureza & Conservação* 8:71-77.
- Pombal Jr. JP. 1997. Distribuição espacial e temporal de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*.57:583-594.
- Pombal Jr. JP, Haddad FB. 1992. Espécies de *Phyllomedusa* do grupo *burmeisteri* do Brasil oriental, com descrição de uma espécie nova (Amphibia, Hylidae). *Revista Brasileira de Biologia*. 52:217-229.
- Pombal Jr. JP, Wistuba E, Bornschein M. 1998. A new species of Brachycephalid (Anura) from the Atlantic rainforest of Brazil. *Journal of Herpetology*. 32:70-74.
- Possingham HP, Andelman SJ, Burgman MA, Medellin RA, Master LL, Keith DA. 2002. Limits to the use of threatened species lists. *Trends in Ecology & Evolution*. 17:503-507.
- Ribeiro LF, Bornschein MR, Belmonte-Lopes R, Firkowski CR, Morato SAA, Pie MR. 2015. Seven new microendemic species of *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from southern Brazil. *PeerJ*. 1-35. *PeerJ* 3:e1011; doi 10.7717/peerj.1011.
- Rocha CFD, Bergallo HG, Mazzoni R. 2011. Invasive vertebrates in Brazil. In: Pimentel D, editores. *Biological invasions: economic and environmental costs of alien plant, animal and microbe species*. 2nd ed. New York: Taylor & Francis. p. 53-103.
- Rodríguez JP, Ashenfelter G, Rojas-Suárez F, Garcia Fernandez JJ, Suárez L, Dobson, A.P. Local data are vital to worldwide conservation. *Nature* 403: 241. 2000.
- Santos-Pereira M, Candaten A, Milani D, Oliveira FB, Gardelin J, Rocha CFD. 2011. Seasonal variation in the leaf-litter frog community (Amphibia: Anura) from an Atlantic Forest Area in the Salto Morato Natural Reserve, southern Brazil. *ZOOLOGIA*.28(6):755-761.
- Santos-Pereira M, Candaten A, Milani D, Oliveira FB, Gardelin J, Rocha CFD, Vrcibradic D. *Brachycephalus hermogenesi*. Brazil: Paraná. *Herpetological Review*. 41(4).
- Santos-Pereira M, Oliveira FB, Iapp TM, Rocha CFD. 2013. *Crossodactylus caramaschii*. Brazil: Paraná. Geographical distribution. *Herpetological Review*. 44:471-471.
- Santos-Pereira M, Rocha CFD. 2016. Invasive bullfrog *Lithobates catesbeianus* (Anura: Ranidae) in the Paraná state, Southern Brazil: a summary of the species spread. *Revista Brasileira de Zoociências*. 16:141-147.
- Segalla MV, Langone JA. 2004. Anfíbios. In: Mikich SB, Bernils RS, editores. *Livro Vermelho da Fauna Ameaçada no Estado do Paraná*. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, p.537-577.

Sociedade Brasileira de Herpetologia - SBH. Lista de anfíbios do Brasil. 2012. <http://www.sbherpetologia.org.br> (último acesso em 16/12/2015).

Steinbach-Padilha GCA. 2008. New species of *Melanophryniscus* (Anura, Bufonidae) from the Campos Gerais region of Southern Brazil. *Phyllomedusa*. 7(2):99-108.

Toledo LF, Batista RF. 2012. Integrative Study of Brazilian Anurans: Geographic Distribution, Size, Environment, Taxonomy, and Conservation. *Biotropica*. 44(6):785-792.

Toledo LF, Garey MV, Costa TRN, Moraes RL, Hartmann MT, Haddad CFB. 2012. Alternative reproductive modes of Atlantic forest frogs. *Journal of Ethology*. 30:331-336.

Tossulino MGP, Margarido CCT, Strauber CF.; Leite, M. De C.J.; Morato A.A.S.; BéRnilis, S.R.; Casagrande, M.M. E Mielke, O.H.H. Lista Vermelha de Animais Ameaçados de extinção no Estado do Paraná. Curitiba: SEMA/GTZ. 1995.

Vasconcelos TS, Santos TG, Haddad CFB, Rossa-Feres DC. 2010. Climatic variables and altitude as predictors of anuran species richness and number of reproductive modes in Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. 26:423-432.

Werner EE. 1986. Amphibian metamorphosis: growth rate, predation risk, and the optimal size at transformation. *American Naturalist*. 128:319-341.

Winkelmann L, Noletto RF. 2015. Caracterização cariotípica de *Phyllomedusa tetraploidea* (Anura, Hylidae), proveniente da Mata Atlântica Paranaense. *Luminária*. 17(1):146-157.

3 ESPÉCIES DE ANUROS DA MATA ATLÂNTICA DA RESERVA NATURAL SALTO MORATO, PARANÁ, SUL DO BRASIL: REVISÃO DA LISTA DE ESPÉCIES

3.1 Introdução

O fornecimento de listas de espécies (Wachlevski e Rocha 2010; Garey e Hartmann 2012; Telles et al. 2012; Affonso et al. 2014; Almeida-Gomes et al. 2014; Crivellari et al. 2014) constitui um importante passo para o monitoramento da fauna ao longo dos habitats, e para a avaliação do estado de conservação das espécies. Isto pode fornecer suporte para medidas de conservação (Pimenta et al. 2005), uma vez que a maior parte das ações baseia-se na riqueza local (Rocha et al. 2003) e no grau de ameaça de extinção das espécies (Miller et al. 2006). Atualmente são conhecidas aproximadamente 6588 espécies de anfíbios anuros no mundo (Frost 2015). Destas, 988 ocorrem no Brasil (Segalla et al. 2014). O bioma Mata Atlântica abriga 529 espécies de anuros, com mais de 85% destas sendo endêmicas desta formação (Haddad et al. 2013). Por conta dessa elevada diversidade e grau de endemismo, além das elevadas taxas de degradação, o bioma é considerado um dos *hotspots* mundiais para a conservação da biodiversidade (Myers et al. 2000).

Um total de 147 espécies de anuros são estimadas para ocorrer no estado do Paraná (Toledo e Batista 2012). Este Estado, originalmente, era praticamente todo coberto pelas diferentes formações e ecossistemas associados da Mata Atlântica (Câmara 2005). Atualmente o Paraná mantém, ao norte da sua região costeira, juntamente com o sul do estado de São Paulo, o maior remanescente contínuo de Mata Atlântica (Câmara 2005) no Corredor Ecológico da Serra do Mar, que, por sua vez, mantém atualmente mais de 50% de Floresta Ombrófila Densa originais (Hassler 2005). Dentro desse grande corredor de floresta, está inserida a Reserva Natural Salto Morato (RNSM), que foi reconhecida como um Patrimônio Natural da Humanidade pela UNESCO, em 1999 (FGBPN 2011).

O primeiro levantamento dos anuros que ocorrem na RNSM foi para a primeira versão do Plano Manejo da Reserva, que registrou 19 espécies de anuros (Bittencourt et al. 1994). Após cerca de 17 anos, um estudo (Santos-Pereira et al. 2011) forneceu informações sobre uma comunidade de anuros de folhiço da Reserva, identificando sete espécies de anuros. Um ano depois, um estudo (Garey

eHartmann 2012) forneceu um *updating* da lista de anuros da RNSM, onde foram registradas 42 espécies, pertencentes a 17 gêneros e nove famílias, constando entre estas a nova espécie *Brachycephalus tridactylus* Garey, Lima, Hartmann e Haddad, 2012 (Garey et al. 2012). Ao longo do tempo, alguns outros estudos disponibilizaram conhecimentos adicionais acerca de alguns anuros que ocorrem na RNSM (e.g. Costa et al. 2010; Costa e Toledo 2013; Santos-Pereira et al. 2010; 2013; 2015).

Este estudo fornece a lista atualizada de anuros da Reserva Natural Salto Morato, baseada em uma intensiva amostragem ao longo de dois anos e meio, fornecendo informações sobre endemismos, status de conservação, uso do habitat e modos reprodutivos destas espécies.

3.2 Materiais e Métodos

3.2.1 Área de estudo e amostragens

Ver a seção “Materiais e Métodos Gerais” da tese.

Para obter uma lista atual das espécies de anuros que ocorrem na RNSM, os dados primários, obtidos durante este estudo, foram suplementados com dados secundários (artigos publicados realizados na RNSM e espécimes de anuros com registros de localidade para a RNSM depositados como material testemunho em coleções institucionais). As buscas nas coleções institucionais foram realizadas *on line* no site www.splink.cria.org.br e incluíram: o Museu de Zoologia da Unicamp (ZUEC-AMP; Campinas), a Coleção Célio FB Haddad (CFBH; Rio Claro), a Coleção Herpetológica do Museu Capão da Imbuia (MHNCI - Herpeto; Curitiba) e a Coleção de Anfíbios (DZSJRP; São José do Rio Preto).

3.2.2 Análises dos dados

Com base no número de espécies de anuros coletadas e no esforço amostral atingido, foi elaborada a curva de rarefação de espécies para saber em que extensão as amostragens atingiram a riqueza de anuros esperada para a área de estudo. A análise foi realizada no programa EstimateS 9.1 (com 1000 aleatorizações sem reposição das amostras), e foi escolhido o estimador de riqueza Bootstrap (Colwell 2013).

O tipo de habitat utilizado pelos anuros na RNSM foi classificado através das observações em campo, mas também foram incluídas informações disponíveis na literatura (Haddad et al. 2013). Para acessar o modo reprodutivo das espécies registradas, seguiu-se Haddad et al. (2013). A nomenclatura científica adotada aqui está de acordo com Frost (2015). Para saber quais espécies de anuros registradas na RNSM são endêmicas do bioma Mata Atlântica foi consultada a literatura (Haddad et al. 2013 e Frost 2015). O status de conservação e eventual nível de ameaça de cada espécie de anuro foi acessado no Livro Vermelho da Fauna Ameaçada no Estado do Paraná (Segalla e Langone 2004), na Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção (MMA 2014) e na IUCN Red List of Threatened Species, 2014.3 na sua versão *on line* (IUCN 2015).

3.3 Resultados

Durante as amostragens em campo, foram registradas um total de 40 espécies de anuros, pertencentes a 21 gêneros e nove famílias. Os dados deste estudo adicionaram 12 espécies de anuros ao estudo prévio (Garey e Hartmann 2012), indicando a ocorrência de um total de 54 espécies de anfíbios anuros na Reserva Natural Salto Morato (Tabela 5), pertencentes a 23 gêneros e distribuídos em 10 famílias (Brachycephalidae, Bufonidae, Centrolenidae, Craugastoridae, Cycloramphidae, Hemyphractidae, Hylidae, Hylodidae, Leptodactylidae e Odontophrynidae). Não foi registrada qualquer espécie de anuro adicional depositada nos Museus consultados que fossem diferentes daquelas espécies de anuros registradas neste ou nos estudos anteriores (Santos-Pereira et al. 2011 e Garey e Hartmann 2012). A riqueza de anuros para a área estimada pelo Bootstrap, considerando somente os dados da presente tese, foi de 45 espécies de anuros e a curva de rarefação tendeu à estabilização (Figura 10). Hylidae foi a família mais especiosa (23 espécies), seguida por Brachycephalidae (oito espécies) e Leptodactylidae (sete espécies) (Tabela 5; Figuras 11, 12 e 13).

A maioria as espécies de anuros registradas em Salto Morato são endêmicas da Mata Atlântica, exceto *Dendropsophus minutus* (Peters 1872), *Dendropsophus elegans* (Wied-Neuwied 1824), *Leptodactylus latrans* (Steffen 1815), *Rhinella icterica* (Spix 1824) e *Scinax* sp.(aff. *berthae*). Os anuros *Ischnocnema sambaqui* (Castanho e Haddad 2000), *Cycloramphus mirandaribeiroi* Heyer 1983, e *Brachycephalus*

tridactylus Garey, Lima, Hartmann e Haddad 2012 são endêmicos do estado do Paraná, sendo o último micro-endêmico da RNSM, encontrado somente na parte mais elevada da Reserva (de 800 a 930 m anm.) (Tabela 5).

Nenhuma espécie de anuro registrada na RNSM consta listada como ameaçada na lista vermelha estadual (Segalla e Langone 2004), na lista vermelha brasileira (MMA 2014) e na lista vermelha mundial (IUCN 2015). No entanto, quatro espécies de anuros (*Ischnocnema sambaqui*, *Cycloramphus mirandaribeiroi*, *Cycloramphus asper* Werner 1899 e *Hylodes heyeri* Haddad, Pombal e Bastos 1996), são categorizadas como “Dados Deficientes” (DD) na lista vermelha da IUCN [sendo as duas primeiras e mais *Gastrotheca microdiscus* (Andersson 1910) presentes também na lista vermelha do estado do Paraná]. Nenhuma espécie de anuro encontrada na RNSM é mencionada na lista vermelha nacional.

O hábito mais frequente entre as espécies de anuros registradas na RNSM foi o arborícola (55,5%) seguido por terrestre (33,3%) e, em uma proporção menor, por reofílico (anuros que vivem em ríachos, 11,1%) (Tabela 5). Um total de 18 modos reprodutivos foram registrados, incluindo quatro não registrados anteriormente na Reserva (Garey e Hartmann 2012). A maioria das espécies de anuros registradas (38,8% do total) põem ovos na água parada, onde os girinos se desenvolvem (modo 1) e 16,7% possui desenvolvimento direto de ovos terrestres (modo 23) (Tabela 5). Todos os outros modos foram muito menos comuns (Tabela 5).

Tabela 5 - Espécies de anuros registradas na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.

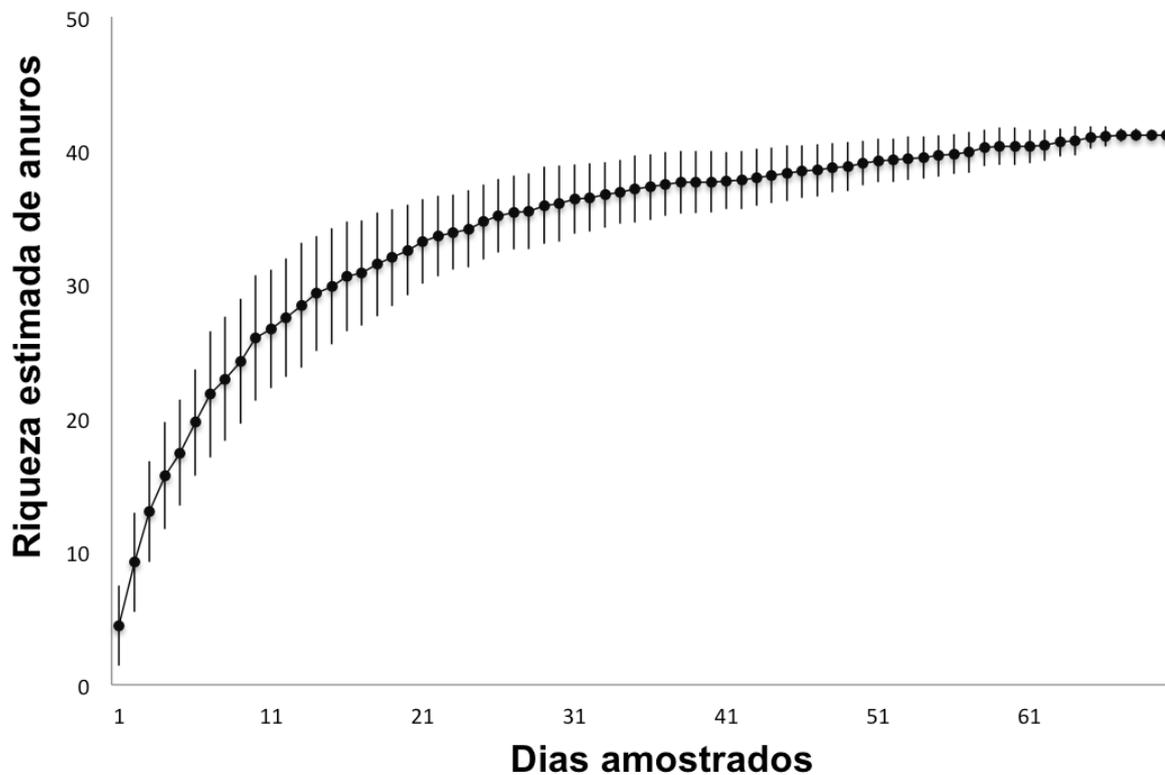
Táxon	Hábito	MR	Fonte
Brachycephalidae			
<i>Brachycephalus hermogenesi</i> (Giaretta e Sawaya 1998)	T	23	1
<i>Brachycephalus tridactylus</i> Garey, Lima, Hartmann e Haddad 2012**	T	23	1; 2
<i>Ischnocnema henselii</i> (Peters 1870)	T	23	1; 2
<i>Ischnocnema sambaqui</i> (Castanho e Haddad 2000)*	T	23	1
<i>Ischnocnema</i> sp. (gr. <i>henselii</i>)	T	23	2
<i>Ischnocnema</i> cf. <i>spanios</i>	A	23	1
<i>Ischnocnema</i> gr. <i>lactea</i>	A	23	1
<i>Ischnocnema</i> sp.	T	23	1; 2
Bufonidae			
<i>Dendrophryniscos berthallutzae</i> Izecksohn 1994 "1993"	A	8	1; 2
<i>Dendrophryniscus leucomystax</i> Izecksohn 1968	A	8	1; 2
<i>Rhinella abei</i> (Baldissera-Jr, Caramaschi e Haddad 2004)	T	1	1; 2
<i>Rhinella hoogmoedi</i> Caramaschi e Pombal 2006	T	1	1; 2
<i>Rhinella icterica</i> (Spix 1824)	T	1	1; 2
Centrolenidae			
<i>Hyalinobatrachium uranoscopum</i> (Müller 1924)	A	25	2
Craugastoridae			
<i>Haddadus binotatus</i> (Spix 1824)	T	23	1; 2
Cycloramphidae			
<i>Cycloramphus asper</i> Werner 1899	R	19	1
<i>Cycloramphus mirandaribeiroi</i> Heyer 1983*	R	-	1
Hemiphraactidae			
<i>Fritziana</i> sp. (gr. <i>fissilis</i>)	A	36	2
<i>Gastrotheca microdiscus</i> Cochran 1955 "1954"	A	37	1
Hylidae			
<i>Aplastodiscus albosignatus</i> (A. Lutz e B. Lutz 1938)	A	5	1
<i>Bokermannohyla hylax</i> (Heyer 1985)	A	4	1; 2
<i>Dendropsophus berthallutzae</i> (Bokermann 1962)	A	24	1; 2
<i>Dendropsophus elegans</i> (Wied-Neuwied 1824)	A	1	2
<i>Dendropsophus microps</i> (Peters 1872)	A	1	2
<i>Dendropsophus minutus</i> (Peters 1872)	A	1	2
<i>Dendropsophus seniculus</i> (Cope 1868)	A	1	2
<i>Dendropsophus wernerii</i> (Cochran 1952)	A	1	2
<i>Hypsiboas albomarginatus</i> (Spix 1824)	A	1	1; 2
<i>Hypsiboas faber</i> (Wied-Neuwied 1821)	A	1; 4	1; 2
<i>Hypsiboas semilineatus</i> (Spix 1824)	A	1; 2	1; 2
<i>Itapotihyla langsdorffii</i> (Duméril e Bibron 1841)	A	1	1
<i>Phyllomedusa distincta</i> Lutz 1950	A	24	1; 2
<i>Sinax fuscovarius</i> (Lutz 1925)	A	1	1; 2
<i>Scinax littoralis</i> (Pombal e Gordo 1991)	A	1	1; 2
<i>Scinax perereca</i> Pombal, Haddad e Kasahara 1995	A	1	1; 2

<i>Sinax cf. argyreornatus</i>	A	1	1; 2
<i>Scinax cf. tymbamirim</i>	A	1	1
<i>Scinax gr. perpusillus</i>	A	6	1; 2
<i>Scinax sp1.(gr. alter)</i>	A	1	2
<i>Scinax sp2.(gr. alter)</i>	A	1	2
<i>Scinax sp.(aff. berthae)</i>	A	-	2
<i>Trachycephalus mesophaeus</i> (Hensel 1867)	A	1	1; 2
Hylodidae			
<i>Crossodactylus caramaschii</i> Bastos e Pombal 1995	R	3	1
<i>Hylodes cardosoi</i> Lingnau, Canedo e Pombal 2008	R	3	1
<i>Hylodes cf. heyeri</i>	R	3	1; 2
<i>Hylodes sp. (aff. asper)</i>	R	3	2
Leptodactylidae (Leptodactylinae)			
<i>Adenomera marmorata</i> (Steindachner 1867)	T	32	1; 2
<i>Adenomera sp. (aff. marmorata)</i>	T	32	2
<i>Adenomera cf. bokermanni</i>	T	32	1; 2
<i>Leptodactylus latrans</i> (Steffen 1815)	T	11	1; 2
<i>Leptodactylus notoaktites</i> Heyer 1978	T	30	1; 2
Leptodactylidae (Leiuperinae)			
<i>Physalaemus spiniger</i> (Miranda-Ribeiro 1926)	T	11; 14; 28	1; 2
<i>Physalaemus sp. (aff. olfersii)</i>	T	11	2
Odontophrynidae			
<i>Proceratophrys boiei</i> (Wied-Neuwied 1825)	T	1	1; 2

Legenda: As espécies de anuros foram classificadas quanto ao hábito como: arborícolas (A), terrestres (T) e reofílicas (R). Os modos reprodutivos (MR) de cada espécie de anuro estão representados pelos números sensu Haddad et al., 2013.

