



CAMPUS DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO

Variação no tamanho corpóreo e cantos d anúncio de hilídeos (Anura) na Serra do Mar

Lucas Nicioli Bandeira

MESTRADO



PÓS GRADUAÇÃO
EM BIOLOGIA ANIMAL

Biologia
Estrutural



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto

Lucas Nicioli Bandeira

Variação no tamanho corpóreo e cantos de anúncio de hilídeos
(ANURA) na Serra do Mar

São José do Rio Preto
2013

Lucas Nicioli Bandeira

Variação no tamanho corpóreo e cantos de anúncio de hilídeos
(ANURA) na Serra do Mar

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia animal, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Área de Concentração – Sistemática e Evolução, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cinthia Aguirre
Brasileiro

São José do Rio Preto
2013

Lucas Nicioli Bandeira

Variação no tamanho corpóreo e cantos de anúncio de hilídeos
(ANURA) na Serra do Mar

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Área de Concentração – Sistemática e Evolução, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Cinthia Aguirre Brasileiro
UNIFESP – Diadema
Orientador

Prof. Dr. Vitor Hugo Mendonça do Prado
UNESP – Rio Claro

Prof^a. Dr^a. Maria Tereza Chiarioni Thomé
UNESP – Rio Claro

Rio Claro
28 de fevereiro de 2013

***Aos meus pais, Rui e Sandra e
meus irmãos Tê e Belle
Sempre.***

“Toda a nossa **ciência**, comparada com a realidade, é primitiva e infantil –
e, no entanto, é a coisa mais **preciosa** que temos”.

(Albert EINSTEIN 1879 – 1955)

AGRADECIMENTOS

Como é de praxe, primeiramente agradeço aos meus pais, Rui Bandeira e Sandra Lúcia Niccioli Bandeira, por serem sempre maravilhosos como pais e me apoiarem, de todas as maneiras possíveis, em minhas empreitadas mesmo sendo elas algumas vezes homéricas e sem sentido; com sorte algum dia serei metade do que eles são. Agradeço também aos meus dois irmãos, Matheus e Isabelle, por dividirem comigo, desde sempre, experiências e momentos tão maravilhosos ao longo dessa vida.

A minha orientadora, Cinthia, que me aceitou como aluno e aprendiz. Pela confiança depositada em mim desde o início, durante e no fim dessa jornada. Agradeço por dividir comigo, amplamente, suas experiências, ensinamentos e sua contagiante alegria.

Ao professor Célio Haddad, que me abriu as portas do seu laboratório em Rio Claro com tanta prontidão mesmo eu não sendo “oficialmente” um dos seus alunos. Obrigado por todo o apoio que me foi dado tanto na questão logística e estrutural, assim como pelas conversas, dicas, sugestões e risadas na copa tomando um cafézinho.

A toda a “trupe” do jacarezário: os técnicos Carlinhos, Johnny e Fernando, a responsável pela organização e limpeza no nosso espaço de trabalho Samantha, a galera da Fisiologia e Entomologia. Aos professores responsáveis Augusto Abe, Dênis, Ariovaldo “Neto” e Cláudio Von Zuben. Obrigado pela amizade e ajuda em todos os momentos que necessitei, foi sempre de grande valia.

Um obrigado para o Senhor Rafael “Rafão” Parelli Bovo pelas dicas em relação ao meu trabalho, pela ajuda em campo e amizade.

Ao pessoal maravilhoso do Laboratório de Herpetologia deixo aqui uma menção honrosa e um obrigado especial. De todos os momentos de minha passagem por aqui, entre aqueles momentos de extrema felicidade e outros de nem tanta felicidade assim, agradeço a vocês por tornarem essa trilha mais amena e agradável. Um abraço para os grandes amigos Danilo “Jesus” Barêa Delgado, Fábio “Quase” Perin de Sá, Nadya “Nadyão” Pupin, Vinícius “Vini”, Francisco “Chicão” “Gin Tônica” Brusquetti, Vitor “Vitão” do Prado, Vitor “Vitinho” Dill, Eliziane “Eli Maluca” Garcia, Bianca “Bia” Berneck, Olívia Grabiela “Olivaceae” Araújo e Indra, João Paulo “Bitch” de Cortes, Karine “Cáqui”, Alexandre “Peru” Polletini, Larissa “Japa”, Maryana “Maly” Lyra, Franco, Shao. A Carla “Balão” Cassini e Marina Walker, por não me deixar esquecer as minhas raízes mineiras, um mega obrigado meninas. Aos amigos do Lab.

que já não mais fazem parte dele Luís Giasson, Clarissa Canedo, Daniel Loebmann, Juliana Zina.

A melhor secretária do mundo inteiro, Dina Maria, um super obrigado. Pela atenção e ajuda que sempre se prontificou a me dar e por sua amizade, sentimento que prezo demais.

Um obrigado especial a Helena “Thatá” Condez. Todo esse trabalho que aqui apresento só foi possível graças a sua ajuda, tanto em campo como fora dele. Mais que isso, eu sou imensamente grato por me ensinar tantas e tantas coisas que extrapolam o limite da herpetologia, da ecologia e, até mesmo, da Biologia. Obrigado pela sua amizade e parceria, pelas tantas risadas compartilhadas e bobagens faladas. Valeu por ter se tornado tão especial pra mim. Sinto que ainda temos muito disso a fazer.