Nota: A fonte se refere a origem de informação do registro de ocorrência das espécies de anuros, sendo: Presente estudo (1) e Garey e Hartmann, 2012 (2). * espécies endêmicas do Paraná. ** espécie endêmica da RNSM.

Figura 9 - Curva de rarefação baseada nas espécies de anuros registradas e no esforço amostral (dias amostrados) na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil e seu desvio padrão da média (barras).



Nota: Estimador de riqueza usado: Bootstrap

Figura 10 - Algumas espécies de anuros registrados na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.



Legenda: A) *Brachycephalus hermogenesi*; B) *Brachycephalus tridactylus*; C) *Ischnocnema henselii*; D) *Ischnocnema sambaqui*; E) *Ischnocnema* sp. gr. *lactea*; F) *Dendrophryniscus berthaltutzae*; G) *Dendrophryniscus leucomystax*; H) *Rhinella abei*; I) *Rhinella hoogmoedi*; J) *Rhinella icterica*; L) *Haddadus binotatus* e M) *Cycloramphus mirandaribeiroi*. Fotos: Manuela Santos-Pereira.

Figura 11 - Algumas espécies de anuros registrados na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil



Legenda: A) *Gastrotheca microdiscus*; B) *Aplastodiscus albosignatus*; C) *Bokermannohyla hylax*; D) *Dendropsophus berthalutzae*; E) *Hypsiboas albomarginatus*; F) *Hypsiboas faber*; G) *Hypsiboas semilineatus*; H) *Itapotihyla langsdorffii*; I) *Phyllomedusa distincta*; J) *Sinax fuscovarius*; L) *Scinax littoralis*; M) *Scinax perereca*; N) *Sinax* cf. *argyreornatus*; O) *Scinax* cf. *tymbamirim* e P) *Trachycephalus mesophaeus*. Fotos: Manuela Santos-Pereira e Luiz Felipe Barata Bittencourt (foto F).

Figura 12 - Algumas espécies de anuros registrados na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.



Legenda: A) *Crossodactylus caramaschii*; B) *Hylodes cardoso*; C) *Hylodes* cf. *heyeri*; D) *Adenomera marmorata*; E) *Adenomera* cf. *bokermanni*; F) *Leptodactylus latrans*; G) *Leptodactylus notoaktites*; H) *Physalaemus spiniger*; e I) *Proceratophrys boiei*. Fotos: Manuela Santos-Pereira

3.4 Discussão

Os presentes dados indicam que Salto Morato contém uma parcela considerável da riqueza de espécies de anuros do estado do Paraná (mais de um terço; Toledo e Batista 2012), e é o local com maior diversidade de anuros no Paraná ou em qualquer localidade no sul do Brasil. A riqueza em espécies registradas neste estudo foi elevada, quando comparada com outras áreas no Paraná (ex.: São José dos Pinhais, 34 espécies, Conte e Rossa-Feres 2006; Morretes, 32 espécies, Armstrong e Conte 2010; APA de Guaratuba, 32 espécies, Cunha et al. 2010) e em São Paulo (ex.: Parque Estadual Intervales, 47 espécies, Bertoluci e Rodrigues 2002; Estação Ecológica Juréia-Itatins, 26 espécies, Pombal e

Gordo 2004; Parque Estadual Carlos Botelho, 19 espécies, Moraes et al. 2007). Uma riqueza elevada, semelhante a registrada neste estudo em Salto Morato foi registrada em outras localidades na Mata Atlântica (ex.: PETAR, SP, 60 espécies, Araujo et al, 2010; Parque Natural Municipal da Taquara, RJ, 50 espécies, Sales et al 2009; Reserva Ecológica da Michelin, BA, 48 espécies, Camurugi et al. 2010). Considerando a estimativa da riqueza de espécies e o fato de que a curva de rarefação de espécies tendeu a uma estabilização, parece razoável supor que, tanto método de amostragem quanto o esforço total de amostragem, foram apropriados para o inventário da assembleia de anuros local.

Também foi registrada uma elevada proporção de espécies de anuros endêmicas da Mata Atlântica (90,7%) na RNSM, o que pode ter sido favorecido pelos típicos altos níveis de umidade na Floresta Ombrófila Densa, que domina a reserva, de acordo com os seguintes fatores: os anfíbios são altamente dependentes da umidade; a variação considerável de altitude na área, que pode favorecer o processo de especiação; a heterogeneidade de habitats e microhabitats (Haddad et al. 2013). Duas das três espécies de anuros endêmicas registradas na RNSM pertencem à família Brachycephalidae, o que é consistente com a tendência encontrada no Paraná, onde a maioria das 17 espécies endêmicas pertencem a esta família e ao gênero *Brachycephalus* (Haddad et al. 2013). As populações das espécies de anuros do gênero *Brachycephalus* estão normalmente restritas a 'ilhas' de floresta montana (Pombal Jr. et al. 1998; Ribeiro et al 2005; Alves et al. 2006) rodeada por vales impenetráveis, que promovem um intenso isolamento e facilitam a especiação alopátrica (Pie et al. 2013), como possivelmente ocorreu no caso do *Brachycephalus tridactylus* na RNSM e alguns outros membros deste gênero, no sul do Brasil (Ribeiro et al. 2015).

Embora nenhuma das espécies de anuros registradas na RNSM estejam atualmente classificadas como ameaçadas de extinção, *Ischnocnema sambaqui*, *Cycloramphus mirandaribeiroi*, *Cycloramphus asper* e *Hylodes heyeri* constam listadas como "Dados deficientes" (DD) na IUCN (2015) (sendo as duas primeiras e mais *Gastrotheca microdiscus* presentes também na lista do Paraná), enfatizando a total falta de informação disponível sobre o estado de conservação destas espécies. É possível que muitas destas espécies estejam atualmente ameaçadas em algum grau, sendo necessárias mais informações sobre elas. A inclusão destas espécies

em listas vermelhas visa estimular pesquisas que forneçam tais informações (Segalla e Langone 2004).

Como encontrado em outras áreas na Mata Atlântica (e.g. Conte e Rossa-Feres 2006; Bertoluci et al. 2007; Carvalho-e-Silva et al. 2008; Almeida-Gomes et al. 2010), a maioria das espécies de anuros registradas na RNSM são da família Hylidae, assim como a maior parte destas espécies possuem hábitos arborícolas, e apresentam o modo reprodutivo do tipo 1 (ovos e girinos depositados em água parada). Uma proporção considerável dos anuros registrados, foram os do grupo *Terrarana* (*sensu* Hedges et al. 2008), representados, no presente estudo, pelas famílias Brachycephalidae e Craugastoridae, que possuem o desenvolvimento direto de ovos terrestres. Estas espécies com desenvolvimento direto geralmente dominam as comunidades de folhiço em florestas tropicais (e.g. Scott 1976; Lieberman 1986; Fauth et al. 1989; Giaretta et al. 1997; 1999; Rocha et al. 2001; 2007; 2011; Siqueira et al. 2009; Santos-Pereira et al. 2011), e estão amplamente distribuídas no interior das florestas, uma vez que não dependem de corpos d'água para a reprodução (e.g. Scott 1976; Hedges et al. 2008). A proporção de anuros *Terrarana*, nesse estudo, foi maior, possivelmente devido à metodologia empregada e, principalmente, ao esforço amostral maior empregado ao longo da floresta e em todo o gradiente altitudinal da Reserva. Este maior esforço também permitiu o registro de espécies de anuros reofílicos que, em contraste com os anuros do grupo *Terrarana*, depositam os ovos na água. Na RNSM os anuros reofílicos registrados são da família Hylodidae, que depositam os ovos em câmaras subaquáticas (modo reprodutivo 3) e da família Clycloramphidae, que depositam os ovos em rochas úmidas, cavidades nas rochas ou raízes de árvores sob a água (modo 10) (Haddad et al. 2013). A história de vida destas espécies, que possuem todo o seu ciclo de vida em rios, tem sido associado com o declínio das espécies de anfíbios em habitats florestais (Stuart et al. 2004; Whiles et al. 2006). É interessante notar que os dois anuros da família Clycloramphidae (*C. mirandaribeiroi* e *C. asper*) e o anuro da família Hylodidae (*H. cf. heyeri*) registados no presente estudo são classificados como DD, o que enfatiza a importância de monitorar suas populações. Em contrapartida, o estudo prévio (Garey e Hartmann 2012) registrou um maior número de espécies da Família Hylidae, uma vez que este concentrou uma parte maior do esforço amostral em ambientes em sítios reprodutivos (atrelados a corpos d'água) nas áreas de menores altitudes na RNSM (entre 30 e 200 metros). Por isso,

acreditamos que a lista disponível, nesse estudo, aliada também à estimativa dada pelo estimador *Bootstrap*, apresenta, com fidelidade, a anurofauna da RNSM.

A elevada riqueza de anuros e de modos reprodutivos na Reserva Natural Salto Morato, combinada às altas taxas de endemismos registradas e, ainda, à presença de populações de espécies para as quais os dados atualmente disponíveis não permitiram definir o seu status de conservação, reforça a importância da RNSM para a conservação e para a manutenção das populações e comunidades de anuros do bioma Mata Atlântica.

3.5 Referências

- Affonso IP, Cafofo EG, Delariva RL, Oda FH, Karling LC, Lourenço-de-Moraes R. 2014. List of anurans (Amphibia: Anura) from the rural zone of the municipality of Maringá, Paraná state, southern Brazil. *Check List*. 10(4):878-882. doi: [10.15560/10.4.878](https://doi.org/10.15560/10.4.878)
- Almeida-Gomes M, Almeida-Santos M, Goyannes-Araújo P, Borges-Jr. VNT, Vrcibradic D, Siqueira CC, Ariani CV, Dias AS, Souza VV, Pinto RR, Van Sluys M, Rocha CFD. 2010. Anurofauna of an Atlantic Rainforest fragment and its surroundings in northern Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 70(3):871-877. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000400018>
- Almeida-Gomes M, Siqueira CC, Borges-Jr. VNT, Vrcibradic D, Fusinato LA, Rocha CFD. 2014. Herpetofauna of the Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA) and its surrounding areas, in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Biota Neotropica*. 14(3):1-15. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0603007813>
- Araujo CO, Condez TH, Bovo RP, Centeno FC, Luiz AM. 2010. Amphibians and reptiles of the Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), SP: an Atlantic Forest remnant of Southeastern Brazil. *Biota Neotropica*. 10(4):257-274. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032010000400031>
- Armstrong CG, Conte CE. 2010. Taxocenose de anuros (Amphibia: Anura) em uma área de Floresta Ombrófila Densa no Sul do Brasil. *Biota Neotropica*. 10(1):39-46. <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/en/abstract?article+bn00610012010>
- Bertoluci J, Brassaloti RA, Ribeiro Júnior JW, Vilela VMFN, Sawakuchi HO. 2007. Species composition and similarities among anuran assemblages of Forest sites in southeastern Brazil. *Scientia Agricola*. 64(4):364-374. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162007000400007>
- Bertoluci J, Canelas MAS, Eisemberg C, Palmuti CFS, Montingelli GG. 2009. Herpetofauna da Estação Ambiental de Peti, um fragmento de Mata Atlântica do estado de Minas Gerais, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*. 9(1):147-155. http://www.biotaneotropica.org.br/v9n1/en/abstract?inventory+bn_01409012009
- Câmara IG. 2005. Breve história da conservação da Mata Atlântica; pp.31-42, in: Galindo-Leal C, Câmara IG, editores. *Mata Atlântica: Biodiversidade, ameaças e perspectivas*. Belo Horizonte: Conservação Internacional.

- Camurugi F, Lima TM, Mercês EA, Juncá FC. 2010. Anurans of the Reserva Ecológica da Michelin, Municipality of Igrapiúna, State of Bahia, Brazil. *Biota Neotropica*. 10(2):305-312. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000400018>
- Carvalho-e-Silva AMPT, Silva GR, Carvalho-e-Silva SP. 2008. Anuros da Reserva Rio das Pedras, Mangaratiba, RJ, Brasil. *Biota Neotropica*. 8(1):199-209. <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n1/pt/abstract?inventory+bn02608012008>
- Conte CE, Rossa-Feres DC. 2006. Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 23(1):162-175.
- Costa TRN, Silva NR, Toledo LF. 2010. *Physalaemus spiniger* (Iguape Dwarf Frog) Predation. *Herpetological Review*. 41:340-341.
- Costa TRN, Toledo LF. 2013. *Physalaemus spiniger* (Anura: Leiuperinae): A Frog with an Extensive Vocal Repertoire. *Journal of Herpetology*. 47:530-538. doi: <http://dx.doi.org/10.1670/12-083>
- Colwell RK. 2013. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0.
- Crivellari LB, Leivas PT, Moura Leite JC, Gonçalves DS, Mello CM, Rossa-Feres DC, Conte CE. 2014. Amphibians of grasslands in the state of Paraná, southern Brazil (Campos Sulinos). *Herpetological Notes*. 7:639-654.
- Crump ML, Scott Jr. NJ. 1994. Visual encounter surveys; pp.84-92, in: Heyer WR, Donnelly RW, McDiarmid MA, Hayek LAC, Foster MS, editores. *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians*. Washington DC: Smithsonian Institution Press.
- Cunha AK, Oliveira IS, Hartmann MT. 2010. Anurofauna da Colônia Castelhanos, na Área de Proteção Ambiental de Guaratuba, Serra do Mar paranaense, Brasil. *Biotemas*. 23(2):123-134.
- Fauth JE, Crother BI, Slowinski JB. 1989. Elevational patterns of species richness, evenness and abundance of the Costa Rican leaf-litter herpetofauna. *Biotropica*. 21(2):178-185. <http://www.jstor.org/stable/2388708>
- FGBPN – Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza. 2011. Plano de Manejo da Reserva Natural Salto Morato – Guaraqueçaba - PR. Curitiba, Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza. 222p.
- Frost DR. 2015. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0. American Museum of Natural History, New York, USA. Disponível em: <http://research.amnh.org/vz/herpetology/amphibia/index.php>. Acesso em: 21 nov. 2015.
- Garey MV, Hartmann MT. 2012. Anuros da Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Biota Neotropica*. 12(4):137-145. <http://www.biotaneotropica.org.br/v12n4/en/abstract?inventory+bn00312042012>
- GIARETTA, A.A.; SAWAYA, R.J.; MACHADO, G.; ARAÚJO, M.S.; FACURE, K.G.; MEDEIROS H.F. e NUNES. R. Diversity and abundance of litter frogs at altitudinal sites at Serra do Japi, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 14(2): 341-346. 1997.

- GIARETTA, A.A.; FACURE, K.G.; SAWAYA, R.J.; MEYER, J.H.D. e CHEMIN, N. Diversity and abundance of litter frogs in a montane forest of southeastern Brazil: seasonal and altitudinal changes. *Biotropica* 31(4): 669-674. 1999.
- HADDAD, C.F.B.; TOLEDO, L.F.; PRADO, C.P.A.; LOEBMANN, D.; GASPARINI, J.L. e SAZIMA, I. Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia = Guide to the amphibians of the Atlantic Forest: diversity and biology. São Paulo, Anolisbooks. 2013.
- HASSLER, M.L. As unidades de conservação no âmbito do estado do Paraná. *Revista Caminhos da Geografia* 15(7): 62-72. 2005.
- HEDGES, S.B.; DUELLMAN, W.E. e HEINICKE, M.P. New World direct-developing frogs (Anura: Terrarana): Molecular phylogeny, classification, biogeography, and conservation. *Zootaxa* 1737:1-182. 2008.
- IUCN. [2015]. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.3. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 4 set. 2015.
- LIEBERMAN, S.S. Ecology of the leaf litter herpetofauna of a Neotropical rainforest: La Selva, Costa Rica. *Acta Zoologica Mexicana* 15(1): 1-71. 1986.
- MILLER, R.M.; RODRÍGUEZ, J.P.; ANISKOWICZ-FOWLER, T.; BAMBARADENIYA, C.; BOLES, R.; EATON, M.A.; GARDENFORS, U.; KELLER, V.; MOLUR, S.; WALKER, S. e POLLOCK, C. Extinction risk and conservation priorities. *Science* 313(5786) 441-441. 2006.
- MMA. Portaria N°444, de 17 de Dezembro de 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção. 2014.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B. e KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-845. 2000.
- PIMENTA, B.V.S.; HADDAD, C.F.B.; NASCIMENTO, L.B.; CRUZ, C.A.G. e POMBAL Jr., J.P. Comment on "status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide". *Science* 309 (23). 2005.
- POMBAL JR., J.P. e GORDO, M. Anfíbios anuros da Juréia; pp.243-256, in: Marques O.A.V., Duleba, W. (eds.). Estação Ecológica Juréia-Itatins. Ambiente Físico, Flora e Fauna. Ribeirão Preto: Holos editora. 2004.
- ROCHA, C.F.D.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M.A.S.; BERGALLO, H.G. e VRCIBRADIC, D. Estimates of forest floor litter frog communities: a comparison of two methods. *Austral Ecology* 26(1): 14-21. 2001.
- ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; ALVES, M.A.S. e VAN SLUYS, M. A Biodiversidade nos Grandes Remanescentes Florestais do Estado do Rio de Janeiro e nas Restingas da Mata Atlântica. São Carlos, Rima Editora. 2003.
- ROCHA, C.F.D.; VRCIBRADIC, D.; KIEFER, M.C.; ALMEIDA-GOMES, M.; BORGES-JR., V.N.T.; CARNEIRO, P.C.F.; MARRA, R.V.; ALMEIDA-SANTOS, P.; SIQUEIRA, C.C.; GOYANNES-ARAÚJO, P.; FERNANDES, C.G.A.; RUBIÃO, E.C.N. e M. VAN SLUYS. A survey of the leaf-litter frog assembly from an Atlantic Forest area (Reserva Ecológica de Guapiaçu) in Rio de Janeiro State, Brazil, with an estimate of frog densities. *Tropical Zoology* 20(1): 99-108. 2007.
- ROCHA, C.F.D.; VRCIBRADIC, D.; KIEFER, M.C.; SIQUEIRA, C.C.; ALMEIDA-