A Branca, minha fiel escudeira de tantas e tantas jornadas. Obrigado por se juntar a mim, mesmo que despropositadamente, nesse árduo caminho percorrido; ter você do meu lado (literalmente né Branca?!) foi inexplicavelmente importante. Agradeço pelas conversas sem sentido e por aquelas bem sérias, pelas suas caronas tanto para as nossas saídas de almoço como pelas caronas inacabáveis até Rio Preto, por me dar abrigo em Mirassol, pelas brigas (foram algumas né?!), pelas ajuda no quesito computação, pelo infinito apoio e palavras de conforto. Acredite você foi muito essencial nessa conquista.

Algumas páginas de agradecimento em uma dissertação de mestrado é pouco para expressar minha gratidão por você Maria Tereza. Primeiramente, por aceitar fazer parte da banca de defesa deste trabalho tão prontamente, sei que suas colocações, comentários e ideias serão extremamente importantes para que eu alcance o melhor resultado. Em segundo lugar, por ter sido você a responsável por me iniciar nesse mundo que hoje tanto gosto! Obrigado por ter sido minha primeira mentora, pelos puxões de orelha, pelas dicas sempre bem colocadas, pelas conversas... enfim, por ceder parte do que era seu pra se tornar meu, nosso. Sem todo esse início, isso o que conquisto aqui não teria acontecido. Você é muito especial pra mim.

A galera quente do noroeste paulista. Apesar de não ter vivenciado plenamente a companhia de vocês, os poucos momentos que existiram foram intensos e sempre muito particulares, guardo todos com carinho imenso. Obrigado a todo o pessoal responsável, de alguma forma, pela pós em Biologia Animal da UNESP de Rio Preto. Obrigado pela coordenadora do programa Lilian Cassatti por ser sempre tão atenciosa e prestativa mesmo sendo eu “um estranho no ninho”. A professora Denise Rossa-Feres

por me acolher em seu laboratório sempre que precisei. A Mainara “Mai” Xavier, Cássia, Lilian “Japa” Sayuri, Marcel, “Cenourinha”, Thiago “Thiagão” Oliveira, Katiuce “Lora” Picheli. Ao grandíssimo amigo Michel “Doctor Garey” Varejão pelo apoio logístico em RP, pelas conversas em campo, pelas dicas e correções no relatório e principalmente pela amizade. Aos amigos da “Rep. Do Michel” Ferzona, Fernandinha, Phil e Negão. A todos vocês um grandioso obrigado, cheio de saudades.

Aos amigos herpetólogos de Campinas – UNICAMP, Décio “Cacá”, Amon, Luís Toledo. Principalmente o “brother” Amon pela parceria e amizade. Obrigado pelo tempo gasto na procura por minhas *minutinhas*.

A todo o pessoal do MZUSP: “Graziota”, Robertinha, Vivi, Gringo, Carol e ao Professor Hussan Zaher por permitir que eu olhasse a coleção da qual é responsável para pesquisas do meu trabalho. Um obrigado especial pra Vivi “Bibi” Trevine e Thalita “Paçoca” Fonseca por me acolher em sua aconchegante morada e me ensinar os caminhos secretos de São Paulo. Além disso, por dar tanta sorte pro meu Corinthians na Libertadores. Ainda espero ficar mais uma vez por aí.

A todos as pessoas que de alguma forma contribuíram com o trabalho, infelizmente não me recordo do nome de todos, monitores dos parques por onde passei, técnicos, serventes, mateiros, diretores. A todos vocês um muito obrigado, todos tem parte no que apresento.

Por disponibilizar material para minha pesquisa agradeço os responsáveis pelo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo – MZUSP; a coleção de herpetologia do museu “Professor Adão José Cardoso” do ZUEC – UNICAMP e a coleção “Célio Fernando Baptista Haddad” da UNESP, de Rio Claro.

Um obrigado mais que especial para os METAZOÁRIOS. Meus irmãos, camaradas, parceiros de todas as horas e roubadas. A minha família Rio Clareense: Francisco Nery “CURIÓ” da Silva, Arthur Bernardo “ATUM” Cruz Bernardes, Igor Médici “PINGUIM” de Matos, Guilherme Garcia “BUDA” Roberto, Allan Pierre “PLAYMOBIL” Bonnetti Pozzobon, Caio Tavares “COGUMELO” de Lima, Antônio Carlos “PEREIRA”, Flávio “KENNY” Fujihara, Felipe “CLOSE-UP”, Vitor “LILO” Kamimura, Vínicius “TABU” de Oliveira, Thiago “MUDO” de Araújo Dourado, Pedro Henrique Pepe “PORPZ” Goulart, Matheus “TCHERBI” de Araújo Dourado, Guilherme “TURTLE”, Leandro Paulo “LYON” Leão, Pala “PALINHA MININA” Princesa, Retalho “BATUSAI” Bigo e Mike “COCODILO” Pifer. Aos Metazoários agregados: Renato José “SPOCK” Gathaz, Bruno “NIGHT’S NEGOCERO” Petruz,

João “JOÃOZINHO GOBBO” Gobo, Felipe “JAPÃO” Todo, Roberto “BOBMAN” César. Obrigado por momentos completamente inesquecíveis, eu tenho muitos vividos com vocês pra compartilhar por mais outra vida. Vocês são foda e sem vocês eu não seria o que sou hoje. Meu sincero obrigado. TAMO JUNTO E MISTURADO, SEMPRE.

A amigas de longa longa data que mesmo distantes ainda moram no meu coração: Elise, Naninha, Aline, Rubia. E aquelas que ainda tenho por perto: Roberta “Pedó”, Natália “Natty”, Monizze “Monizzera”, Samira “Samirão”. Vocês deixaram e deixam meu dia mais feliz e florido.