- GOMES, M.; BORGES-JR., V.N.T.; HATANO, F.H.; FONTES, A.F.; PONTES, J.A.L.; KLAION, T.; GIL, L.O. e VAN SLUYS, M. Parameters from the community of leaf-litter frogs from Estação Ecológica Estadual Paraíso, Guapimirim, Rio de Janeiro State, southeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83(4): 1259-1267. 2011.
- SALLES, R.O.L.; WEBER, L.N. e SILVA-SOARES. T. Amphibia, Anura, Parque Natural Municipal da Taquara, municipality of Duque de Caxias, state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Check List* 5(4): 840–854. 2009.
- SANTOS-PEREIRA, M.; CANDATEN, A.; MILANI, D.; OLIVEIRA, F.; GARDELIN, J.; VRCIBRADIC D. e ROCHA.C.F.D. *Brachycephalus hermogenesi*. Geographical distribution. *Herpetological Review* 41:p.506-506. 2010.
- SANTOS-PEREIRA, M.; CANDATEN, A.; MILANI, D.; OLIVEIRA, F.; GARDELIN, J. e ROCHA.C.F.D. Seasonal variation in the leaf-litter frog community (Amphibia: Anura) from an Atlantic Forest Area in the Salto Morato Natural Reserve, southern Brazil. *Zoologia*28(6): 755–761. 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702011000600008>.
- SANTOS-PEREIRA, M.; OLIVEIRA, F.B.; IAPP, T.M. e ROCHA, C.F.D. *Crossodactylus caramaschii*. Brazil: Paraná. Geographical distribution. *Herpetological Review* 44: 471-471. 2013.
- SBH. [2015]. Lista de anfíbios do Brasil 2014. Disponível em:<http://www.sbherpetologia.org.br>. Acesso em: 24 set. 2015.
- SCOTT JR., N.J. The abundance and diversity of the herpetofauna of tropical forest litter. *Biotropica* 8(1): 41-58. 1976.
- SEGALLA, M.V. e LANGONE, J.A.. Anfíbios; pp.537-577, in: MIKICH, S.B. e BERNILS, R.S. (eds.). Livro Vermelho da Fauna Ameaçada no Estado do Paraná. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná. 2004
- SIQUEIRA, C.C.; VRCIBRADIC, D.; ALMEIDA-GOMES, M.; BORGES-JR., V.N.T.; ALMEIDA- SANTOS, P.; ALMEIDA-SANTOS, M.; ARIANI, C.V.; GUEDES, D.M.; GOYANNES- ARAÚJO, P.; DORIGO, T.A.; VAN SLUYS, M. e ROCHA. C.F.D. Density and richness of the leaf litter frogs of an Atlantic Rainforest area in Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro State, Brazil. *Zoologia* 26(1): 97-102. 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-46702009000100015>
- SPLINK. [2015]. Disponível em:<http://www.splink.org.br>. Acesso em: 24 set. 2015.
- TOLEDO, L.F. e BATISTA. R.F. Integrative Study of Brazilian Anurans: Geographic Distribution, Size, Environment, Taxonomy, and Conservation. *Biotropica* 44(6): 785-792. 2012. doi: [10.1111/j.1744-7429.2012.00866.x](https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00866.x)
- TELLES, F.B.S.; MENEZES, V.A.; MAIA-CARNEIRO, T.; DORIGO, T.A.; WINCK, G.R. e ROCHA. C.F.D. Anurans from the “Restinga” of Parque Natural Municipal de Grumari, state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Check List* 8(6): 1267-1273. 2012.
- WACHLEVSKI, M. e ROCHA, C.F.D. Amphibia, Anura, resting of Baixada do Maciambu, municipality of Palhoça, state of Santa Catarina, southern Brazil. *Check List* 6(4): 602-604. 2010.

4 DISTRIBUIÇÃO ALTITUDINAL DOS ANUROS DA RESERVA NATURAL SALTO MORATO, SUL DO BRASIL

4.1 Introdução

Estudos em regiões tropicais são na sua maioria realizados em áreas de planícies, enquanto investigações em áreas montanhosas são comparativamente mais escassas (Brehm et al. 2003). Assim como ocorre para qualquer espécie, em muitos grupos de vertebrados foi identificado que a riqueza de espécies e as abundâncias relativas variam com a altitude (e.g. Diamond 1972; Terborgh 1977; Graham 1983; Heaney et al. 1989; Azeria 2007; Siqueira e Rocha 2013; Goyannes-Araujo et al. 2015). O declínio na riqueza de espécies com o aumento da altitude é amplamente aceito como um padrão geral (Tuttle 1970; Terborgh 1971; 1977; 1985; Terborgh e Weske 1975; Graham 1983; Fleming 1986; Duellman 1987; 1979; Willig et al. 2003; Hillebrand 2004) e esta tendência já havia sido apontada por naturalistas do século XIX. Willdenow, von Humboldt, Darwin e Wallace fizeram observações ao longo de gradientes altitudinais e notaram que a estatura média das plantas e a diversidade de espécies diminuía com o aumento da elevação (Lomolino 2001). No entanto, essa relação nem sempre é linear, pois é possível encontrar locais em uma montanha menos diversificados (menor heterogeneidade ambiental) do que os que estão acima e abaixo deles (Martinez 1997). Dessa forma, de um modo geral, são identificados três padrões gerais na variação da riqueza de espécies ao longo de um gradiente altitudinal: (i) um pico de maior riqueza de espécies em altitudes intermediárias, (ii) um patamar com maior riqueza de espécies em altitudes mais baixas até elevações intermediárias e (iii) um declínio linear na riqueza com o aumento da altitude (Heatwole 1982; Graham 1990; Terborgh 1977; Rahbek 1995;2005; McCain 2005; Grytnes e McCain 2007).

A distribuição de organismos ao longo de um gradiente altitudinal constitui um dos tópicos biogeográficos mais interessantes, uma vez que as características físicas associadas à mudança de altitude (temperatura, umidade, precipitação, pressão atmosférica, entre outros) afetam drasticamente a diversidade e a distribuição das espécies, mesmo em curtas distâncias (Yu 1994). O padrão de variação na riqueza de espécies em gradientes ambientais pode diferir entre táxons

(Owen 1990) e, para um mesmo táxon, entre localidades (Rahbek 1995; Almeida-Neto et al. 2006). Também, a estrutura da vegetação pode sofrer alterações significativas, com mudanças correspondentes no conjunto de espécies animais (Bullock et al. 1995; van Ingen et al. 2008).

As causas comumente mencionadas para explicar as variações na riqueza de espécies ao longo de gradientes altitudinais podem ser agrupadas em quatro categorias: 1) hipóteses climáticas, com base nas condições abióticas atuais; 2) hipóteses espaciais da área e restrição espacial; 3) hipóteses invocando processos que ocorreram em escalas de tempo evolutivo e 4) hipótese ecológicas, como a sobreposição de comunidades (ecótonos), dinâmicas de fonte-dreno, heterogeneidade de habitats e competição (Grytnes e McCain 2007; McCain 2009). Portanto, é fundamental testar hipóteses biogeográficas relacionadas à distribuição de espécies, como é o caso de duas teorias relativamente recentes, a hipótese das restrições geométricas (ou Efeito do Domínio Médio; Colwell e Lee 2000) e o Efeito Rapoport (Stevens 1992). Ambas foram originalmente descritas para gradientes latitudinais, mas foram, posteriormente, aplicados aos gradientes altitudinais (Almeida-Neto et al. 2006; McCain 2007).

O Efeito do Domínio Médio constitui um modelo que explica a maior riqueza de espécies em altitudes intermediárias pelo aumento na sobreposição da distribuição dos organismos (Colwell e Lees 2000). Através de simulações com dados empíricos (Colwell e Hurtt 1994), foi observado que a disposição aleatória da amplitude de distribuição em domínios fechados resultaria em uma maior sobreposição de espécies na parte central do gradiente, independente de qualquer variável ambiental ou ecológica. Já o efeito Rapoport (Stevens 1992) prevê um declínio linear da riqueza de espécies ao longo de um gradiente altitudinal como um resultado da relação positiva entre a média da amplitude de distribuição altitudinal das espécies e a altitude. Este efeito prevê que as espécies de altitudes elevadas tendem a ter maiores tolerâncias às mudanças ambientais do que as espécies de baixada, havendo, portanto, maiores taxas de emigração de espécies das áreas altas para as áreas de baixada, sendo este processo conhecido como o efeito de resgate de Rapoport (Stevens 1992). No entanto, o efeito de resgate pode seguir três caminhos distintos nas comunidades, resultando em diferentes padrões de variação da riqueza em gradientes altitudinais (Almeida-Neto et al. 2006): (i) um efeito de resgate não direcional, (ii) um efeito de resgate das altitudes mais elevadas

para as mais baixas (Stevens 1992), e (iii) um efeito de resgate das altitudes mais baixas para as mais elevadas (Almeida-Neto et al. 2006).

Todavia, o entendimento desses aspectos ainda é bastante limitado pela escassez de estudos que fornecem dados para identificar padrões de variação na diversidade e os processos fundamentais que determinam o gradiente altitudinal dos parâmetros ecológicos (Rickart et al. 1991), especialmente estudos que tenham sido elaborados para avaliar especificamente tal tendência. No caso dos anfíbios anuros, alguns estudos abordaram os efeitos do gradiente altitudinal sobre a diversidade (Heyer 1967; Pearson e Pearson 1978; Cadle e Patton 1988; Fauth et al. 1989, Poynton 2003; Cadavid et al. 2005; Ramírez et al. 2009; Ma et al. 2009; García e Cárdenas 2010). De uma forma geral, os estudos sobre a influência da altitude sobre os anuros apontam para uma tendência de diminuição na riqueza de espécies com o aumento da altitude (Poynton 2003; Qian et al. 2007; Behangana et al. 2009; Laurêncio e Fitzgerald 2010; Phochayavanich et al. 2010). No Brasil, poucos trabalhos dessa natureza foram realizados (Giaretta et al. 1999; Vasconcelos et al. 2010; Siqueira 2012; Siqueira e Rocha 2013; Goyannes-Araújo et al. 2015), e poucos destes foram efetivamente desenhados para analisar a variação da fauna de anfíbios anuros ao longo do gradiente da altitude. A maior parte dos estudos com anuros no Brasil não visaram estudar a distribuição altitudinal dos anuros, e foram realizados em sistemas montanhosos baixos e/ou de altitudes intermediárias (e.g. Giaretta et al. 1997; 1999; Rocha et al. 2000; 2007; 2011; Pombal e Gordo 2004; Juncá 2006; Rödder et al. 2007; Almeida-Gomes et al. 2008; 2010; Silva et al. 2008; Siqueira et al. 2009; Camurugi et al. 2010; Wachlevski e Rocha 2010; Santos-Pereira et al. 2011; Vrcibradic et al. 2011; Garey e Hartmann 2012).

O objetivo deste estudo foi analisar a distribuição altitudinal das espécies de anuros em um importante remanescente de Mata Atlântica, na Reserva Natural Salto Morato, sul do Brasil. Especificamente, visamos saber (i) como os parâmetros da comunidade de anuros (a riqueza, a diversidade e a abundância de anuros) são influenciados pela variação altitudinal; (ii) se a distribuição das espécies resulta das predições do Efeito do Domínio Médio; (iii) se há ocorrência do Efeito Rapoport; e (iv) avaliar a existência do Efeito de Resgate de Rapoport.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Área de estudo e amostragens

Ver a seção “Materiais e Métodos Gerais” da tese.

4.2.2 Análise dos dados

Com base no número de espécies de anuros coletadas e no esforço amostral empreendido, foi elaborada a curva de rarefação das espécies (construídas com os dados das abundâncias específicas e usando o estimador de riqueza Bootstrap) para cada faixa altitudinal e para todo o gradiente amostrado para saber em que extensão o esforço das amostragens empreendido atingiu a riqueza de anuros esperada. Para esta análise, foram consideradas apenas as espécies registradas nos transectos ($n = 39$), excluindo aquelas que foram encontradas de forma ocasional fora do período de realização dos transectos. A análise foi realizada no programa 9.1 (com 1000 aleatorizações sem reposição das amostras), e os estimadores de riqueza utilizados foram o Bootstrap e o Chao 1 (Colwell 2013).

Para efetuar as análises estatísticas, foram feitas inspeções gráficas dos dados para avaliar as premissas de normalidade e da homocedasticidade das variâncias (Zuur et al. 2010). As análises estatísticas foram realizadas no programa RStudio 0.98.507. Para as análises a seguir, foram consideradas as altitudes máximas de cada uma das nove faixas altitudinais estudadas na RNSM, a saber: 25-100, 101-200, 201-300, 301-400, 401-500, 501-600, 601-700, 701-800 e 801-918 m anm. As análises com dados de abundância não levaram em consideração as faixas situadas entre 101-200, 601-700 e 701-800, onde não foram possíveis de serem realizados transectos e nas quais só foram considerados os encontros ocasionais de anuros (ver a sessão “Materiais e Métodos Gerais” da tese para maiores detalhes).

Para estimar a riqueza empírica de anuros em cada altitude, a ocorrência altitudinal das espécies levou em consideração os limites altitudinais inferiores e superiores onde cada uma das espécies foi registrada (sendo a ocorrência considerada entre estes limites, mesmo que as espécies não tenham sido registradas em alguma faixa situada entre os dois extremos). Esta interpolação de ocorrência das espécies tem sido utilizada a fim de corrigir possíveis falhas na coleta

de dados (e.g. Williams et al. 1996; Lees et al. 1999; McCain 2004; Almeida-Neto et al. 2006; Siqueira 2012; Goyannes-Araújo et al. 2015).

Para avaliar o efeito da altitude sobre a riqueza empírica dos anuros foi realizada uma Análise de Regressão Simples (Zar 1999). A riqueza empírica de anuros também foi relacionada à área de superfície do relevo (em ha) através de uma Análise de Regressão Simples (Zar 1999). A área de superfície do relevo de cada faixa altitudinal estudada foi obtida junto ao banco digital de dados da RNSM. Para avaliar se a área e a altitude estavam correlacionadas entre si, foi utilizada a Análise de Correlação de Pearson (Zar 1999). Para avaliar se as variáveis, área e altitude, explicaram algum efeito adicional após retirado o efeito da outra variável (possível efeito aditivo das variáveis), foi feita uma Análise de Regressão Múltipla (Zar 1999).

Para avaliar o efeito da altitude sobre a abundância geral dos anuros foi realizada uma Análise de Regressão Simples (Zar 1999). Foi avaliado, também, o efeito da altitude sobre a abundância dos anuros possuindo modo reprodutivo do tipo 1 (ovos e girinos exotróficos em água parada) e do tipo 23 (desenvolvimento direto de ovos terrestres) (dados transformados em log) (*sensu* Haddad et al. 2013) através de uma Análise de Regressão Simples (Zar 1999). Para esta análise, foram considerados também os encontros ocasionais de anuros.

Para avaliar a taxa de mudança da composição de espécies -*turnover* - ao longo do gradiente altitudinal foi estimada a diversidade β como $1 - S$, sendo S o Índice de Sorensen [$S=2c/(a+b)$], onde a e b são os números de espécies em cada altitude e c é o número de espécies comuns a ambas as localidades (Wolda 1981). Foi utilizada a interpolação da ocorrência das espécies em cada altitude. O Índice de Sorensen foi calculado usando o programa EstimateS (Versão 9.1, Colwell 2013). Após, foi realizada uma Análise de Regressão Simples para avaliar a relação entre os valores de diversidade β e as distâncias altitudinais entre todos os pares de localidades.

Para avaliar quais faixas altitudinais foram mais similares entre si em termos de composição de espécies de anuros foi realizada uma Análise de Agrupamento (*Cluster analysis*), utilizando dados de presença e ausência das espécies de anuros nas seis faixas altitudinais amostradas por transectos. Foi utilizada a distância de Jaccard associada à Regra de Ligação *Unweighted Pair-Group Average*.

A amplitude altitudinal de ocorrência de cada espécie de anuro registrada foi calculada como a diferença entre a altitude máxima e a mínima na qual a espécie foi registrada. A média das amplitudes altitudinais de todas as espécies presentes em cada altitude foi calculada. O ponto médio de distribuição altitudinal foi calculado como a elevação equidistante entre as altitudes extremas nas quais uma dada espécie foi registrada. Para testar se o efeito Rapoport explicaria a variação na riqueza de anuros ao longo do gradiente altitudinal, foi efetuada uma Análise de Regressão Simples entre a amplitude altitudinal e o ponto médio de distribuição altitudinal das espécies (Rohde et al. 1993), utilizando as espécies como unidades amostrais (e.g. Almeida-Neto et al. 2006; Siqueira 2012; Goyannes-Araújo et al. 2015).

Para comparar a riqueza empírica de anuros com a riqueza esperada pelo efeito do domínio-médio, foi utilizado o programa Range Model 5 (Colwell 2006). Este programa gera o padrão médio previsto de riqueza, e seus intervalos de confiança de 95%, para qualquer número arbitrário de aleatorizações, baseado nas amplitudes de ocorrência das espécies e nos pontos médios de distribuição dentro de um domínio limitado (Colwell 2006). As predições nulas foram computadas através de 50.000 simulações de Monte Carlo. Para avaliar se a riqueza de espécies predita pelo efeito do domínio-médio se ajustava à riqueza empírica, foi realizada uma Análise de Regressão Simples (Zar 1999).

4.3 Resultados

Na Reserva Natural Salto Morato, ao longo do gradiente altitudinal estudado, foi registrado nos transectos um total de 823 indivíduos pertencentes a 39 espécies de anuros de 21 gêneros, distribuídos por nove famílias (Tabela 6). Considerando as espécies de anuros ocasionalmente encontradas (ou seja, fora dos transectos regulares), foi registrado um total de 1040 indivíduos de espécies de anuros, totalizando, no geral, 41 espécies de anuros registradas para a RNSM. Considerando os dados de transectos, as espécies de anuros mais abundantes foram: *Adenomera marmorata* Steindachner, 1867 (n = 147; 17,9%), *Ischnocnema henselii* (Peters 1870) (n = 116; 14,1%) e *Scinax littoralis* (Pombal e Gordo 1991) (n = 80; 9,7%) (Tabela 6). *Adenomera marmorata* foi a espécie de anuro mais abundante até os 400 m anm, enquanto acima desta altitude a espécie mais

abundante foi *I. henselii* (Tabela 6). As espécies de anuros mais raras foram *Ischnocnema cf. spanios*, *Phyllomedusa distincta* Lutz 1950, *Scinax gr. perpusillus* e *Scinax perereca* Pombal, Haddad e Kasahara 1995 ($n = 1$; 0,12% cada) (Tabela 6). A família mais representativa foi a Hylidae (15 espécies, 36,6% do total), seguida por Brachycephalidae (oito espécies, 19,5%), Bufonidae e Leptodactylidae (cinco espécies cada, 12,2% cada) (Tabela 6).

As riquezas de anuros estimadas nas faixas altitudinais foram próximas (exceto entre 25-100 m anm) as riquezas efetivamente registradas nas amostragens de campo (Tabela 7), e as curvas tenderam à estabilização (Figura 14). A riqueza estimada pelo método Bootstrap para todo o gradiente altitudinal amostrado foi de 41 espécies de anuros (Tabela 7), e a curva, neste caso, também tendeu a estabilizar (Figura 15). O estimador de riqueza Chao 1 estimou 48 espécies de anuros para a RNSM (Tabela 7).

A riqueza empírica de anuros apresentou um decréscimo linear conforme aumentou a altitude na RNSM ($R^2 = 0,49$, $n = 9$, $p = 0,03$) (Figura 16). Os maiores valores de riqueza foram registrados nas altitudes mais baixas até 100 m anm ($n = 24$), diminuindo até a região do cume da RNSM nos 918 m anm ($n = 13$), especialmente com um declínio considerável entre 101-200 m anm ($n = 14$) e um aumento de riqueza entre 501-600 m anm ($n = 20$) (Figura 16).