Aos meus irmãos da saudosa DIRETORIA. Muito de mim está em vocês assim como muito de vocês está em mim. Agradeço por cada momento que estive ao lado de cada um; das festas no sítio as comitivas, nas longas noites de RPG, filmes, Magic, vídeo-game, vinho, Elifoot etc etc etc. Claudião, Dudão, Xits, Zé, Mala, Dioguinho, Vitinho vocês moram no meu coração...

Enfim a todas as pessoas, que por erro não mencionei, mas que de alguma forma, por algum motivo fizeram parte da minha vida me ensinando ou me criticando, minhas desculpas e meu caloroso obrigado.

A CAPES e a FAPESP pelo apoio financeiro, o que é imprescindível para a realização de um mestrado.

E por fim, agradeço as leis, aquelas compreendidas e aquelas não, que regem o mundo. Por cada ciclo que me dá, a cada dia, uma nova oportunidade. OBRIGADO

SUMÁRIO

Introdução Geral.....	01
Referências Bibliográficas.....	03
 CAPÍTULO 1 – Influência da altitude no tamanho corpóreo de hilídeos (Anura) na Serra do Mar.....	 06
Resumo.....	07
Abstract.....	08
Introdução.....	09
Material & Métodos	
Área de estudo.....	12
Espécies estudadas.....	14
Coleta de dados.....	17
Análises estatísticas.....	18
Resultados.....	20
Discussão.....	22
Referências Bibliográficas.....	26
Apêndices.....	34
 CAPÍTULO 2 – Variação altitudinal nos cantos de anúncio de hilídeos (Anura) na Serra do Mar.....	 39
Resumo.....	40
Abstract.....	41
Introdução.....	42
Material & Métodos	
Área de estudo e Espécies estudadas.....	45
Coleta de dados.....	46
Análises estatísticas.....	49
Resultados e Discussão.....	50
Referências Bibliográficas.....	56
Apêndice.....	60
Considerações Finais.....	61

RESUMO GERAL

Ao longo de um gradiente altitudinal alterações climáticas como, mudanças na temperatura e umidade, podem influenciar atributos morfológicos, fisiológicos, reprodutivos e comportamentais dos animais dando origem a tendências de variação que estruturam padrões. Uma dessas tendências define uma regra ecogeográfica comumente observada que é conhecida como regra de Bergmann. Essa regra postula que os indivíduos de regiões com altas latitudes e/ou altitudes apresentam um maior tamanho corpóreo. O objetivo principal do nosso estudo é identificar os padrões de variação no tamanho do corpo e cantos de anúncio de três espécies de hílideos (*Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* e *Scinax hayii*) no gradiente altitudinal da Serra do Mar do estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. Para análise do tamanho corpóreo nós usamos um total de 324 indivíduos de *D. minutus* de 28 localidades, 86 de *H. faber* de 23 localidades e 73 de *S. hayii* de 13 localidades. Para as análises acústicas, foi usado um total de 10 cantos de anúncio de *D. minutus* de três localidades, três cantos de *H. faber* de duas localidades e cinco cantos de *S. hayii* de três localidades. *Dendropsophus minutus* e *S. hayii* apresentaram diferenças no tamanho do corpo entre as localidades ao longo do gradiente altitudinal. Para *D. minutus* o tamanho do corpo dos indivíduos diminuiu com o aumento da altitude, enquanto que para os exemplares da espécie *S. hayii* o tamanho do corpo foi maior em altas altitudes. O tamanho do corpo de *H. faber* foi semelhante em diferentes altitudes. Os machos de *D. minutus* apresentaram maiores valores nas frequências dominante e mínima nos cantos de anúncio de regiões de altas altitudes e menores valores na frequência máxima. Para *S. hayii*, todas as frequências diminuíram com o aumento da altitude; ao passo que os parâmetros duração da nota e número de pulsos por nota aumentaram. Os parâmetros dos cantos de *H. faber* não variaram em relação à altitude. As três espécies de hílideos estudadas apresentam características como, por exemplo, dimensões corporais e modos reprodutivos que são diferentes e específicas para a biologia de cada uma delas. Logo, os discrepantes padrões aqui encontrados pode ser resultado de diferentes respostas dadas por essas características à influência do gradiente. Além disso, como agravante o número baixo de espécies estudadas dentro dessa família impossibilita a construção de conclusões mais abrangentes.

Palavras-chave: Amphibia, Cantos de anúncio, Gradiente altitudinal, Regra de Bergmann, Sudeste do Brasil.

ABSTRACT

Throughout an environmental gradient there are changes on the climate attributes, such as in temperature and humidity. These differences influence morphological, physiological, behavioral and reproductive traits of animals. One of the most studied morphological patterns in an elevational gradient is known as the Bergmann rule, meaning that at high altitudes, individuals show larger body sizes. The main objective of this study is to identify the variation patterns in body size and acoustic parameters of the advertisement calls of three species of hylids (*Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* and *Scinax hayii*) in an altitudinal gradient in the Serra do Mar, located at the southeastern part of the São Paulo State in Brazil. For body size analysis we measured a total of 324 individuals of *D. minutus* from 28 locations, 86 individuals of *H. faber* from 23 localities and 73 *S. hayii* individuals from 13 locations. For the acoustic analysis, we sampled a total of 10 advertisement calls of *D. minutus* from three locations in the gradient, three calls of *H. faber* from two locations, and five calls of *S. hayii* from three locations. *Dendropsophus minutus* and *S. hayii* showed differences in body size in relation to altitudinal gradient. In *D. minutus*, there was a decrease in body size with the increase in altitude, while for *S. hayii* the body size was greater at higher altitudes. The body size of *H. faber* was similar at different altitudes. The advertisement calls of *D. minutus* showed higher dominant and minimum frequencies at elevated altitudes and a lower maximum frequency. In *S. hayii* all frequencies decreased with the increasing in altitude, while note duration and number of pulses per note increased. Call parameters in *H. faber* did not vary with altitude. The three species of hylids studied exhibit characteristics such as, for example, body size and reproductive modes that are different and specific to the biology of each of these species. Therefore, the disparate patterns found here may be due to different responses of these characteristics to the influence of the gradient. Moreover, as aggravating the low number of species within this family prevents the construction of more comprehensive conclusions.

Key-words: Advertisement call, Altitudinal gradient, Amphibia, Bergmann's rule, Southeastern of Brazil.

INTRODUÇÃO GERAL

Mudanças ao longo do espaço geográfico geram ambientes diferenciados principalmente devido às variações dos fatores climáticos (Mani, 1968). Essas mudanças nas características físicas acontecem de forma gradual de acordo com mudanças espaciais e caracterizam os gradientes ambientais, como por exemplo, os gradientes latitudinais e altitudinais (Endler, 1977).

Em gradientes altitudinais alterações na temperatura são as mais comuns, mas outros fatores físicos (por exemplo, umidade e luminosidade) podem variar (Mani, 1968). Todas essas diferenças acabam por influenciar diversos atributos da história de vida dos organismos (Liu *et al.*, 2012), promovendo variações. A relação entre caracteres (morfológicos, fisiológicos e comportamentais) dos organismos e a modificação ambiental gradativa tem sido estudada por meio da descrição de clinas. Uma “clina” pode ser definida como modificações graduais em uma característica ao longo da distribuição espacial de uma espécie (Huxley, 1938; Endler, 1980).

Uma das regras ecogeográficas mais comumente observada descreve uma clina entre a mudança geográfica (latitudinal e/ou altitudinal) e o tamanho corpóreo dos organismos (Blackburn, Gaston & Loder, 1999). Essa regra é conhecida como Regra de Bergmann, e descreve a relação entre o aumento no tamanho de animais conforme o aumento em latitude e/ou altitude ou uma diminuição da temperatura (Mayr, 1956).

Além das variações no tamanho corpóreo, mudanças em características reprodutivas ao longo desses gradientes que estruturam padrões clinais também são encontradas (Dearn, 1977). Diferenças na idade de maturação sexual, tamanho da desova e ovos têm sido observadas entre populações ao longo de gradientes altitudinal e latitudinal (Berven, 1982; Miaud *et al.* 1999, 2000; Morrison & MarcHero, 2003; e Cvetkovic' *et al.* 2008).

Estudos recentes têm mostrado que as comparações realizadas ao longo de gradientes altitudinais são extremamente informativas, pois fornecem indícios para o entendimento de padrões evolutivos no tamanho corpóreo, sinais de reconhecimento (cantos e sinais visuais) e aspectos reprodutivos dentro de grupos dos animais; mesmo quando o gradiente é modesto topograficamente (Berven, 1982; Lu *et al.*, 2006; Liao & Lu, 2010a; Liao *et al.*, 2010, 2011). Além disso, a logística de desenvolvimento para trabalhos com esse foco é extremamente simples em relação àquela conduzida em

gradientes latitudinais; isso porque as diferenças climáticas são comprimidas na área de uma montanha e os efeitos associados a essas mudanças podem ser facilmente acessados (Bertoncello, 2009). Além disso, outra vantagem em realizar estudos em gradientes altitudinais é que variações causadas por outras fontes não relacionadas ao gradiente são eliminadas, isso possibilita o acesso às causas de variação estritamente relacionadas a mudança espacial. Logo, com estes estudos os resultados da influência desses gradientes sob as características da biologia dos organismos podem ser testados.

Esta dissertação de mestrado tem como objetivos a identificação dos possíveis padrões de variação no tamanho corpóreo e do canto de anúncio de *Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* e *Scinax hayii*, hílídeos que ocorrem ao longo do gradiente altitudinal da Serra do Mar no Estado de São Paulo.

O presente estudo está dividido em dois capítulos. O primeiro capítulo investiga a existência de uma relação entre o tamanho corpóreo de indivíduos machos dessas três espécies e a altitude da quais os exemplares de cada uma delas é proveniente. No segundo capítulo investigamos se alguns parâmetros do canto de anúncio variam em função do gradiente altitudinal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTONCELLO, R. A vegetação arbórea em um gradiente altitudinal no Morro do Cuscuzeiro, Ubatuba (SP): uma análise florística, fitossociológica e fitogeográfica. 2009 Dissertação **(Mestrado)**. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 2009.
- BERVEN, K. A. The genetic basis of altitudinal variation in the wood frog *Rana sylvatica*. I. An experimental analysis of life history traits. **Evolution**. v. 36, p. 962-983. 1982.
- BLACKBURN, T. M.; Gaston, K. J. & Loder, N. Geographic gradients in body size: a clarification of Bergmann's rule. **Diversity and Distributions**. v. 5, p. 165-174. 1999.
- CVETKOVIC', D., Tomasevic', N., Ficetola, G. F., Crnobrnja-Isailovic', J. & Miaud, C. Bergmann's rule in amphibians: combining demographic and ecological parameters to explain body size variation among populations in the common toad *Bufo bufo*. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**. v. 47, p. 171-180. 2008.
- DEARN, J. M. Variable Life History Characteristics along an Altitudinal Gradient in three Species of Australian Grasshopper. **Oecologia**. v. 28, p. 67-85. 1977.
- ENDLER, J. A. Geographic variation, speciation and clines. **Princeton University Press**, Princeton. 1977.
- ENDLER, J. A. Natural selection on color patterns in *Poecilia reticulata*. **Evolution**. v. 34, p. 76-91. 1980.