Por outro lado, a riqueza de espécies de anuros aumentou positiva e significativamente com o aumento da área de superfície de relevo na RNSM (Figura 17) ($R^2 = 0,58$, $n = 9$, $p = 0,01$). O efeito aditivo entre as variáveis independentes, área de superfície do relevo e altitude, sobre a riqueza empírica de anuros, através da análise de Regressão Múltipla, foi próximo à significância ($R^2 = 0,60$, $n = 9$, $p = 0,06$), e foi preferido assumir um efeito aditivo entre as variáveis para determinar a riqueza de anuros de forma a evitar cometer um erro do tipo II. Contudo, nem a altitude ($p = 0,92$), nem a área ($p = 0,19$), explicou uma parte adicional da riqueza de anuros após retirado o efeito da outra variável. Houve correlação entre a altitude e a área de superfície de relevo das faixas altitudinais ($r = 0,86$, $p < 0,01$).

A abundância geral de anuros foi maior nas altitudes mais baixas ($n = 363$, até 100 m anm), diminuindo, até o mínimo registrado ($n = 33$), nos 401-500 m anm. Deste ponto, até os 600 m anm, a abundância voltou a aumentar ($n = 143$), a partir daí diminuindo novamente até as maiores altitudes na RNSM ($n = 75$ entre 800-918 m anm) (Figura 18). A abundância geral de anuros não foi significativamente afetada

pela altitude ($R^2 = 0.4465$, $n = 6$, $p = 0.1469$). A abundância dos anuros possuindo o modo reprodutivo do tipo 1 apresentou uma tendência semelhante à encontrada para a abundância geral de anuros (Figura 19, A). Os maiores valores foram registrados até os 300 m anm, alcançando, os menores valores registrados, nas altitudes intermediárias, voltando a aumentar até os 600 m anm, a partir de onde diminui, até o cume da RNSM (Figura 19, A). Dessa forma, a abundância dos anuros com o modo reprodutivo do tipo 1 também não foi influenciada significativamente pela altitude ($R^2 = 0.5106$, $n = 6$, $p = 0.1106$). Por outro lado, a abundância dos anuros possuindo o modo reprodutivo 23, aumentou, de forma positiva e significativa conforme aumentou a altitude na RNSM ($R^2 = 0.7298$, $n = 6$, $p = 0.0303$), com os maiores valores registrados entre 500-600 m anm (Figura 19, B). Os anuros que possuem o hábito reofílico não foram registrados nas altitudes extremas na RNSM (altitudes baixas e região do cume), ocorrendo, somente entre 301 e 600 m anm, especialmente com uma diminuição nas abundâncias entre 400 e 500 m anm (Figura 19, C).

A diversidade β (mudança na composição de espécies entre localidades, nesse caso, entre faixas de altitude) apresentou os maiores valores entre 100 e 700, 800 e 900 m anm (0,72; 0,71 e 0,73, respectivamente), enquanto os menores valores foram registrados entre 700 e 800 (0,04), 800 e 900 (0,08) e 500 e 600 m anm (0,11) (Tabela 8). A relação entre os valores de diversidade β e as distâncias altitudinais entre todos os possíveis pares de faixas altitudinais estudadas na RNSM foi positiva e significativa ($R^2 = 0,46$, $n = 36$, $p < 0,001$) (Figura 20).

A análise de similaridade mostrou, basicamente, dois grupos, sendo o primeiro composto pelas espécies de anuros nas faixas altitudinais situadas entre 200-300 e 301-400 m anm (300 e 400 no dendrograma), e o segundo entre 501-600 e 800-918 m anm (600 e 900 no dendrograma) (Figura 21).

As espécies de anuros que tiveram as maiores amplitudes altitudinais foram *Ischnocnema henselii*, *Rhinella icterica* (Spix 1824), *Scinax littoralis*, *Adenomera marmorata* e *Physalaemus spiniger* (amplitude altitudinal = 900 m anm) (Tabela 9). Por outro lado, 15 espécies de anuros, tiveram as menores amplitudes registradas (amplitude altitudinal = 100 m anm) (Tabela 9). Nas altitudes situadas entre 601 e 800 m anm na RNSM, as espécies tiveram, em média, uma maior amplitude altitudinal (Figura 22). Houve uma tendência para as espécies com um ponto médio de distribuição nas altitudes mais elevadas possuírem uma maior amplitude

altitudinal (Figura 23). Houve uma relação positiva e significativa entre a amplitude altitudinal e o ponto médio de distribuição das espécies ($R^2= 0,27$, $n = 41$, $p < 0,001$), conforme o predito pelo efeito Rapoport.

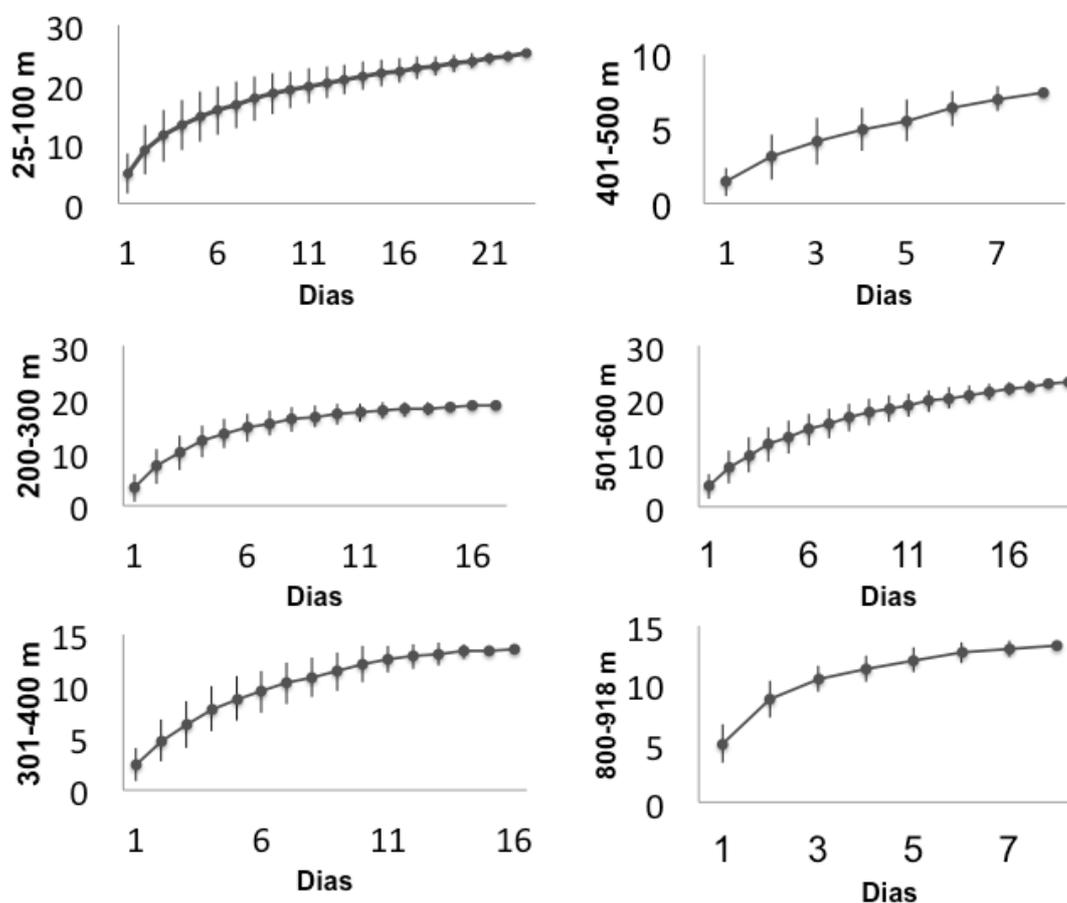
A riqueza empírica de anuros apresentou valores mais elevados do que o estimado pelo efeito do domínio médio nas altitudes mais baixas (entre 25-100 e 201-300 m anm) e entre 801-918 m anm (Figura 24). Portanto, as curvas de predição de 95% das simulações mostraram desvios positivos nas altitudes mais baixas e mais elevadas, e um ajuste às predições do modelo nulo nas altitudes intermediárias (Figura 24). Não houve uma relação significativa entre a riqueza empírica e a riqueza prevista pelo efeito do domínio médio ($R^2 = 0,0051$; $n = 9$, $p = 0,85$).

Tabela 6 - Abundâncias das espécies de anuros registradas por transectos com procura ativa nas faixas altitudinais estudadas na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil. * espécies registradas ocasionalmente. ** apenas encontros ocasionais.

Espécies de anuros	Faixas altitudinais (m anm)									Total
	25-100	101-200**	201-300	301-400	401-500	501-600	601-700**	701-800**	801-918	
Brachycephalidae										
<i>Brachycephalus hermogenesi</i> (Giaretta e Sawaya 1998)	1		4	7						12
<i>Brachydactylus tridactylus</i> Garey, Lima, Hartmann e Haddad 2012									14	14
<i>Ischnocnema henselii</i> (Peters 1870)	6	*	5	18	20	49	*	*	18	116
<i>Ischnocnema sambaqui</i> (Castanho e Haddad 2000)				2		1			1	4
<i>Ischnocnema</i> cf. <i>spanios</i>									1	1
<i>Ischnocnema</i> gr. <i>lactea</i>						1			1	2
<i>Ischnocnema</i> sp. 1	1									1
<i>Ischnocnema</i> sp. 2						3			*	3
Bufonidae										
<i>Dendrophryniscus berthaltutzae</i> Izecksohn 1994						1			10	11
<i>Dendrophryniscus leucomystax</i> Izecksohn 1968	4									4
<i>Rhinella abei</i> (Baldissera, Caramaschi e Haddad 2004)	23	*			1	2				26
<i>Rhinella hoogmoedi</i> Caramaschi e Pombal 2006	74	*	*							74
<i>Rhinella icterica</i> (Spix 1824)	7			3		4			3	17
Craugastoridae										
<i>Haddadus binotatus</i> (Spix 1824)	12	*	7	1		1				21
Cycloramphidae										
<i>Cycloramphus asper</i> Werner 1899			8	3						11
<i>Cycloramphus mirandaribeiroi</i> Heyer 1983			2	3						5
Hemiphraetidae										
<i>Gastrotheca microdiscus</i> (Andersson 1910)					1	8			10	19
Hylidae										
<i>Aplastodiscus albosignatus</i> (Lutz e Lutz 1938)			1			5				6

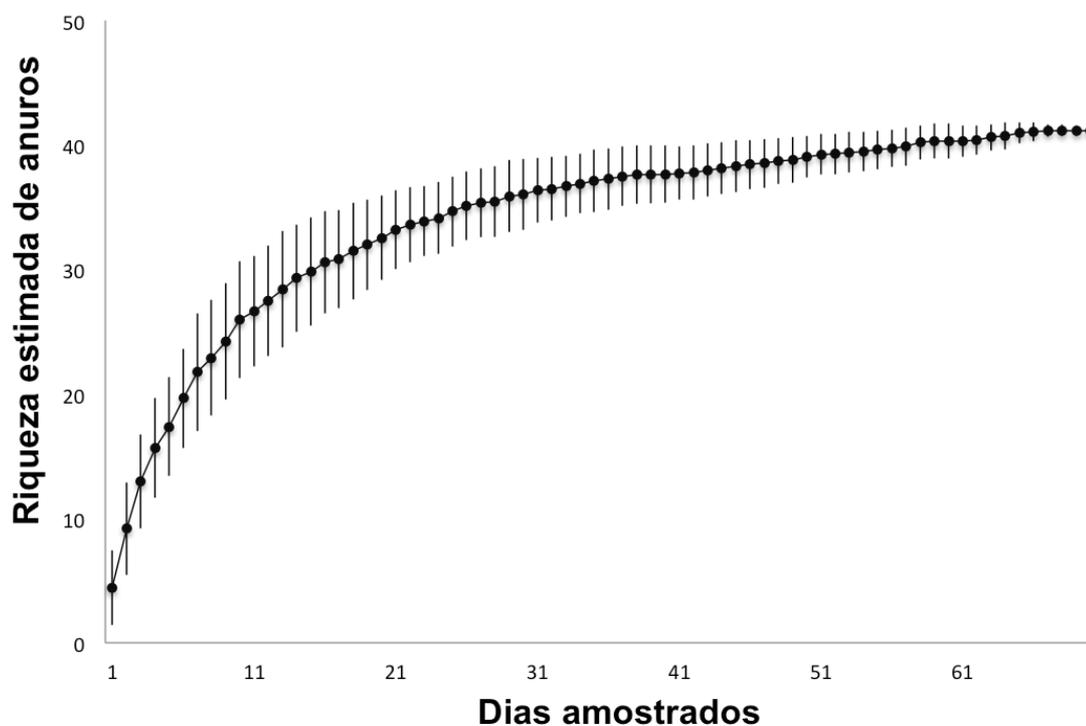
<i>Bokermannohyla hylax</i> (Heyer 1985)			6	2		7			1	16	
<i>Dendropsophus berthalutzae</i> (Bokermann 1962)	11		1							12	
<i>Hypsiboas albomarginatus</i> (Spix 1824)	7		7							14	
<i>Hypsiboas faber</i> (Wied-Neuwied 1821)			5							5	
<i>Hypsiboas semilineatus</i> (Spix 1824)	*										
<i>Itapotihyla langsdorffii</i> (Duméril e Bibron 1841)	3									3	
<i>Phyllomedusa distincta</i> Lutz 1950	1									1	
<i>Sinax fuscovarius</i> (Lutz 1925)	5		4							9	
<i>Scinax littoralis</i> (Pombal e Gordo 1991)	52		22	2		2			2	80	
<i>Scinax perereca</i> Pombal, Haddad e Kasahara 1995	1									1	
<i>Sinax</i> cf. <i>argyreornatus</i>	4									4	
<i>Sinax</i> cf. <i>tymbamirim</i>	1									1	
<i>Sinax</i> gr. <i>perpusillus</i>						1				1	
<i>Trachycephalus mesophaeus</i> (Hensel 1867)	1									1	
Hylodidae											
<i>Crossodactylus caramaschii</i> Bastos e Pombal 1995			14	27		29		*		70	
<i>Hylodes cardosoi</i> Lingnau, Canedo e Pombal 2008			13	6		5				24	
<i>Hylodes</i> cf. <i>heyeri</i> Haddad, Pombal e Bastos 1996				4	2	4				10	
Leptodactylidae (Leptodactylinae)											
<i>Adenomera marmorata</i> Steindachner 1867	94	*	22		8	16		*	*	7	147
<i>Adenomera</i> cf. <i>bokermanni</i>	7					1				8	
<i>Leptodactylus latrans</i> (Steffen 1815)	1									1	
<i>Leptodactylus notoaktites</i> Heyer 1978	*										
Leptodactylidae (Leiuperinae)											
<i>Physalaemus spiniger</i> (Miranda-Ribeiro 1926)	47	*	2			2		*		7	58
Odontophrynidae											
<i>Proceratophrys boiei</i> (Wied-Neuwied 1824)		*	8		1	1				10	
Total	363	-	131	78	33	143	-	-	75	823	

Figura 13 - Curvas de rarefação construídas, como seus desvios padrões médios (barras), a partir do número de espécies de anuros registrado em cada faixa altitudinal amostrada na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil, baseadas no número de dias amostrados.



Nota: O estimador de riqueza utilizado foi o Bootstrap.

Figura 14 - Curva de rarefação de espécies de anfíbios anuros baseada no número de dias amostrados em todo o gradiente altitudinal na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil. O estimador de riqueza utilizado foi o Bootstrap. As barras representam o desvio padrão médio.



Nota: As barras representam o desvio padrão médio.

Figura 15 - Relação entre a riqueza empírica de espécies de anuros e a altitude (manm) ao longo do gradiente altitudinal estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.

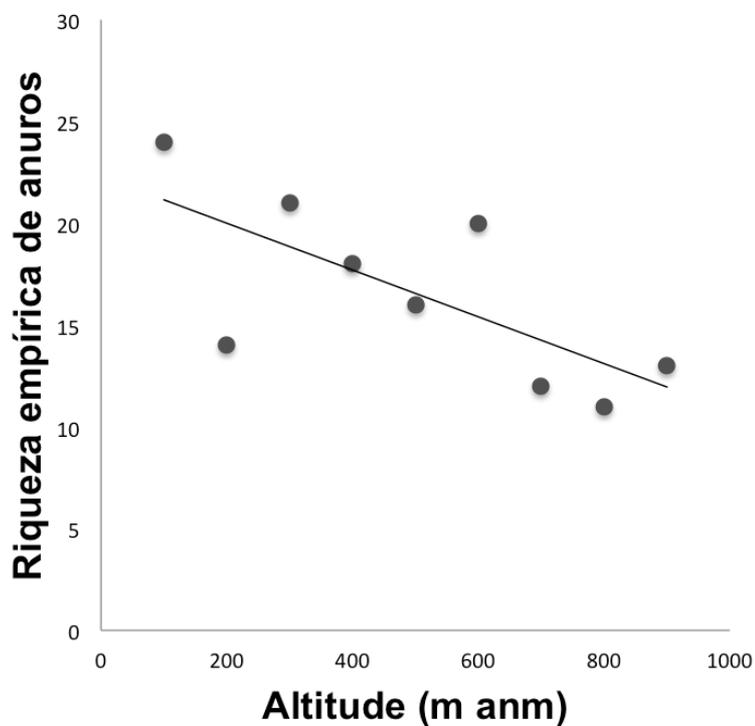


Figura 16 - Relação entre a riqueza empírica de espécies de anuros e a área (ha) ao longo do gradiente altitudinal estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.

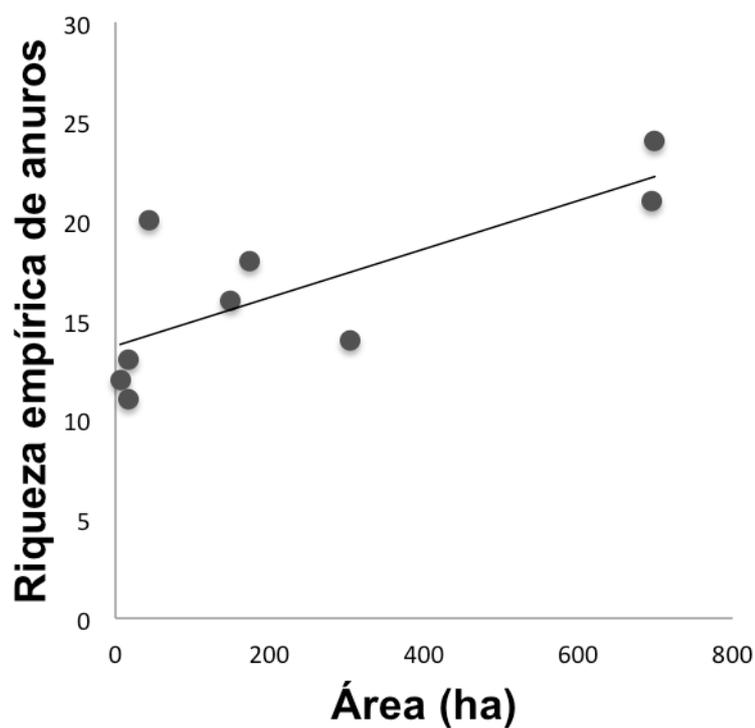


Figura 17 - Relação entre a abundância geral de anuros e a altitude (m anm) ao longo do gradiente altitudinal amostrado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.

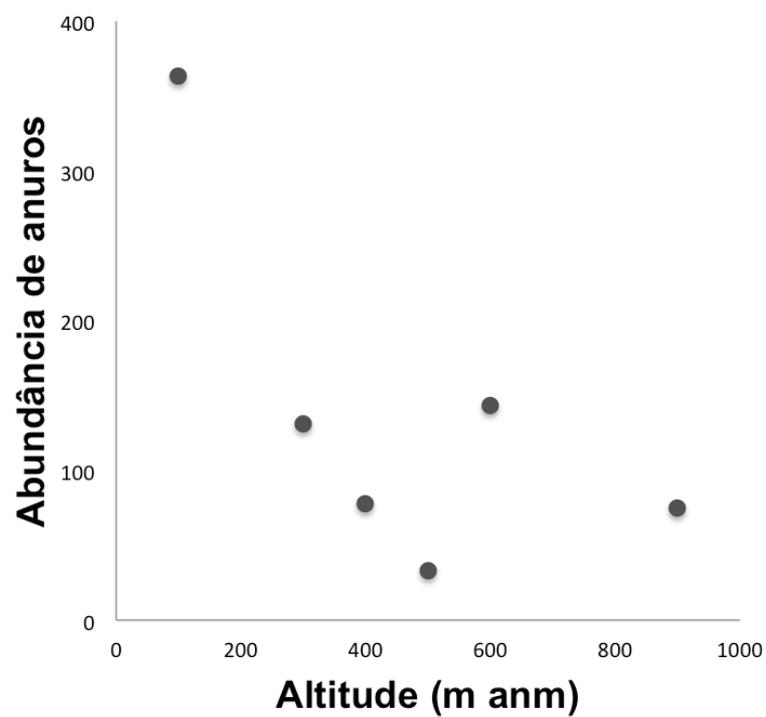


Figura 18 - Relação entre a abundância (\log_2) de anuros que possuem o modo reprodutivo do tipo 1 (A), do tipo 23 (B) e anuros reofílicos (C) e a altitude (m anm) ao longo do gradiente altitudinal amostrado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.

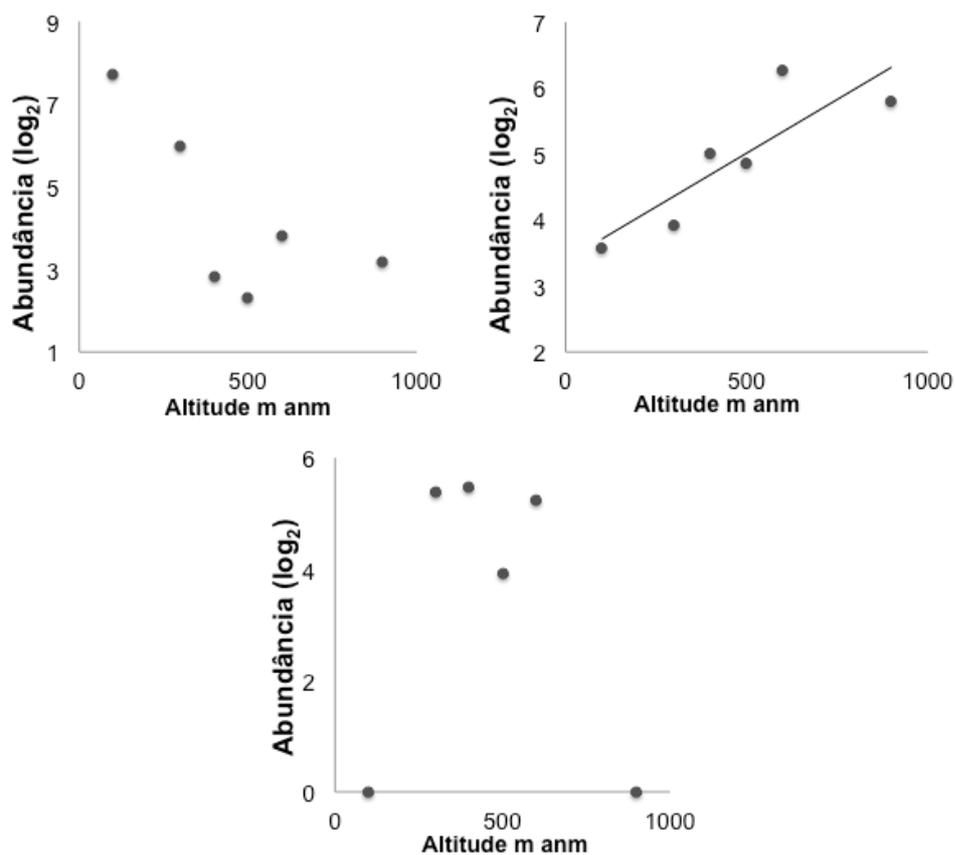


Figura 19 - Relação entre a diversidade β de anuros e a distância altitudinal (m anm) entre todos os pares de altitudes ao longo do gradiente altitudinal estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.

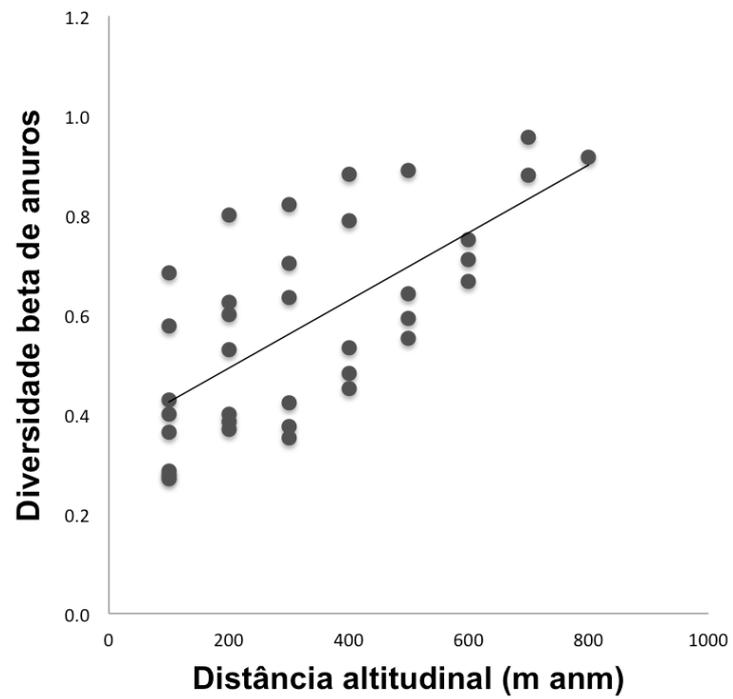
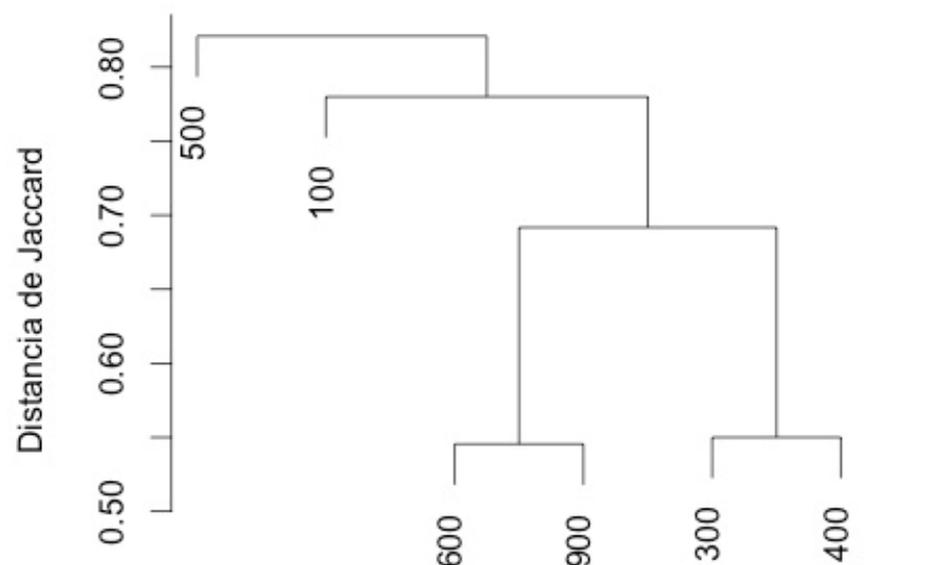


Figura 20 - Análise de similaridade (*Cluster analysis*) na composição de anuros (dados de presença e ausência) ao longo do gradiente altitudinal amostrado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.



Nota: Faixas altitudinais: 100 = 25-100, 300 = 200-300, 400 = 301-400, 500 = 401-500, 600 = 501-600 e 900 = 800-918 m anm.

Figura 21 - Relação entre a amplitude altitudinal média (m anm) das espécies de anuros e a altitude (m anm) (*Stevens plot*) ao longo do gradiente altitudinal estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.

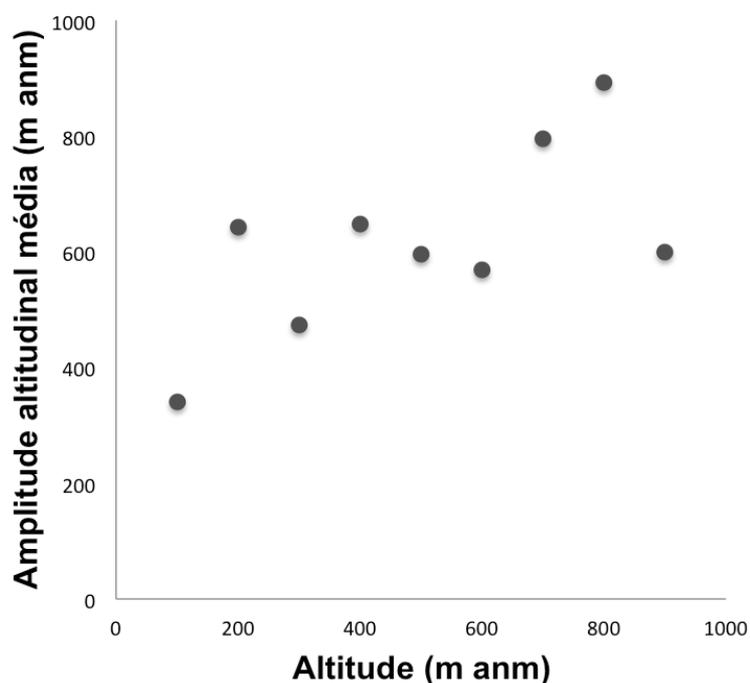


Figura 22 - Relação entre a amplitude altitudinal (m anm) e o ponto médio de distribuição altitudinal (m anm) (*Midpoint plot*) das espécies de anuros no gradiente altitudinal estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.

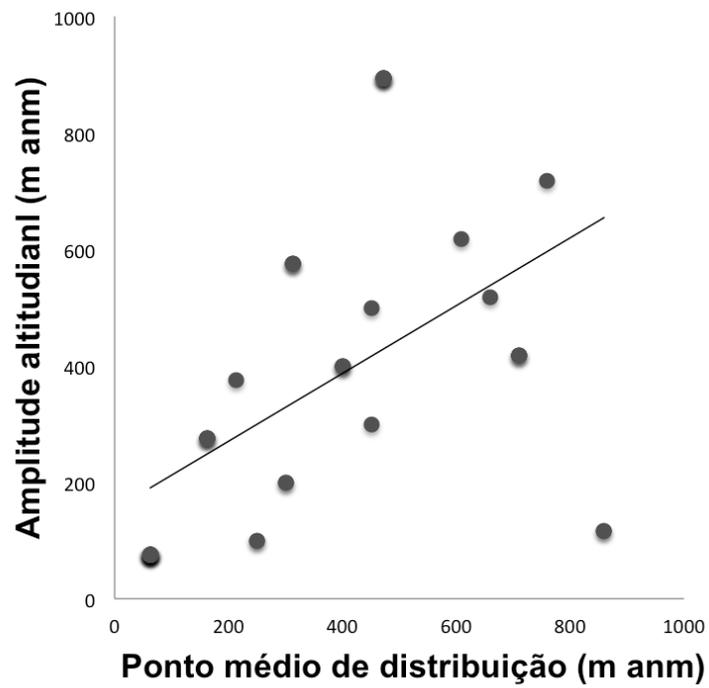
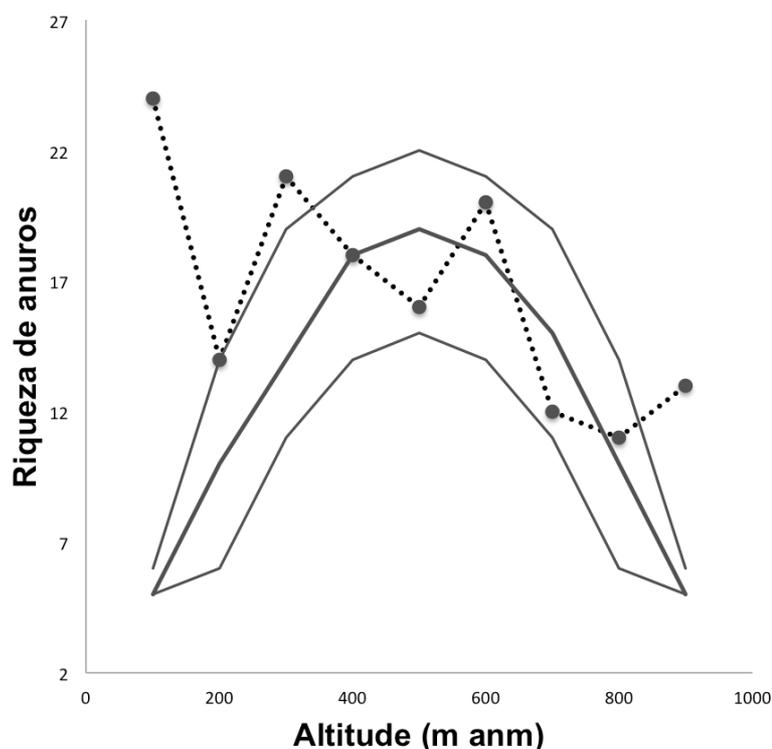


Figura 23 - Relação entre a riqueza empírica de anuros e a altitude (m anm) (ponto pretos interligados por linha pontilhada) ao longo do gradiente estudado na Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, sul do Brasil.



Nota: As linhas contínuas representam o padrão médio previsto de riqueza (linha do meio), e seus respectivos limites superior e inferior do intervalo de confiança de 95% do modelo nulo, obtido por 50.000 simulações com reposição, usando os pontos médios de distribuição e as amplitudes empíricas do anuros, no programa Range Model 5 (Colwell 2006).

4.4 Discussão

As riquezas de anuros estimadas para ocorrer em todo o gradiente altitudinal e em cinco das seis faixas altitudinais amostradas na Reserva Natural Salto Morato foram próximas às riquezas registradas, e as curvas de rarefação tenderam à estabilização, indicando que o esforço total de amostragem foi eficiente para inventariar a comunidade de anfíbios anuros da RNSM, nestes casos. Os métodos não-paramétricos de estimativas de riqueza são aplicáveis a dados com diferentes distribuições de abundâncias (Santos 2006). O método Bootstrap utiliza dados de incidência de todas as espécies nas amostras, não se restringindo às espécies raras, enquanto o método Chao 1 calcula a riqueza de espécies baseados na incidência de espécies raras (presentes em poucas amostras) (Magurran 2013). As comunidades de anuros em regiões tropicais geralmente apresentam muitas

espécies raras (Fauth et al. 1989), por isso, o método Chao 1, também foi levado em consideração no presente estudo. A riqueza de anuros estimada pelo método Chao 1 para a faixa situada entre 25-100 m anm foi consideravelmente maior do que a riqueza observada, indicando que nas áreas mais baixas na RNSM ainda devem ocorrer pelo menos 20 espécies de anuros que não foram registradas neste estudo. Possivelmente, isto se deve ao fato de que esta faixa possui uma área de superfície consideravelmente maior do que a das outras faixas, o que proporciona uma maior variedade de habitats disponíveis para os anuros, favorecendo a ocorrência de um maior número de espécies. Algumas espécies de anuros - e.g. *Dendropsophus microps* (Peters 1872) e *Dendropsophus seniculus* (Cope 1868) - que não foram registradas no presente estudo, foram encontradas em um estudo prévio em Salto Morato (Garey e Hartmann 2012), onde os autores concentraram as amostragens nas áreas de baixada na RNSM, e realizaram um maior esforço amostral em horas nestes mesmos locais. Portanto, para esta faixa situada entre 25-100 m anm é de fato preciso um maior esforço amostral do que o necessário nas altitudes acima dos 100 m de elevação na RNSM.

A riqueza empírica de anuros apresentou um decréscimo linear conforme aumentou a altitude na RNSM, possivelmente devido às mudanças físicas associadas ao aumento da altitude. Alguns estudos também têm encontrado esta tendência (e.g. Brown e Alcala 1961; Duellman 1987; Fauth et al. 1989; Poynton 2003; Cortez-Fernandez 2006; Qian et al. 2007; Phochayavanich et al. 2010), todavia, poucos deles demonstraram as causas pelas quais este decréscimo ocorreu (Fu et al. 2006; Naniwadekar e Vasudevan 2007; Siqueira 2012). Em uma região no sudoeste da China, a relação entre a riqueza de anuros e a altitude mostrou um máximo de diversidade nas altitudes intermediárias (Fu et al. 2006), e em uma região no sul da Índia, houve um aumento da riqueza de anfíbios típicos de riachos com o aumento da altitude no nível local e três picos de diversidade (padrão multimodal) no nível regional (Naniwadekar e Vasudevan 2007). No Brasil, um estudo sobre gradientes altitudinais de anfíbios da região da Mata Atlântica da Serra dos Órgãos no estado do Rio de Janeiro também registrou um decréscimo linear da riqueza com o aumento da altitude (Siqueira 2012), porém, neste caso, houve uma tendência na qual a riqueza de espécies foi relativamente elevada até altitudes intermediárias (até 1200 m anm), com um declínio mais acentuado nas áreas com altitudes superiores a 1200 m anm (Siqueira 2012). Em um estudo realizado na Mata

Atlântica da Ilha Grande, Angra dos Reis, sudeste do Brasil, não houve uma relação significativa entre a riqueza de espécies de anuros e a altitude, tendo sido encontrados valores elevados de riqueza nas altitudes de 150, 300 e 900 m anm (Goyannes-Araújo et al. 2015). Este último estudo, registrou uma acentuada redução na riqueza de anuros em altitudes situadas por volta dos 750 m anm, em locais com pouca disponibilidade de corpos d'água e com acentuada declividade do terreno (Goyannes-Araújo et al. 2015), assim como ocorreu no presente estudo entre 600 e 800m de elevação. Enquanto a presença de corpos d'água tende a favorecer a ocorrência de anuros (Rahbek 1995; Hofer et al. 1999; Lomolino 2001; Haddad e Prado 2005), a declividade do terreno pode influenciar negativamente a presença destes organismos (Lomolino 2001).

Por outro lado, houve um aumento da riqueza empírica de anuros com o aumento da área de superfície de relevo na RNSM, o que era esperado com base na relação espécie-área, uma vez que com um aumento na área, é esperado haver também um aumento correspondente no número de habitats e de micro-habitats, favorecendo a ocorrência de um maior número de espécies. Essa relação espécie-área (Arrhenius1921) tem sido apontada como um dos mais bem conhecidos padrões ecológicos (MacArthur e Wilson 1967; Rosenzweig 1995; Whittaker 1998). Para gradientes altitudinais, é conhecido que a área de superfície das faixas altitudinais pode afetar a riqueza de espécies em uma escala local (Karger et al. 2011) e regional (Rahbek 1997; Körner 2000; Lomolino 2001; Karger et al. 2011). Alguns estudos avaliaram o efeito da área em gradientes altitudinais (Rahbek 1997; Sanders 2002; Brehm et al. 2003; Bachman et al. 2004;McCain 2007; Romdal e Grytnes 2007; Karger et al 2011; Siqueira 2012). Para anfíbios anuros, um estudo na região sudoeste da China encontrou que a área de superfície do relevo explicou uma pequena variação na riqueza de espécies de anuros total, endêmicas e não-endêmicas (Fu et al. 2006), enquanto outro estudo, no sul da Índia, não encontrou uma influência da área de cada faixa altitudinal sobre a riqueza de anuros em um nível regional (Naniwadekar e Vasudevan 2007). No Brasil, o estudo de Siqueira (2012) encontrou que tanto a área de superfície do relevo em cada elevação quanto a altitude influenciaram a riqueza de anuros, mas, de forma diferente ao registrado no presente estudo, não foi encontrada uma correlação entre a área e a altitude (Siqueira 2012).