- HUXLEY, J. Clines: an auxiliary taxonomic principle. **Nature**. v. 142, p. 219-220. 1938.
- LIAO, W. B.; Zhou, C. Q.; Yang, Z. S. & Lu, X. Age, size and growth in two populations of the dark-spotted frog *Rana nigromaculata* at different altitudes in southwestern China. **Herpetological Journal**. v. 20, p. 77-82. 2010.
- LIAO, W. B. & Lu, X. Age structure and body size of the Chuanxi tree frog *Hyla annectans chuanxiensis* from two different elevations in Sichuan (China). **Zoologischer Anzeiger**. v. 248, p. 255-263. 2010a.
- LIAO, W. B.; Lu, X.; Shen, Y. W. & Lu, X. Age structure and body size of two populations of the rice frog *Rana limnocharis* from different altitudes. **Italian Journal of Zoology**. v. 78, p. 215-228. 2011.
- LIU, Y. H.; Zeng, Y.; Liao, W. B.; Zhou, C. Q.; Mi, Z. P.; Mao, M. & Chen, L. Altitudinal variation in body size in the rice frog (*Rana limnocharis*) in southwestern China. **Acta Herpetologica**. v. 7(1), p. 57-68. 2012.
- LU, X.; Li, B. & Liang, J. J. Comparative demography of a temperate anuran, *Rana chensinensis*, along a relatively fine altitudinal gradient. **Canadian Journal of Zoology**. v. 84, p. 1789-1795. 2006.
- MANI, M. S. Ecology and Biogeography of High Altitude Insects. **The Hague: Junk**. p. 527. 1968.
- MAYR, E. Geographical character gradients and climatic adaptation. **Evolution**. v. 10: p. 105–108, 1956.
- MIAUD, C.; Guyétant, R.; Elmberg, J. Variations in life-history traits in the common frog *Rana temporaria* (Amphibia, Anura): a literature review and new data from the French Alps. **Journal of Zoology**. v. 249, p. 61–73. 1999.

- MIAUD, C.; Guyétant, R. & Faber, H. Age, size, and growth of the alpine newt, *Triturus alpestris* (Urodela: Salamandridae), at high altitude and a review of life history trait variation throughout its range. **Herpetologica**. v. 56, p. 135-144. 2000.
- MORRISON, C. & Hero, J. M. Geographic variation in life-history characteristics of amphibians: a review. **Journal of Animal Ecology**. v. 72, p. 270-279. 2003.

Capítulo 1

Influência da altitude no tamanho corpóreo de hilídeos (Anura) da Serra do Mar



Pico do Corcovado – Ubatuba, SP
(Foto: Thaís Helena Condez)

RESUMO

De acordo com a regra de Bergmann, os animais de regiões mais frias (mais distantes do Equador e/ou mais altas em elevação) apresentam um maior tamanho corpóreo. A explicação originalmente dada para o surgimento desse padrão recai sobre a vantagem térmica adquirida pelos animais com tamanhos maiores nessas regiões. A generalidade dessa regra é bem aceita para os organismos endotérmicos, mas não para os ectotérmicos já que poucos estudos foram realizados para esse grupo. Neste estudo, nós investigamos a variação altitudinal no tamanho corpóreo de machos de três espécies de anfíbios anuros (*Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* e *Scinax hayii*) de ampla distribuição na Serra do Mar do Estado de São Paulo. Nós utilizamos 324 exemplares de *D. minutus* de 28 localidades, 86 de *H. faber* de 23 localidades e 73 exemplares de *S. hayii* de 13 localidades. Os machos de *S. hayii* de áreas de altas altitudes foram maiores do que os de altitudes baixas, enquanto um padrão inverso foi registrado para *D. minutus*. Para machos de *H. faber* de diferentes altitudes o tamanho foi semelhante. Padrões contrastantes são recorrentes na literatura e, geralmente, expressam resultados da influência, com pressões de diferentes graus de intensidade, dos fatores físicos, comportamentais e ecológicos em características específicas da biologia das espécies. As três espécies estudadas apresentam características marcadamente diferenciadas em relação as suas biologias (p. ex. porte e modos reprodutivos), o que nos mostra que esta hipótese seria plausível para explicar os diferentes padrões identificados. Portanto, estudos que consigam levar em conta a influência desses fatores, assim como controlá-los são necessários para um entendimento completo do surgimento dos padrões aqui observados. Para isso, realizar trabalhos com espécies com características biológicas parecidas com aquelas das espécies aqui abordadas (por exemplo, mesmo modo reprodutivo ou tamanho corpóreo semelhante) seriam interessantes já que comparações poderiam ser feitas e conclusões mais gerais obtidas.

Palavras-chave: Amphibia, Gradiente Altitudinal, Hylidae, Regra de Bergmann, Sudeste do Brasil.