A abundância geral de anuros não estava relacionada com a altitude na RNSM. Isto provavelmente decorreu do fato de que os diferentes grupos de anuros registrados responderam de forma diferencial ao aumento da altitude, com alguns tendo um aumento na sua abundância ao longo do gradiente, enquanto outros tiveram uma diminuição, e outros, ainda, apresentaram seus maiores valores de abundâncias nas altitudes intermediárias. A abundância e/ou densidade geral de anuros pode ser influenciada pela altitude, podendo aumentar (Scott 1976; Giaretta et al. 1999; Germano et al. 2003; Cortez-Fernandez 2006), diminuir (Fauth et al. 1989; Lemckert e Mahoney 2010; Goyannes-Araújo et al. 2015), ou ainda não possuir relação com a altitude (Behangana et al. 2009; Siqueira 2012), como o encontrado na presente tese. Quando a abundância dos anuros que possuíam o modo reprodutivo do tipo 1 foi analisada separadamente, foi encontrada uma tendência semelhante à da abundância geral, não havendo uma relação significativa com o aumento da altitude, mas com um pico de abundância nas altitudes mais baixas na RNSM. Esses anuros que possuem o modo reprodutivo do tipo 1 são dependentes de corpos de água parada para depositar os ovos, onde ocorre o desenvolvimento dos girinos (Haddad et al. 2013). Assim, é possível que as maiores abundâncias desses anuros sejam registradas nas altitudes mais baixas, em áreas relativamente mais planas, onde ocorrem poças, permanentes e temporárias, cuja ocorrência diminui drasticamente aproximadamente acima de 50 m anm na RNSM. Por outro lado, quando foi avaliada apenas a abundância dos anuros que apresentam o modo reprodutivo do tipo 23, foi encontrada uma tendência inversa, com um aumento significativo da abundância com aumento da altitude, o que é conhecido para esses anuros que habitam o chão de florestas tropicais (Brown e Alcala 1961; Scott 1976; Heatwole 1982; Duellman e Trueb 1986). Esta tendência foi atribuída a uma maior produtividade geral em elevações intermediárias, em conjunto com o aumento das densidades das espécies mais comuns em altitudes mais elevadas nas florestas tropicais da Costa Rica (Scott 1976). As espécies de anuros com hábitos reofílicos apresentaram uma tendência diferente das espécies que possuíam o modo reprodutivo 1 e 23, não tendo sido registradas nas altitudes extremas (na floresta de baixada e na região do cume), ocorrendo somente nas altitudes intermediárias, justamente onde ocorre um maior número de riachos na RNSM.

Alguns estudos identificaram a área com condições ecológicas ótimas como o local com a maior abundância do grupo de espécies em questão (Terborgh 1977; Heaney 2001), especialmente nos casos onde a produtividade, as variáveis climáticas e a diversidade e complexidade do habitat são difíceis de serem medidas (McCain 2004). Na RNSM, quase metade da abundância de anuros geral foi registrada nas baixas altitudes, onde notavelmente a maior extensão de área de relevo abriga uma maior complexidade de habitats, em diferentes estágios sucessionais, apresentando desde pequenas porções de área aberta até locais onde a mata já apresenta uma sucessão avançada, além de fragmentos de floresta primária pouca alterada. Para gradientes altitudinais, têm sido assumido que a amplitude altitudinal ótima de cada espécie é aquela onde esta tem a sua abundância máxima (Whittaker 1967; Grytnes e Vetaas 2002), o que explica os diferentes padrões de distribuição de abundâncias de anuros encontrados, quando foi analisado separadamente os anuros registrados que possuem o modo reprodutivo do tipo 1, do tipo 23 e os anuros com hábitos reofílicos.

A diversidade β apresentou os valores de forma geral mais elevados entre faixas de altitudes mais distantes entre si na RNSM, enquanto os menores valores foram registrados entre as faixas situadas mais próximas entre si altitudinalmente no gradiente estudado. Assim, quanto mais se afastam as faixas de altitude, maior os valores da diversidade beta e, portanto, maior a alteração de espécies. Provavelmente, isto decorre do fato de que devido ao aumento da distância altitudinal entre os pares de altitudes maiores diferenças se expressam no habitat estrutural e em fatores físicos do ambiente local, promovendo uma maior variação no conjunto de espécies de anuros na comunidade componente local (princípio de autocorrelação espacial). Uma tendência similar foi encontrada em um estudo com anuros de folhiço no Brasil (Goyannes-Araújo et al. 2015). De forma similar ao registrado no presente estudo, um trabalho com anuros no sudeste do Brasil (Siqueira 2012), encontrou uma relação positiva entre os valores de diversidade β e a distância altitudinal entre as faixas amostradas, assim como foi registrado para outro estudo com anuros em uma localidade no sul da Índia (Vasudevan et al. 2006).

A análise de similaridade evidenciou a faixa situada entre 401-500 m anm (500 no dendrograma) compondo um grupo com todas as demais faixas amostradas na RNSM, possivelmente, devido à baixa riqueza de anuros registrada nessas altitudes, sem ocorrência de espécie exclusiva. A análise representou a faixa

situada até 100 m anm também compondo um grupo com as demais faixas amostradas (exceto 500), provavelmente devido ao elevado número de espécies de anuros exclusivas nestas altitudes mais baixas na RNSM. Entre esses anuros exclusivos, a maior parte deles [*Leptodactylus notoaktites* Heyer 1978, *Leptodactylus latrans* (Steffen 1815); *Hypsiboas semilineatus* (Spix 1824); *Itapotihyla langsdorffii* (Duméril e Bibron 1841); *Phyllomedusa distincta* Lutz 1950; *Scinax perereca* Pombal, Haddad e Kasahara 1995; *Sinax* cf. *argyreornatus*; *Scinax* cf. *tybamirim* e *Trachycephalus mesophaeus* (Hensel 1867)], apresenta dependência de corpos de água parada (ambientes lênticos) para a reprodução (Haddad et al. 2013), como já foi discutido anteriormente nessa tese. Na RNSM, as altitudes mais baixas fornecem esses tipos de ambientes, com poças permanentes e temporárias, em maior número, favorecendo a ocorrência destes anuros. Além disso, estes anuros, de forma geral, são encontrados associados a ambientes em áreas abertas (Lucas e Fortes 2008; Almeida-Gomes et al. 2010; 2014; Armstrong e Conte 2010; Cunha et al. 2010), que só estão disponíveis nas partes mais baixas da RNSM. O grupo formado pelo conjunto de espécies de anuros que ocorrem entre 501-600 e 800-918 m anm (600 e 900 no dendrograma), possui um elevado número de espécies em comum (n = 11), destacando-se, entre estas, algumas que só ocorreram nestas duas faixas altitudinais: *Ischnocnema* gr. *lactea*, *Ischnocnema* sp. 2, *Dendrophryniscus berthalutzae* Izecksohn, 1994 e *Gastrotheca microdiscus* (Andersson 1910) (embora um único indivíduo desta última espécie tenha sido encontrado na faixa abaixo, entre 401-500 m anm). O grupo formado pelas espécies de anuros que ocorrem entre 201-300 e 301-400 m anm (300 e 400 no dendrograma), também possuiu um elevado número de espécies em comum (n = 9) e, entre elas, especialmente, os anuros da família Cycloramphidae (*Cycloramphus asper* Werner, 1899 e *Cycloramphus mirandaribeiroi* Heyer 1983). Como estas duas espécies de anuros estiveram restritas a estas duas faixas, isto deve ter contribuído para o agrupamento destas faixas altitudinais. As diferentes formações vegetacionais existentes, também podem ter contribuído para agrupar determinadas faixas altitudinais na RNSM. O grupo de espécies de anuros, composto por anuros que ocorreram entre 201-300 e 301-400 m anm, habitavam formação correspondente aos domínios da Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana, enquanto o grupo de espécies, composto por anuros que ocorreram entre 501-600 e 800-918 m anm, em formação correspondente à Floresta Ombrófila Densa Montana

(incluindo uma pequena porção de floresta Altomontana). As espécies de anuros que ocorreram nas altitudes baixas, na Floresta Ombrófila Densa Aluvial, estavam representadas mais distantes na análise de similaridade.

Algumas das espécies de anuros registradas na RNSM ($n = 15$, 36,6% do total) teve uma distribuição altitudinal bastante restrita, de apenas 100 m de elevação. Entre estas espécies, a maioria delas (80% do total) ocorreu nas áreas de baixada, até os 100 m anm, e foram caracterizadas, principalmente, pelos anuros da família Hylidae que estão associados a áreas alteradas, em ambientes com poças e brejos. Por outro lado, parte destas espécies de anuros (20% do total) foram registradas em altitudes elevadas na RNSM (uma espécie foi registrada entre 501-600 e duas foram registradas entre 801-918 m anm). Uma destas espécies de anuros registradas no cume da RNSM, o anuro micro-endêmico *Brachycephalus tridactylus* Garey, Lima, Hartmann, & Haddad, 2012, junto com outras congêneres, são endêmicas de áreas de floresta no topo de uma ou poucas montanhas (Ribeiro et al. 2015). A outra espécie de anuro registrada no cume, *Gastrotheca microdiscus*, também pertence a um gênero típico de áreas em altitudes elevadas (Siqueira et al. 2011). Uma tendência semelhante, das espécies de anuros possuírem uma baixa amplitude nas áreas de baixada e de elevadas altitudes, foi encontrada em um estudo realizado também na Mata Atlântica brasileira, no sudeste do país (Siqueira et al. 2012).

Para testar o efeito Rapoport, dois métodos podem ser utilizados. O método original de Stevens (1989) utiliza a Correlação por postos de Spearman para testar a significância da relação entre a média da amplitude altitudinal de todas as espécies que ocorrem em uma determinada elevação e a altitude. No entanto, este método tem a desvantagem das amostras não serem independentes, uma vez que a amplitude altitudinal de uma mesma espécie pode ser utilizada em mais do que uma elevação (Stevens 1992; Colwell e Hurtt 1994; Fleishman et al. 1998). O segundo método para testar o efeito Rapoport, o do ponto médio (Rohde et al. 1993), avalia a relação entre a amplitude altitudinal e o ponto médio de distribuição altitudinal de cada espécie (os dados são tratados como amostras independentes) e, por isso, é considerado preferível ao método de Stevens (Colwell e Hurtt 1994; Almeida-Neto et al. 2006; Siqueira 2012; Goyannes-Araújo et al. 2015).

Nas altitudes situadas entre 601 e 800 m anm na RNSM, que podem ser consideradas elevadas para este estudo, as espécies tiveram, em média, uma maior

amplitude altitudinal e, embora tenha havido uma tendência para as espécies com um ponto médio de distribuição nas altitudes intermediárias possuírem uma maior amplitude altitudinal, houve uma relação positiva e significativa entre a amplitude altitudinal e o ponto médio de distribuição das espécies, contudo com uma baixa correlação ($R^2 = 0.27$). Dessa forma, tanto o método de Stevens, quanto o método do ponto médio, apesar de apresentarem evidências pouco fortes, confirmaram o efeito Rapoport para a comunidade de anuros estudada na RNSM. Outro estudo, realizado na Colômbia, também detectou o efeito Rapoport para as espécies de anuros (Navas 2003). Por outro lado, alguns estudos não detectaram este efeito para espécies de anuros (Stevens 1992; Bernal e Lynch 2008; Hu et al. 2011), incluindo dois estudos realizados na Mata Atlântica no sudeste do Brasil (Siqueira 2012; Goyannes-Araújo et al. 2015). Embora o efeito Rapoport (Stevens 1992) tenha sido detectado neste estudo, os processos propostos para explicar este efeito (efeito de resgate de Rapoport) (Stevens 1989; 1992) não estiveram de acordo com os presentes dados. Neste estudo, ao contrário do que ocorre no efeito de resgate de Rapoport (um efeito de resgate das altitudes mais elevadas para as mais baixas), as espécies de anuros com as maiores amplitudes altitudinais, possuíam maiores abundâncias relativas em altitudes mais baixas, até 100 m anm, indicando um efeito de resgate das altitudes mais baixas para as mais elevadas. Este resgate, foi encontrado e proposto como um modelo alternativo em um estudo com opiliões no sudeste do Brasil (Almeida-Neto et al. 2006). Este efeito de resgate de populações fonte, nas baixas e médias altitudes, para as populações dreno, nas altas altitudes seria aplicado principalmente para organismos sensíveis a baixas temperaturas e/ou umidade, tal como muitos artrópodes terrestres, anfíbios e gastrópodes (Almeida-Neto et al. 2006). Este efeito também poderia ser aplicado para gradientes altitudinais tropicais e de pequena extensão, onde a variabilidade dos fatores climáticos é menos acentuada do que em regiões temperadas e com amplas amplitudes altitudinais (Almeida-Neto et al. 2006).

Não houve um ajuste entre a riqueza empírica de anuros e a riqueza prevista pelo efeito do domínio médio, indicando que os anuros na RNSM estão sujeitos a outros efeitos decorrentes da altitude que não um efeito decorrente de restrições geométricas. Portanto, a riqueza de anuros registrada na RNSM não foi explicada pelo efeito do domínio médio, como o encontrado em dois estudos com comunidade de anuros realizados na Mata Atlântica no sudeste do Brasil (Siqueira 2012;

Goyannes-Araújo et al. 2015) e um estudo no sul da Índia para uma comunidade de anuros de riachos (Naniwadekar e Vasudevan 2007). Os estudos desenvolvidos em grande escala espacial e com grupos de espécies com ampla distribuição geralmente se ajustam mais às predições do domínio médio do que estudos em pequena escala feitos com espécies com distribuições relativamente restritas (Dunn et al. 2007). As curvas de predição de 95% das simulações mostraram, neste estudo, desvios positivos nas altitudes mais baixas e mais elevadas, e um ajuste às predições do modelo nulo nas altitudes intermediárias na RNSM. Desvios significativos das predições dos modelos nulos indicam a necessidade de análises dos recursos abióticos, interações entre espécies, e história evolutiva e ecológica (Colwell e Lees 2000; McCain 2004). Nas baixas altitudes na RNSM, a riqueza empírica de anuros foi consideravelmente maior do que a predita pelo efeito do domínio médio, com um desvio positivo da curva de predição do modelo bastante acentuado. Provavelmente, este desvio se deve a uma maior diversidade de espécies de anuros nestas áreas mais baixas na RNSM, incluindo espécies típicas de áreas abertas e perturbadas, que estão associadas a ambientes com água parada, como poças e brejos. Já nas altitudes mais altas na RNSM, houve também um desvio positivo da curva de predição do modelo, no entanto, neste caso, o desvio foi menos pronunciado que nas altitudes baixas.

Em conclusão, na presente tese, os dados mostraram que a composição e a estrutura da comunidade de anuros variou ao longo do gradiente altitudinal estudado, e que a riqueza de anuros foi alta nas altitudes mais baixas, diminuindo significativamente conforme aumentava a elevação. Por outro lado, a abundância geral de anuros não estava relacionada com a altitude, e as abundâncias específicas variaram dependendo da espécie de anuro. O Efeito do Domínio Médio não explicou a riqueza de espécies na reserva. A altitude (refletindo os parâmetros ambientais), a área, os ecótonos (entre as diferentes formações vegetacionais) e o efeito Rapoport influenciaram a riqueza e a composição de espécies de anuros ao longo do gradiente altitudinal na Reserva Natural Salto Morato, no sul do Brasil.

4.5 Referências

ALLMON, W.D. A plot study of Forest floor litter frogs, Central Amazon, Brazil. *Journal Tropical Ecology* 7: 503- 522. 1991.

- ALMEIDA-GOMES, M., SIQUEIRA, C.C., BORGES-JÚNIOR, V.N.T., VRCIBRADIC, D., FUSINATTO, L.A. e ROCHA, C.F.D. Herpetofauna of the Reserva Ecológica de Guapiáçu (REGUA) and its surrounding areas, in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Biota Neotropica* 14(3): 1-15. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0603007813>
- ALMEIDA-GOMES, M.; ALMEIDA-SANTOS, M.; GOYANNES-ARAÚJO, P.; BORGES-JR., V.N.T.; VRCIBRADIC, D.; SIQUEIRA, C.C.; ARIANI, C.V.; DIAS, A.S.; SOUZA, V.V.; PINTO, R.R.; VAN SLUYS, M. e ROCHA, C.F.D. Anurofauna of an Atlantic Rainforest fragment and its surroundings in northern Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70(3): 871-877. 2010.
- ALMEIDA-GOMES, M.; VRCIBRADIC, D.; SIQUEIRA, C.C.; KIEFER, M.C.; KLAION, T.; ALMEIDA-SANTOS, P.; NASCIMENTO, D.; ARIANI, C.V.; BORGES-JR., V.N.T.; FREITAS-FILHO, R.F.; VAN SLUYS, M. e ROCHA, C.F.D. Herpetofauna of an Atlantic Rainforest area (Morro São João) in Rio de Janeiro State, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 80(2): 291-300. 2008.
- ALMEIDA-NETO, M.; MACHADO, G.; PINTO-DA-ROCHA, R. e GIARETTA, A.A. Harvestman (Arachnida: Opiliones) species distribution along three Neotropical elevational gradients: an alternative rescue effect to explain Rapoport's rule? *Journal of Biogeography* 33(2): 361-375. 2006.
- ARMSTRONG, C.G. e CONTE, C.E. Taxocenose de anuros (Amphibia: Anura) em uma área de Floresta Ombrófila Densa no Sul do Brasil. *Biota Neotropica* 10(1): 39-46. 2010.
<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/en/abstract?article+bn00610012010>
- ARRHENIUS, O. Species and area. *Journal of Ecology* 9: 95-99. 1921.
- AZERIA, E.T.; SANMARTÍN, I.; CARLSON, A.S.E. e BURGESS, A.N. Biogeographic patterns of the East African coastal forest vertebrate fauna. *Biodivers. Conserv.* 16: 883-912. 2007.
- BACHMAN, S., BAKER, W.J., BRUMMITT, N., DRANSFIELD, J. e MOAT, J. Elevational gradients, area and tropical island diversity: an example from the palms of New Guinea. *Ecography* 27: 299-310. 2004.
- BEHANGANA, M.; KASOMA, P.M.B. e LUISELLI, L. Ecological correlates of species richness and population abundance patterns in the amphibian communities from the Albertine Rift, East Africa. *Biodiversity and Conservation* 18(11): 2855-2873. 2009.
- BERNAL, M.H. E LYNCH, J.D. Review and analysis of altitudinal distribution of the Andean anurans in Colombia. *Zootaxa* 1826: 1-25. 2008.
- BREHM, G.; SÜSSENBACH, D. e FIEDLER, K. Unique elevational diversity patterns of geometrid moths in an Andean montane rainforest. *Ecography* 26: 456-466. 2003.
- BROWN, W. C. e ALCALA, A. C. Populations of amphibians and reptiles in the submontane and montane forest of Cuernos Negros, Philippine Islands. *Ecology* 42: 628-636. 1961.
- BULLOCK, S.H.; MOONEY, H.A. e MEDINA, E. Seasonally dry tropical forests. Cambridge University Press. New York. 450p. 1995.
- CADAVID, J.G.C.; ROMAN-VALENCIA, C. e GÓMEZ, A.F.T. Composición y estructura de anfibios anuros en un transecto altitudinal de los Andes Centrales de Colombia. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat.* 7(2): 103-118. 2005.