ABSTRACT

According to Bergmann's rule, animals in colder regions (farther from the equator and / or higher in altitude) have larger body sizes. The main explanation for this pattern is the thermal advantage gained in larger sizes. This explanation is valid for endothermic animals only. Few studies are conducted with ectothermic animals. In this study, we investigated the altitudinal variation in body size of males from three species of frogs (*Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* and *Scinax hayii*) widely distributed in Serra do Mar, State of São Paulo, Brazil. We sampled 324 specimens of *D. minutus* 28 locations, 86 of *H. faber* of 23 localities and 73 specimens of *S. hayii* of 13 locations. *S. hayii* males from high altitude areas are greater than those from lower altitudes. A reverse pattern was recorded for *D. minutus*, while for *H. faber* males different altitudes showed a similar sizes. Contrasting patterns are recurrent in the literature and, generally, express results of influence, with pressures varying degrees of intensity, in the physical, behavioral and ecological characteristics of the specific biology of the species. The three species have markedly different characteristics regarding their biology (eg. size and reproductive modes), which shows that this hypothesis is plausible to explain the different patterns identified. Therefore, studies that are able to take into account the influence of these factors, as well as control them are needed for a complete understanding of the emergence of the patterns observed here. To do so, to perform works with species with biological characteristics similar to those of the species discussed herein (e.g. similar reproductive modes or body size) would be interesting since comparisons could be made and more general conclusions obtained.

Keywords: Altitudinal gradient, Amphibia, Bergmann's rule, Hylidae, Southeastern of Brazil.

INTRODUÇÃO

Uma das mais importantes abordagens sobre tendências geográficas é a que mostra a variação do tamanho corpóreo de animais ao longo de gradientes ambientais (Atkinson & Sibly, 1997; Ashton, 2001). Geralmente, o padrão observado é que animais tendem a apresentar tamanhos maiores em regiões de altas latitudes e/ou altitudes (e.g. Mayr, 1956). Ele é conhecido como “regra de Bergmann” (Bergmann, 1847) e é identificado principalmente para vertebrados endotérmicos provenientes de regiões de climas mais frios (maiores latitudes e/ou altitudes). O mecanismo originalmente mencionado para explicar este padrão é a vantagem no armazenamento de calor por indivíduos maiores nas regiões mais frias (Walter & Hassal, 2006). Atualmente essa tendência é bem documentada e empiricamente testada para organismos endotérmicos e sua generalização tem ampla aceitação (Ashton *et al.*, 2000; Yom-Tov *et al.*, 2002; Ashton, 2002a; Blackburn & Hawkins, 2004).

No entanto, para os ectotérmicos padrões discrepantes são encontrados impossibilitando um consenso sobre a validade dessa regra para esse grupo de animais (Ashton, 2002b; Ashton & Feldman, 2003). Peixes parecem seguir a regra quando estudados em um nível interespecífico (Ray, 1960), porém no intraespecífico não há suporte para esta tendência (Belk & Houston, 2002). Para os répteis, estudos com tartarugas mostram que esses animais comumente apresentam variações no tamanho condizente com a regra de Bergmann, enquanto serpentes e lagartos exibem variações que caracterizam o padrão contrário, ou seja, são menores em áreas mais altas e/ou com latitudes maiores (Ashton & Feldman, 2003; Angilletta *et al.*, 2004). Anfíbios também apresentam padrões diversos em relação ao tamanho corpóreo e mudanças espaciais. Algumas espécies desse grupo apresentam padrões condizentes com a regra (Lai *et al.*, 2005; Lu *et al.*, 2006; Ma *et al.*, 2009a); em uma revisão para esse grupo, Ashton (2002b) encontrou que 70% das espécies de anfíbios analisadas (23 de um total de 34 espécies) mostraram uma tendência de variação condizente com a regra de Bergmann. Entretanto, certas espécies apresentam padrões inversos ao postulado pela regra (Matthews & Miaud, 2007; Ma *et al.*, 2009b; Liao *et al.*, 2010b), e para algumas outras, nenhuma relação entre esse carácter e a mudança no espaço é detectada (Liao & Lu, 2010a, b).

Para os anfíbios em especial, algumas explicações têm sido sugeridas para as espécies que apresentam o padrão Bergmanniano. Uma delas é que corpos maiores

poderiam ser favorecidos em ambientes com climas mais instáveis e/ou com uma sazonalidade mais marcada, devido à vantagem adquirida nas trocas térmicas (Spotila, 1972; Heath, 1975; Bernardo, 1993; Ficetola et al., 2010). Nesses casos, um maior tamanho ofereceria vantagem na termoregulação em áreas com temperaturas mais baixas (Meiri & Dayan, 2003). Apesar de ser por muito tempo essa hipótese descartada atualmente é vista como cabível uma vez que há registros de anfíbios que comportamentalmente mantêm suas temperaturas corpóreas acima da temperatura do ambiente selecionando locais mais quentes ou ficando períodos expostos ao sol (Heath, 1975; Zug et al., 2001). Ovos com grandes volumes, frequentemente depositados por anuros vivendo em condições mais frias, geram metamorfoseados maiores que podem se desenvolver em adultos com grandes tamanhos (Liao & Lu, 2011); portanto, o padrão de variação no tamanho condizente com a regra pode ser resultante da correlação positiva entre o tamanho dos indivíduos em cada uma das suas fases de vida. Além disso, maiores tamanhos corpóreos seriam favorecidos em regiões mais altas, pois garantiriam aos animais uma maior capacidade de estoque de energia (maior quantidade de gordura armazenada). Essa maior capacidade é vista como uma vantagem já que garante um aumento na chance de sobrevivência dos espécimes em períodos de escassez de alimentos como, por exemplo, no inverno (Ashton & Feldman, 2003).

Para as espécies de anfíbios que apresentam um padrão inverso ao da regra de Bergmann, uma das principais explicações baseia-se nas diferenças no comprimento do período de atividades dos anfíbios, diferenças essas geradas pelas baixas temperaturas e umidade relativa variável. Em períodos curtos, o forrageamento das espécies é deficiente levando a uma diminuição da energia obtida e, conseqüentemente, a que é alocada para o crescimento; esse déficit resulta em indivíduos menores nessas localidades (Mathews & Miaud, 2007). Além disso, em altas altitudes a disponibilidade de oxigênio é mais baixa (Dillon, Frazier & Dudley, 2006). Baixos níveis de oxigênio podem diminuir o metabolismo e o conseqüente crescimento (Dillon et al., 2006).

Nosso estudo propõe investigar a variação no tamanho corpóreo de três espécies de hílídeos em um gradiente altitudinal na Serra do Mar. Para isso testaremos a hipótese que o tamanho corpóreo de indivíduos de anuros de populações de altas altitudes é maior do que de indivíduos de áreas de baixada. Devido às condições climáticas adversas em áreas de altas altitudes na Serra do Mar, nessas regiões seriam selecionados indivíduos que atingiriam a maturação sexual mais tardiamente, apresentando conseqüentemente uma maior longevidade e uma taxa de crescimento

mais lenta (Mathew & Miaud 2007). Desta forma, os indivíduos de populações de altas altitudes alcançariam tamanhos maiores nesses locais.

MATERIAL & MÉTODOS

Área de Estudo

O presente estudo foi realizado no complexo montanhoso da Serra do Mar do Estado de São Paulo. A Serra do Mar pertence ao Complexo Cristalino Brasileiro, e se estende por cerca de 1.000 km do Espírito Santo ao sul de Santa Catarina. Em alguns trechos a Serra do Mar apresenta escarpas e em outros é formada por serras marginais com altitudes que variam de 800 a 2.260 m (Almeida & Carneiro, 1998). No Estado de São Paulo, a Serra do Mar se impõe como típica borda de planalto, com altitudes variando de 0 a 1.200m (Almeida & Carneiro, 1998).

A configuração do relevo da Serra do Mar, com diferentes altitudes e formações topográficas, é o fator mais importante na caracterização climática ao longo desse complexo (Vanhoni & Mendonça, 2008; Blum *et al.*, 2011). O clima é influenciado pela interação entre as massas de ar vindas do oceano e a cadeia montanhosa. No verão, a massa Tropical Atlântica quente e úmida é responsável pela maior estabilidade térmica da região. Esta massa adentra o continente no sentido leste-oeste (litoral-interior) e sua força é afetada pelo encontro com a massa de ar Polar e com as massas de ar continental Tropical e continental Equatorial (Primac, 2005). O encontro destas massas com os fatores topográficos da Serra do Mar causa instabilidade resultando em elevados índices pluviométricos (chuvas orográficas) (Primac, 2005). No inverno, a massa polar é responsável pela queda das temperaturas ao longo do complexo, principalmente nas áreas com maior altitude (Primac, 2005).

Quanto à vegetação, a Serra do Mar apresenta diferentes fisionomias que refletem as características particulares (principalmente as climáticas) das faixas altimétricas (Roderjan & Grodzki, 1999; Blum, 2006). No Estado de São Paulo na faixa de altitude dos 5-50 m há a Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas; enquanto na faixa altitudinal entre 50-500 m ocorre a Floresta Ombrófila Densa Submontana. Nas faixas altitudinais mais altas ocorre a Floresta Ombrófila Densa Montana (500-1.200m) e a Floresta Ombrófila Densa Altimontana (acima de 1200m) (Veloso *et al.*, 1991).

A amplitude de altitude da Serra do Mar é modesta quando comparada a variação das mais altas cadeias de montanhas do mundo (por exemplo, Andes: ~4000m e máxima 6900m; Himalaia: ~600m e máxima 8600m), mas mesmo assim ocorrem variações climáticas ao longo do gradiente (Figura 1). Em regiões próximas do litoral com altitudes mais baixas, média de temperatura e pluviosidade ao longo do ano variam

ligeiramente, enquanto que nas regiões localizadas acima de 800m a variação entre as estações secas e chuvosas são muito mais pronunciadas (Figura 1). A variação da temperatura e pluviosidade entre as estações é mais evidente à medida que a altitude aumenta.

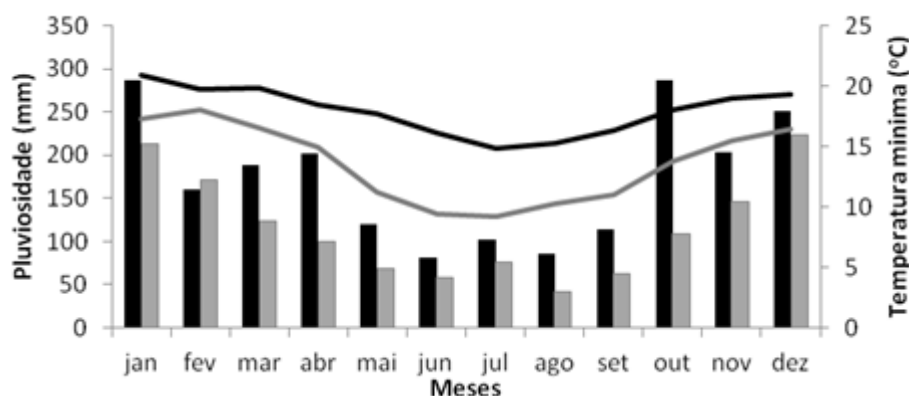


Figura 1- Médias de temperatura mínima e pluviosidade entre 2006 e 2005 para a Serra do Mar, baseada em cinco localidades de baixa altitude (Silva Jardim e Macaé no Estado do Rio de Janeiro; e Ubatuba, São Sebastiao e Santos no Estado de São Paulo) e quatro localidades em alta altitude (Nova Friburgo, Teresópolis no estado do Rio de Janeiro, e São Paulo e Tapiraí no estado de São Paulo). Preto= baixas altitudes. Cinza: altas altitudes. Barras = dados referentes à pluviosidade. Linhas = dados de temperatura. Dados de monitoramento das bases do Instituto Nacional de Meteorologia e Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro.