- CADLE, J.E. e PATTON, J.L. Distribution patterns of some amphibians, reptiles and mammals of the eastern andean and southern Peru. In: VANZOLINI, P. E. e HEYER W. R. (Eds.). *Proceedings of a Workshop on Neotropical Distribution Patterns*. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro. p. 225-244. 1988.
- CAMURUGI, F.; LIMA, T.M.; MERCÊS, E.A. E JUNCÁ, F.A. Anurans of the Reserva Ecológica da Michelin, Municipality of Igrapiúna, State of Bahia, Brazil. *Biota Neotropica* 10(2): 305-312. 2010.
- CLARKE, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. 18:117-143.
- COLWELL, R. K. RangeModel A Monte Carlo simulation tool for assessing geometric constraints on species richness. Version 5. User's Guide and application published at: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/rangemodel>. 2006.
- COLWELL, R.K. e HURTT, G.C. Nonbiological gradients in species diversity and a spurious Rapoport effect. *The American Naturalist* 144(4): 570-595. 1994.
- COLWELL, R.K. e LEES, D.C. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends in Ecology and Evolution* 15(2): 70-76. 2000.
- COLWELL, R.K. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>. 2009.
- CORTEZ-FERNANDEZ, C. Variación altitudinal de la riqueza y abundancia relativa de los anuros del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Cotapata. *Ecología en Bolivia* 41(1): 46-64. 2006.
- CUNHA, A.K.; OLIVEIRA, I.S. e HARTMANN, M.T. Anurofauna da Colônia Castelhanos, na Área de Proteção Ambiental de Guaratuba, Serra do Mar paranaense, Brasil. *Biotemas* 23(2): 123-134. 2010.
- DIAMOND, J. Avifauna of the eastern highlands of New Guinea. Monograph of the Nattall Ornithological Club, Cambridge, Massachusetts, 438p. 1972.
- DUELLMAN, W. E. Patterns of species diversity in anuran amphibians in the American tropics. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 75: 79-104. 1987.
- DUELLMAN, W. E. The herpetofauna of the Andes: patterns of distribution, origin, differentiation and present communities; pp. 371-460, in: Duellman, W.E. (Ed.). *The South American Herpetofauna: Its Origin, Evolution and Dispersal*. Museum of Natural History the University of Kansas, Monograph 7: 371-460. 1979.
- DUNN, R.R.; MCCAIN, C.M. E SANDERS, N.J. When does diversity fit null model predictions? Scale and range size mediate the mid-domain effect. *Global Ecology and Biogeography* 16: 305-312. 2007.
- FAUTH, J.E.; CROTHER, B. e SLOWINSKI, J. Elevational patterns of species richness, evenness and abundance of the Costa Rican leaf-litter herpetofauna. *Biotropica* 21: 178-185. 1989.
- FLEISHMAN, E.; AUSTIN, G.T. e WEISS, A.D. An empirical test of Rapoport's rule: elevational gradients in montane butterfly communities. *Ecology* 79(7): 2482-2493. 1998.

- FLEMING, T. The structure of neotropical bat communities: a preliminary analysis. *Rev. Chilena de Historia Natural*, 59: 135-150. 1986.
- FU, C.; HUA, X.; LI, J.; CHANG, Z.; PU, Z. E CHEN, J. Elevational patterns of frog species richness and endemic richness in the Hengduan Mountains, China: geometric constraints, area and climate effects. *Ecography* 29(6): 919-927. 2006.
- GARCÍA-R, J.C. e CÁRDENAS-H, H. Efecto de Rapoport en las ranas Terrarana de América Continental: Gradientes de riqueza latitudinal y altitudinal. *Revista Novedades Colombianas*, 10(1) – 2010.
- GAREY, M.V.; HARTMANN, M.T. Anuros da Reserva Natural Salto Morato, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil. *Biota Neotrop.* 12(4): 137-145. 2012.
- GIARETTA, A.A.; FACURE, K.G.; SAWAYA, R.J.; MEYER, J.H.D. e CHENIN, N. Diversity and abundance of titter frogs in a montane forest of southeastern Brazil: Seasonal and altitudinal changes. *Biotropica* 31 (4): 669-674. 1999.
- GIARETTA, A.A.; SAWAYA, R.J.; MACHADO, G.; ARAÚJO, M.S.; FACURE, K.G.; MEDEIROS H.F. e NUNES. R. Diversity and abundance of litter frogs at altitudinal sites at Serra do Japi, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 14(2): 341-346. 1997.
- GOTELLI, N. J. e R. K. COLWELL. Estimating species richness; pp. 39-54, in Magurran, A. E. e McGill, B. J. (Eds). *Frontiers in measuring biodiversity*. Oxford University Press, New York. 2011.
- GOTELLI, N.J. e ELLISON, A.M. *Princípios de estatística em ecologia*. Artmed, Porto Alegre. 2011.
- GOYANNES-ARAUJO, P.; SIQUEIRA, C.C.; LAIA, R.C.; ALMEIDA-SANTOS, M.; GUEDES, D.M. e ROCHA, C.F.D. Anuran species distribution along an elevational gradient and seasonal comparisons of leaf litter frogs in an Atlantic Rainforest area of southeastern Brazil. *The Herpetological Journal* 25(2): 75-81. 2015.
- GRAHAM, G. Changes in bat species diversity along an elevational gradient up the Peruvian Andes. *Journal of Mammalogy* 64: 559-571. 1983.
- GRAHAM, G.L. Bats versus birds: comparisons among Peruvian volant vertebrate faunas along an elevational gradient. *Journal of Biogeography* 17(6): 657-668.1990.
- GRYTNES, J.A. e VETAAS, O. R. Species Richness and Altitude: A Comparison between Null Models and Interpolated Plant Species Richness along the Himalayan Altitudinal Gradient, Nepal. *The American Naturalist* 159(3): 294-304. 2002
- GRYTNESN, J.A. e MCCAIN, C. M. Elevational trends in biodiversity. *Encyclopedia of Biodiversity*. 8p. 2007.
- HADDAD C.F.B., E PRADO C.P.A. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *BioScience* 55 (3): 207-217. 2005.
- HADDAD, C.F.B.; TOLEDO, L.F.; PRADO, C.P.A.; LOEBMANN, D.; GASPARINI, J.L. e SAZIMA, I. *Guia dos Anfíbios da Mata Atlântica: diversidade e biologia = Guide to the amphibians of the Atlantic Forest: diversity and biology*. São Paulo, Anolisbooks. 2013.

HEANEY, L.; HEIDEMAN, P.; RICKART, A.; UTZURRUM, B. e KLOMPEN, S. Elevational zonation of mammals in the Central Philippines. *Journal of Tropical Ecology* 5: 259-280. 1989.

HEANEY, L.R. Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology and Biogeography* 10(1): 15-39. 2001.

HEATWOLE, H. A review of structuring in herpetofaunal assemblages; pp. 1-19, in: SCOTT, Jr. N. J. (Ed.). *Herpetological Communities: a Symposium of the Society for the Study of Amphibians and Reptiles and The Herpetologists' League*, August, 1977. U.S. Fish & Wildlife Res. Report 13. 1982.

HEYER, W.R. A herpetofaunal study of an ecological transect through the Cordillera de Tilarán, Costa Rica. *Copeia* (2): 259-271. 1967.

HILLEBRAND, H. On the generality of the latitudinal diversity gradient. *Am. Nat.* 163: 192-211. 2004.

HOFER, U.; BERSIER, L.F. e BORCARD, D. Spatial organization of a herpetofauna on an elevational gradient revealed by null model tests. *Ecology* 80(3): 976-988. 1999.

HU, J.; XIE, F.; LI, C. e JIANG, J. Elevational patterns of species richness, range and body size for spiny frogs. *Plos One* 6(5): 1-10. 2011.

JUNCA, F.A. Diversidade e uso de hábitat por anfíbios anuros em duas localidades de Mata Atlântica, no norte do estado da Bahia. *Biota Neotropica* 6(2): 1-17. 2006

KARGER, D.N.; KLUGE, J.; KROMER, T.; ANDREAS H.; LEHNERT, M. e KESSLER M. The effect of area on local and regional elevational patterns of species richness. *Journal of Biogeography* 38: 1177-1185. 2011.

LAURENCIO, D. e FITZGERALD, L.A. Environmental correlates of herpetofaunal diversity in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 26(5): 521-531. 2010.

LEES, D.C., KREMEN, C. e ANDRIAMAMPINANINA, L. A null model for species richness gradients, bounded range overlap of butterflies and other rainforest endemics in Madagascar. *Biological Journal of the Linnean Society* 67(4): 529-584. 1999.

LOMOLINO, M.V. Elevational gradients of species-density: Historical and prospective views. *Global Ecol. Biogeogr.* 10: 3-13. 2001.

LUCAS, E.M. e FORTES, V.B. Frog diversity in the Floresta Nacional de Chapecó, Atlantic Forest of southern Brazil. *Biota Neotropica* 8(3): 51-61. 2008. <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/en/abstract?article+bn00508032008>.

MA, X.; LU, X. e MERILA, J. Altitudinal decline of body size in a Tibetan frog. *Journal of Zoology* 279, 364-371. 2009.

MACARTHUR, R.H. e WILSON E.O. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton. 224p. 1967.

MAGURRAN, A.E. *Medindo a diversidade biológica*. Curitiba: Editora da UFPR. 261p. 2013.

- MARTÍNEZ, J. Pautas de distribución de la biodiversidad en zonas de montaña; pp. 357-364, in: LIBERMAN, M. e BAIED C. (Eds.). *Desarrollo Sostenible de Montaña: Manejo de Áreas Frágiles en los Andes*. 1997.
- MCCAIN, C. Area and mammalian elevational diversity. *Ecology* 88: 76-86. 2007.
- MCCAIN, C. M. Elevational gradients in diversity of small mammals. *Ecology* 86:366-372. 2005.
- MCCAIN, C.M. Global analysis of bird elevational diversity. *Global Ecology and Biogeography* 18:346-360. 2009.
- MCCAIN, C.M. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species diversity of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography* 31(1): 19-31. 2004.
- NANIWADEKAR, R. e VASUDEVAN, K. Patterns in diversity of anurans along an elevational gradient in the Western Ghats, South India. *Journal of Biogeography* 34(5): 842-853. 2007.
- NAVAS, C.A. Herpetological diversity along Andean elevational gradients: links with physiological ecology and evolutionary physiology. *Comparative Biochemistry and Physiology* 133: 469-485. 2003.
- OWEN, J.G. Patterns of mammalian species riches in relation to temperature, productivity, and variance in elevation. *Journal of Mammalogy* 71(1): 1-13. 1990.
- PEARSON, W. e PEARSON, C. The diversity and abundance of vertebrates along an altitudinal gradient in Perú. *Memorias del Museo de Historia Natural Javier Prado* (18): 1-103. 1978.
- PHOCHAYAVANICH, R.; VORIS, H.K.; KHONSUE, W.; THUNHIKORN, S. e THIRAKHUPT, K. Comparison of stream frog assemblages at three elevations in an evergreen forest, North-Central Thailand. *Zoological Studies* 49(5): 632-639. 2010.
- POMBAL JR., J.P. e GORDO. M. Anfíbios anuros da Juréia; pp.243-256, in: MARQUES O.A.V., DULEBA, W. (Eds.). *Estação Ecológica Juréia-Itatins. Ambiente Físico, Flora e Fauna*. Ribeirão Preto: Holos editora. 2004.
- POYNTON, J.C. Altitudinal species turnover in southern Tanzania shown by anurans: some zoogeographical considerations. *Systematics and Biodiversity* 1(1): 117-126. 2003.
- POYNTON, J.C. Altitudinal species turnover in southern Tanzania shown by anurans: some zoogeographical considerations. *Systematics and Biodiversity* 1 (1): 117-126. 2003.
- QIAN, H.; WANG, X.; WANG, S. E LI, Y. Environmental determinants of amphibian and reptile species richness in China. *Ecography* 30: 471-482. 2007.
- RAHBEK, C. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography* 18(2): 200-205. 1995.
- RAHBEK, C. The relationship among area, elevation and regional species richness in Neotropical birds. *The American Naturalist*, 149, 875-902. 1997.
- RAHBEK, C. The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecology Letters* 8: 224-239. 2005.

- RAMÍREZ, S.J.; MEZA-RAMOS, P.; YÁNEZ-MUÑOZ, M. e REYES, J. Asociaciones interespecíficas de anuros en cuatro gradientes altitudinales de la Reserva Biológica Tapichalaca, Zamora-Chinchipe, Ecuador. *Boletín Técnico* 8, Centro de Investigaciones Sangolquí, Ecuador. Serie Zoológica 4-5: 35-49. 2009.
- RIBEIRO, L.F.; BORNSCHEIN, M.R.; BELMONTE-LOPES, R.; FIRKOWSKI, C.R.; MORATO, S.A.A. e PIE, M.R. Seven new microendemic species of *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from southern Brazil. *PeerJ*. 2015. doi:10.7717/peerj.1011.
- RICKART, E., LAWRENCE, R. e UTZURRUM, R. Distribution and ecology of small mammals along an elevational transect in southeastern Luzon, Philippines. *J. Mamm.* 72(3): 458-469. 1991.
- ROCHA, C.F.D.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M.A.S.; BERGALLO, H.G. e VRCIBRADIC, D. Activity of leaf-litter frogs: when should frogs be sampled? *Journal of Herpetology* 34(2): 285-287. 2000.
- ROCHA, C.F.D.; VAN SLUYS, M.; ALVES, M.A.S.; BERGALLO, H.G. e VRCIBRADIC, D. Estimates of forest floor litter frog communities: A comparison of two methods. *Austral Ecology* 26(1): 14-21. 2001.
- ROCHA, C.F.D.; VRCIBRADIC, D.; KIEFER, M.C.; ALMEIDA-GOMES, M.; BORGES-JR., V.N.T.; CARNEIRO, P.C.F.; MARRA, R.V.; ALMEIDA-SANTOS, P.; SIQUEIRA, C.C.; GOYANNES-ARAÚJO, P.; FERNANDES, C.G.A.; RUBIÃO, E.C.N. e VAN SLUYS, M. A survey of the leaf-litter frog assembly from an Atlantic Forest area (Reserva Ecológica de Guapiaçu) in Rio de Janeiro State, Brasil, with an estimate of frog densities. *Tropical Zoology* 20(1): 99-108. 2007.
- RODDER, D; TEIXEIRA, RLL.; FERREIRA R.B.; DANTAS, R. B.; PERTEL W. e GUARBEIRE G. Anuran Hotspots: the municipality of Santa Teresa, Espírito Santo, Southeastern Brazil . *Salamandra* vol 43 n 2 91-110. 2007.
- ROHDE, K.; HEAP, M. e HEAP, D. Rapoport's rule does not apply to marine teleosts and cannot explain latitudinal gradients in species richness. *The American Naturalist* 142(1): 1-16. 1993.
- ROMDAL, T.S. e GRYTNES, J.A. An indirect area effect on elevational species richness patterns. *Ecography* 30: 440-448. 2007.
- ROSENZWEIG M.L. Species diversity in space and time. Cambridge University Press, New York. 458p. 1995.
- SANDERS, N.J. Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport's rule. *Ecography* 25: 25-32. 2002.
- SANTOS-PEREIRA, M.; CANDATEN, A.; MILANI, D.; OLIVEIRA, F.B.; GARDELIN, J. e ROCHA, C.F.D. Seasonal variation in the leaf-litter frog community (Amphibia: Anura) from an Atlantic Forest Area in the Salto Morato Natural Reserve, southern Brazil. *Zoologia* 28 (6): 755-761. 2011.
- SANTOS, A.J. Estimativas de riqueza em espécies; p.19-41, in: CULLEN JR., J.; RUDRAN, R. e VALLADARES-PADUA, C. (Orgs.). *Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre*. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná. 652p. 2006.
- SCOTT JR., N.J. The abundance and diversity of the herpetofauna of tropical forest

litter. *Biotropica* 8(1): 41-58. 1976.

SILVA, H.R.; CARVALHO, A.L.G. e BITTENCOURT-SILVA, G.B. Frogs of Marambaia: a naturally isolated Restinga and Atlantic Forest remnant of southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 8(4): 167-174. 2008.

SIQUEIRA, C.C. Composição e distribuição altitudinal das espécies de anfíbios na Mata Atlântica. 235 f. (Doutorado em Ecologia) - Centro de Ciências da Saúde Instituto de Biologia, ~~Graduação em~~ ^{Graduação em} Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

SIQUEIRA, C.C. e ROCHA, C.F.D. Gradientes altitudinais: conceitos e implicações sobre a biologia, a distribuição e a conservação dos anfíbios anuros. *Oecologia Australis* 17: 92-112. 2013.

SIQUEIRA, C.C.; VRCIBRADIC, D.; DORIGO, T.A. e ROCHA, C.F.D. Anurans from two high-elevation areas of Atlantic Forest in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Zoologia* 28(4): 457-464. 2011.

STEVENS, G.C. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapaport's latitudinal rule to altitude. *The American Naturalist* 140(6): 893-911. 1992.

STEVENS, G.C. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics. *The American Naturalist* 133(2): 240-256. 1989.

TERBORGH, J. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology* 58: 1007-1019. 1977.

TERBORGH, J. Distribution on environmental gradients: theory and a preliminary interpretation of distributional patterns in the avifauna of the Cordillera Vilcabamba, Peru. *Ecology* 52: 23-40. 1971.

TERBORGH, J. e WESKE J. The role of competition in the distribution of Andean birds. *Ecology* 56: 562-576. 1975.

TERBORGH, J. The role of ecotones in the distribution of Andean birds. *Ecology* 66: 1237-1246. 1985.

TUTTLE, M. Distribution and zoogeography of Peruvian bats, with comments on natural history. *Univ. Kansas Sci. Bull.* 49: 45-86. 1970.

VANINGEN, L.T.; CAMPOS, R.I. e ANDERSEN, A.N. Ant community structure along an extended rainforest-savanna gradient in tropical Australia. *Journal of Tropical Ecology* 24: 445-455. 2008.

VASCONCELOS, T.S.; SANTOS, T.G.; HADDAD, C.F.B. e ROSSA-FERES, D.C. Climatic variables and altitude as predictors of anuran species richness and number of reproductive modes in Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 26: 423-432. 2010.

VRCIBRADIC, D.; ROCHA, C.F.D.; KIEFER, M.C.; HATANO, F.H.; FONTES, A.F.; ALMEIDA-GOMES, M.; SIQUEIRA, C.C.; PONTES, J.A.L.; BORGES-JR., V.N.T.; GIL, L.O.; KLAION, T.; RUBIÃO, E.C.N. e VAN SLUYS, M. Herpetofauna, Estação Ecológica Estadual do Paraíso, state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Check List* 7(6): 745-749. 2011.

WACHLEVSKI, M. e ROCHA, C.F.D. Amphibia, Anura, restinga of Baixada do Maciambu, municipality of Palhoça, state of Santa Catarina, southern Brazil. *Check*

List 6(4): 602-604. 2010.

WHITTAKER R.J. *Island biogeography: ecology, evolution and conservation*. Oxford University Press, Oxford. 1998.

WHITTAKER, R.H. Gradient analysis of vegetation. *Biological Reviews* 42(2): 207-264. 1967.

WILLIAMS, P.H., PRANCE, G.T., HUMPHRIES, C.J. e EDWARDS, K.S.. Promise and problems in applying quantitative complementary areas for representing the diversity of some Neotropical plants (families Dichapetalaceae, Lecythydaceae, Caryocaraceae, Chrysobalanaceae and Proteaceae). *Biological Journal of the Linnean Society* 58: 125-157. 1996

WILLIG, M.R.; KAUFMAN, D.M. e STEVENS, R.D. 2003. Latitudinal gradients of biodiversity: Pattern, process, scale, and synthesis. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34: 273-309.

YU, H.T. Distribution and abundance of small mammals along a subtropical elevational gradient in central Taiwan. *J. Zool.* 234: 577-600. 1994.

ZAR, J.H. *Biostatistical Analysis*. Upper Saddle River, Prentice Hall. 662p. 1999.

ZUUR, A. F.; IENO, E.N. e ELPHICK, C.S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology & Evolution* 1-12. 2010.doi: 10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado do Paraná abriga atualmente pelo menos 148 espécies de anfíbios anuros e, apesar do conhecimento acerca destes organismos no Estado ter iniciado há mais de 60 anos, ele pode ainda ser considerado incipiente, uma vez que a pesquisa somente alcançou um maior crescimento a partir do ano 2000. Como resultado, é ainda difícil entender ou reconhecer padrões gerais e processos que governam as populações e comunidades de anuros neste Estado. A elevada riqueza de anuros (54 espécies) e de modos reprodutivos (18 tipos) na Reserva Natural Salto Morato (RNSM), combinada às altas taxas de endemismos registradas e, ainda, à presença de populações de espécies para as quais os dados atualmente disponíveis não permitiram definir o seu status de conservação, reforça a importância da RNSM para a conservação e para a manutenção dos anuros do bioma Mata Atlântica. Quanto à composição e à estrutura da comunidade de anuros, houve uma variação ao longo do gradiente altitudinal estudado, sendo a riqueza de anuros alta nas altitudes mais baixas, diminuindo significativamente conforme aumentava a elevação na RNSM. A altitude (refletindo os parâmetros ambientais), a área, os ecótonos (entre as diferentes formações vegetacionais) e o efeito Rapoport influenciaram a riqueza e a composição de espécies de anuros ao longo do gradiente altitudinal na Reserva Natural Salto Morato, no sul do Brasil.

APÊNDICE - Invasive bullfrog *Lithobates catesbeianus* (Anura: Ranidae) in the Paraná state, Southern Brazil: a summary of the species spread

ISSN 1517-6770

SCIENTIFIC NOTE

Invasive bullfrog *Lithobates catesbeianus* (Anura: Ranidae) in the Paraná state, Southern Brazil: a summary of the species spread

Manuela Santos-Pereira^{1,2} & Carlos Frederico Duarte Rocha¹

¹Departamento de Ecologia, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, Rio de Janeiro, 20550-013, RJ, Brazil.

²Corresponding author. E-mail: herpeto.pereira@gmail.com

Abstract. In this study, we summarize the available information about the invasion of the *Lithobates catesbeianus* in the Paraná state, Brazil, through search for published papers and inventory of the municipalities of the State that has active commercial frog farms. Occurrence of the *L. catesbeianus* in nature was recorded in eight studies and in 15 localities in the Paraná. We found a total of the 19 municipalities in the Paraná having commercial frog farms. The records of the *L. catesbeianus* invasions are relatively spread along of the Paraná. We encountered that from of the 15 records of the *L. catesbeianus* as invasive in 86.7% (or 13 from 15) of them were located at distances below 50km from the nearest municipality having frog farm, one were established at a distance of about 80km and one at a distance of approximately 130km from de nearest municipality having frog farm. These data suggest a consistent relationship of the occurrence of frog farms and the records of the invasions by *L. catesbeianus* along the geographic space of the Paraná state.

Keywords: *Lithobates catesbeianus*, exotic species, invasive species, Paraná state

Resumo. A Rã Touro invasora *Lithobates catesbeianus* (Anura: Ranidae) no estado do Paraná, sul do Brasil: um sumário da expansão da espécie. Neste estudo, nós reunimos informações disponíveis sobre a invasão de *Lithobates catesbeianus* no estado do Paraná no Brasil, através de trabalhos publicados e de um inventário dos municípios do Estado que tenham ranários ativos. A ocorrência de *L. catesbeianus* na natureza foi registrada em oito estudos e em 15 localidades no Paraná. Nós encontramos um total de 19 municípios no Paraná com ranários. Os registros de *Lithobates catesbeianus* estão relativamente espalhados ao longo do Paraná. Nós encontramos que dos 15 registros de *L. catesbeianus* como invasor, 86.7% (ou 13 de 15) deles ocorreram em locais com distâncias inferiores a 50km do município mais próximo possuindo fazenda comercial de criação de rãs, um deles estava a uma distância de cerca de 80km de município com criadouros e o outro a uma distância de aproximadamente 130km do município mais próximo possuindo criadouro. Estes dados sugerem uma relação consistente da ocorrência de ranários e os registros de invasões por *L. catesbeianus* ao longo do espaço geográfico do estado do Paraná.

Palavras-Chave: *Lithobates catesbeianus*, espécies exóticas, espécies invasoras, estado do Paraná

Invasion by exotic species has been considered the second most important cause of biodiversity erosion after habitat destruction (ROCHA *et al.*, 2011). *Lithobates catesbeianus* (SHAW, 1802) (Ranidae) popularly known as Bullfrog, is originally distributed in eastern North America (except Florida), Canada (Nova Scotia, Souther Quebec and Southern Ontario) and Mexico (Hidalgo State and Veracruz) but has been widely introduced in different countries of the Central (including Antilles) and South Americas, Europe and Asia (FROST, 2015) for farming purposes (raniculture) and is able to easily to adjust to different environmental conditions (ROCHA *et al.*, 2011). The Bullfrog was named one of the hundred worrying invasive alien species (LOWE *et al.*, 2004) due to its high capacity for competition and predation (WU *et al.*, 2005) and as being a vector of infectious diseases such as chytridiomycosis, that is one of major causes of the global decline of amphibians (SCHLOEGEL *et al.*, 2005).

In the Brazil, *Lithobates catesbeianus* was introduced since 1930 by frog farms for production and commercialization as food (ROCHA *et al.*, 2011). Currently, the species has been recorded in several locations in 11 Brazilian states (Piauí, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina and Rio Grande do Sul) (DIXO & TRUTH, 2006; ROCHA *et al.*, 2011; BOELTER *et al.*, 2012) and Paraná (present study and references therein). Here we summarize available information on the invasion of the *L. catesbeianus* in the Paraná state.

To know the locations of the occurrence of the *Lithobates catesbeianus* in the Paraná, we have looked for studies conducted at that State providing species lists or species specific record of occurrence. We performed a search for published articles in the following databases: Web of Science, SciELO, Scopus and Google Scholar. We considered the following terms in our search: amphib* AND Paraná, anur* AND Paraná and frog* AND Paraná. We also considered records found in the Hórus Institute database. Additionally, we made an inventory of the municipalities of the Paraná state having active commercial frog farms (obtained at Cadastro de Empresas do Brasil 2015; <http://empresasdobrasil.com>) and related geographic location of frog farms with the location of those records of invasion of the *L. catesbeianus* obtained (Figure 1).

Until present *Lithobates catesbeianus* was recorded as invasive in the Paraná in eight studies (BERNARDE & MACHADO, 2001; 2002; CONTE & ROSA-FERES, 2006; ARMSTRONG & CONTE, 2010; BOTH *et al.*, 2011; AFFONSO & DELARIVA, 2012; LEIVA *et al.*, 2012; AFFONSO *et al.*, 2014) in a total of the 15 locations of the State (Figure 1; Tabela 1). We found a total of the 19 municipalities in the Paraná state having commercial frog farms (Figure 1). The records of the invasion by *Lithobates catesbeianus* in the Paraná is relatively spread along the State (Figure 1). We encountered that from of the 15 records of the *L. catesbeianus* as invasive in 86.7% (or 13 from 15) of them were located at distances below 50km from the nearest municipality having frog farm, one were established at a distance of about 80km from

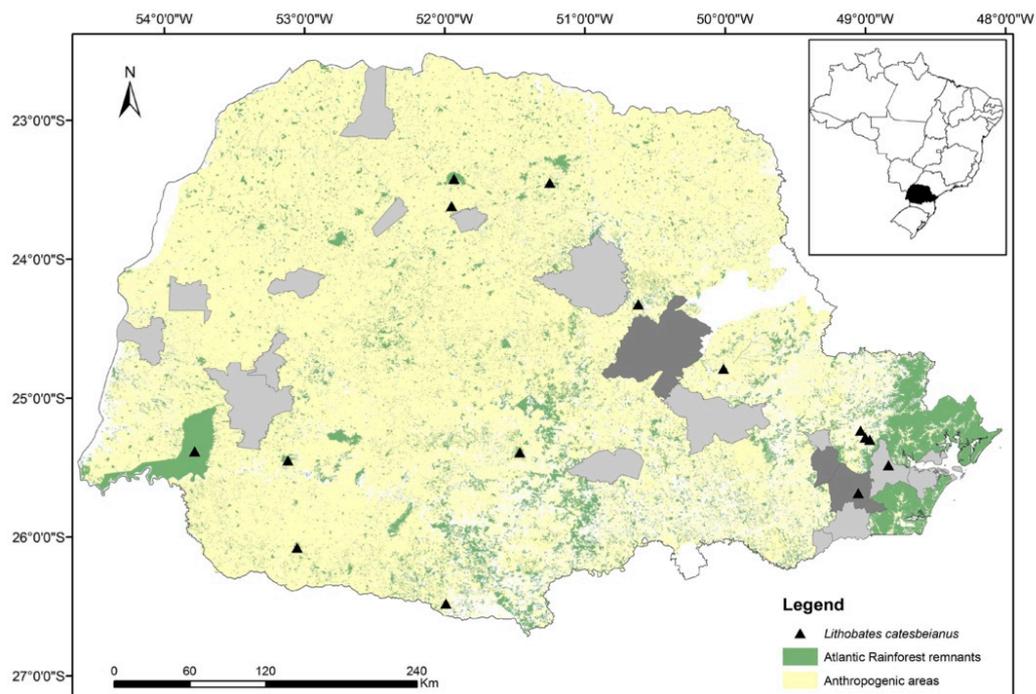


Figure 1. Locations with records of invasion by *Lithobates catesbeianus* in Paraná state, Southern Brazil (triangles; Municipalities of Bocaiúva do Sul, Campina Grande do Sul, Morretes, Quatro Barras, São José dos Pinhais, Foz do Iguaçu, Três Barras do Paraná, Itambé, Londrina, Maringá, Castro, Telêmaco Borba, Francisco Beltrão, Guarapuava and Palmas) and limits of municipalities having commercial frog farms (Agudos do Sul, Almirante Tamandaré, Curitiba, Morretes, Paranaguá, São José dos Pinhais, Tijucas do Sul, Cascavel, Corbélia, Marechal Cândido Rondon, Palotina, Bom Sucesso, Goioerê, Terra Boa, Irati, Ortigueira, Ponta Grossa, Tibagi and Paranaíba). In light gray municipalities having one frog farm and in dark grey municipalities having two frog farms. Map: Gisele Winck.

Table 1. Occurrence and habitats recorded for *Lithobates catesbeianus* in the invades areas in the Paraná State, Brazil, according to published studies. Temporary pond (TP), permanent weir (PW), lake (L), edge of forest fragment (EFF), open area (OA).

Locality	Longitude	Latitude	Habitat used	Source
Três Barras do Paraná	-53.116667	-25.450000	TP, PW in OA	Bernarde and Machado 2001
Londrina	-51.250000	-23.450000	-	Machado and Bernarde 2002
São José dos Pinhais	-49.050000	-25.683333	PW	Conte and Rossa-Feres 2006
Morretes	-48.833333	-25.483333	PW, L in OA	Armstrong and Conte 2010
Telêmaco Borba	-50.618067	-24.325003	-	Both <i>et al.</i> 2011
Francisco Beltrão	-53.051989	-26.077944	-	Both <i>et al.</i> 2011
Guarapuava	-51.462808	-25.390739	-	Both <i>et al.</i> 2011
Palmas	-51.990875	-26.480322	-	Both <i>et al.</i> 2011
Itambé	-51.950000	-23.616667	EFF	Affonso and Delariva 2012
Quatro Barras	-48.966667	-25.300000	-	Leivas <i>et al.</i> 2012
Campina Grande do Sul	-49.000000	-25.283333	-	Leivas <i>et al.</i> 2012
Bocaiúva do Sul	-49.033333	-25.233333	-	Leivas <i>et al.</i> 2012
Maringá	-51.933053	-23.421008	-	Affonso <i>et al.</i> 2014
Foz do Iguaçu	-53.817783	-25.460508	-	Instituto Hórus 2015
Castro	-50.011244	-24.789572	-	Instituto Hórus 2015

the nearest municipality with frog farm and one at a distance of approximately 130km from the nearest municipality having frog farm (Figure 1). These data are suggestive of a consistent relationship of the occurrence of frog farms and the records of the invasions by *L. catesbeianus* along the geographic space of Paraná state (Figure 1).

These data show that the invasion by *Lithobates catesbeianus* in environments of the Paraná took place in different localities and that the species is potentially spreading to new areas and that the real area of invasion of the Bullfrog in the State may be much larger than actually supposed. Studies in areas not yet sampled in the Paraná, possibly, will also register the occurrence of this exotic and invasive species in additional areas. Regarding to habitat use, it seems that, open and antropized/disturbed areas favors the species occurrence and invasion; possibly because invasion starts after some frogs escape from raniculture farms (ROCHA *et al.*, 2011) which usually are located in open environments. This scenario of invasion is worrying because, associated to the known damage to local native frog populations (and possibly to other sympatric organisms), there is also a lack of knowledge on possible negative effects to local communities and environment invaded which difficulties our understanding of the ecological processes governing such frog invasion. The first agent for the invasion of this species has been indicated as the man (ROCHA *et al.*, 2011), and our study accords with this assumption. However, to learn more about the adaptation of this species is necessary to understand their reproduc-

tive biology in the Paraná state and how this species escape from predator and/or on their predation on local species.

It is important that in the near future, plans for control, management and removal of the species from natural environments be developed and started, in order to stop the spread of the species in Paraná. Our study is indicative that in the control of the invasion of the *Lithobates catesbeianus* in the Paraná state special attention must be done to potential scape of frogs from farms.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by research grants from the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (processes 304791/2010-5, 470265/2010-8 and 472287/2012-5) and from Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) through "Cientistas do Nosso Estado" Program (process E-26/102.765/2012) to CFD. Rocha. M. Santos-Pereira receives PhD fellowship from CAPES. G. Winck kindly drawn the map.

REFERENCES

- AFFONSO, I.P. & DELARIVA, R.L. 2012. Lista comentada da Anurofauna de três Municípios da região Noroeste do Estado do Paraná, Brasil. **SaBios: Revista Saúde e Biologia** 7 (2): 102-109.
- AFFONSO, I.P.; CAFOFO, E.G.; DELARIVA, R.L.; ODA,

146. SANTOS-PEREIRA & ROCHA

- F.H.; KARLING, L.K. & LOURENÇO-DE-MORAES, R. 2014. List of anurans (Amphibia: Anura) from the rural zone of the municipality of Maringá, Paraná state, southern Brazil. **Check List** **10** (4): 878–882.
- ARMSTRONG, C.G. & CONTE, C.E. 2010. Taxocenose de anuros (Amphibia: Anura) em uma área de Floresta Ombrófila Densa no Sul do Brasil. **Biota Neotropica** **10** (1): 39-46. <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n1/pt/abstract?article+bn00610012010>.
- BERGER, L.; SPEARE, R.; DASZAK, P.; GREEN, D.E.; CUNNINGHAM, A.A.; GOGGIN, C.L.; SLOCOMBE, R.; RAGAN, M.A.; HYATT, A.D.; MCDONALD, K.R.; HINES, H.B.; LIPS, K.R.; MARANTELLI, G. & PARKES, H. 1998. Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America** **95**: 9031–9036.
- BERNARDE, P.S. & MACHADO, R.A. 2001. Riqueza de espécies, ambientes de reprodução e temporada de vocalização da anurofauna em Três Barras do Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). **Cuadernos de Herpetologia** **14** (2): 93-104.
- BOELTER, R.A.; KAEFER, I.L.; BOTH, C. & CECHIN, S. 2012. Invasive bullfrogs as predators in a Neotropical assemblage: What frog species do they eat? **Animal Biology** **62**: 397–408.
- BOTH, C.; LINGNAU, R.; SANTOS-JR, A.; MADALOZZO, B.; LIMA, L.P. & GRANT, T. 2011. Widespread Occurrence Of The American Bullfrog, *Lithobates Catesbeianus* (Shaw, 1802) (Anura: Ranidae), In Brazil. **South American Journal of Herpetology** **6** (2): 127-134.
- CADASTRO DE EMPRESAS DO BRASIL. 2015. Cadastro de Empresas do Brasil. Electronic Database available at: <http://empresasdobrasil.com>. Accessed on: 20 may. 2015.
- CONTE, C.E. & ROSSA-FERES, D.C. 2006. Diversidade e ocorrência temporal da anurofauna (Amphibia, Anura) em São José dos Pinhais, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** **23** (1): 162-175.
- CUNHA, E.R. & DELARIVA, R.L. 2009. Introdução da Rã-Touro, *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802): Uma Revisão. **SaBios: Revista Saúde e Biologia** **4** (2): 34-46.
- DIXO, M. & VERDADE, V.K. 2006. Leaf litter herpetofauna of the Reserva Florestal de Morro Grande, Cotia (SP). **Biota Neotropica** **6**: 1-20. <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article+bn00806022006>.
- FROST, D. R. 2015. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0. Electronic Database available at: <http://research>.

- amnh.org/herpetology/amphibia/index.html. American Museum of Natural History, New York, USA. Accessed on: 11 jun. 2015.
- INSTITUTO HÓRUS 2015. Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras, I3N Brasil, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental. Electronic Database available at: <<http://i3n.institutohorus.org.br>>. Florianópolis, SC, Brazil. Accessed on: 11 jun. 2015.
- LEIVAS, P.T.; LEIVAS, F.W.T. & MOURA, M.O. 2012. Diet and trophic niche of *Lithobates catesbeianus* (Amphibia: Anura). **Zoologia** 29 (5): 405–412.
- LONGCORE, J.E.; PESSIER, A.P. & NICHOLS, D.K. 1999. *Batrachochytrium dendrobatidis* gen. et sp. nov., a chytrid pathogenic to amphibians. **Mycologia** 91: 219–227.
- LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S. & DE POORTER, M. 2000. **100 of the World's worst invasive alien species a selection from the global invasive species database**. Auckland: The Invasive Species Specialist Group. 12 p.
- MACHADO, R.A. & BERNARDE, P.S. 2002. Anurofauna da bacia do Rio Tibagi. pp. 297-306. *In*: Medri, M.E., Bianchini, E., Shibatta, O.A. & Pimenta, J.A. (Eds.). **A bacia do Rio Tibagi**. Londrina: ME Medri. 601 p.
- ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G. & MAZZONI, R. 2011. Invasive Vertebrates in Brazil, pp. 53-103. *In*: D. Pimentel (Ed.). **Biological Invasions. Economic and Environmental Costs of alien plant, animal and microbe species**. New York: CRC Press, Taylor & Francis. 449 p.
- SCHLOEGEL, L.M.; PICCO, A.M.; KILTAPATRICK, A.M.; A DAVIES, J.; HYATT, A.D. & DASZAK, P. 2009. Magnitude of the US trade in amphibians and presence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and ranavirus infection in imported North American bullfrogs (*Rana catesbeiana*). **Biological Conservation** 142: 1420-1426.
- WU, Z.; LI, Y.; WANG, Y. & ADAMS, M. J. 2005. Diet in introduced bullfrogs (*Rana catesbeiana*): Predation on and diet overlap with native frogs on Daishan Island, China. **Journal of Herpetology** 39: 668-674.

Recebido: 11/11/2014

Revisado: 03/03/2015

Aceito: 07/07/2015