Nesse estudo utilizamos exemplares de anfíbios anuros de 41 localidades da Serra do Mar localizadas no Estado de São Paulo (Figura 2, Apêndices 1, 2 e 3).

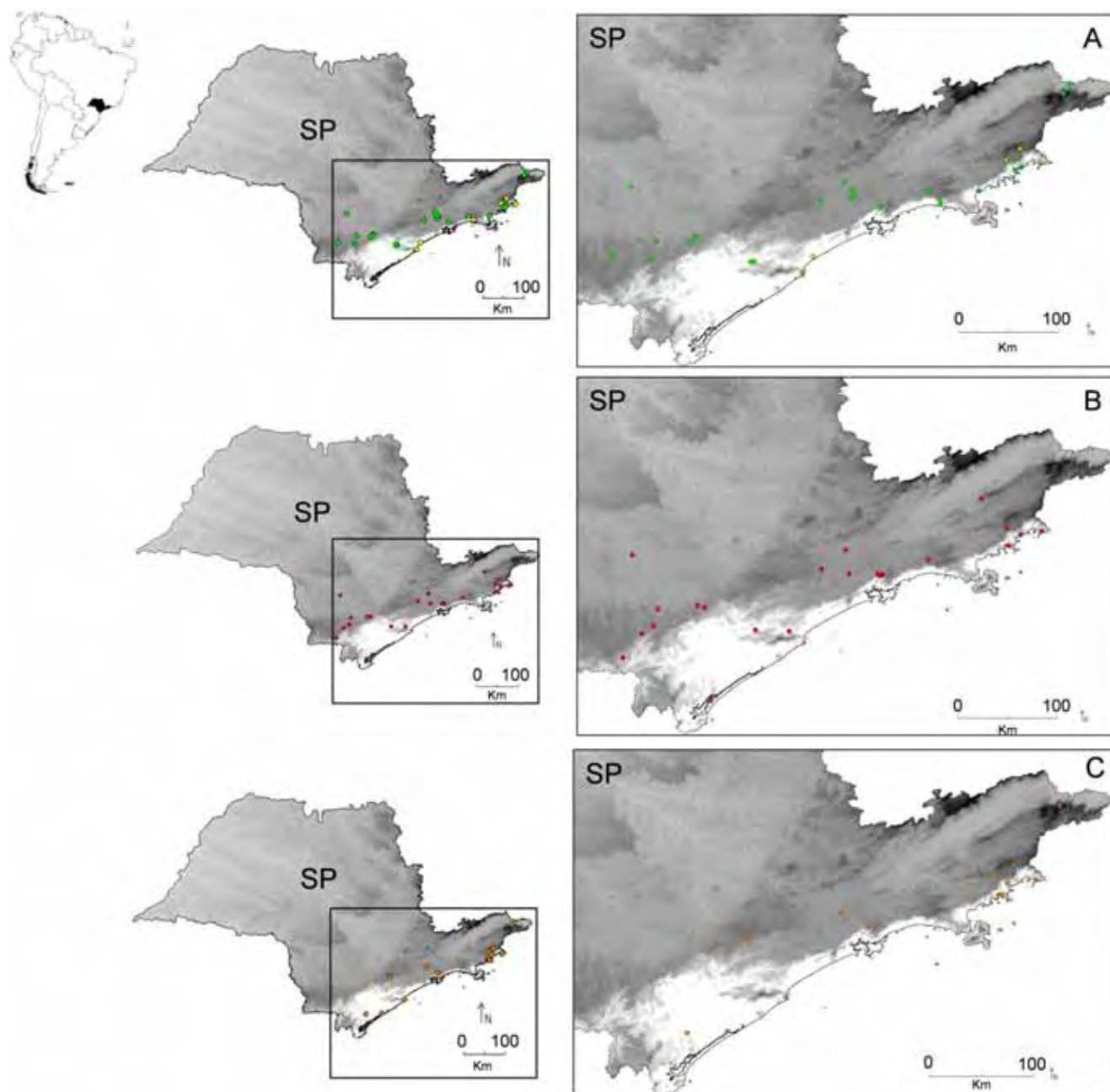


Figura 2: Localidades de amostragem de *Dendropsophus minutus* (A), *Hypsiboas faber* (B) e *Scinax hayii* (C). (pontos amarelos = localidades de coleta e os pontos verde, vermelho e laranja = localidades obtidas nos museus).

Espécies Estudadas

Dendropsophus minutus, *Hypsiboas faber* e *Scinax hayii* são espécies de anuros da família Hylidae com ampla distribuição no gradiente altitudinal e muito abundantes na Mata Atlântica. Por apresentarem essas características, nós escolhemos estas espécies como espécies alvo do presente trabalho (Figura 3).



Figura 3: Espécies de anuros estudadas: A) *Dendropsophus minutus* (Foto: Thaís H. Condez), B) *Hypsiboas faber* (Foto: Cynthia P. A. Prado) e C) *Scinax hayii* (Foto: Thaís H. Condez).

Dendropsophus minutus é uma espécie de pequeno porte (CRC= 19-24 mm) (Lutz, 1973). Esta espécie ocorre em florestas e áreas abertas em todo o território brasileiro e, parcialmente em nove países sul-americanos (Silvano et al., 2008) em altitudes que variam de zero a 1.800m (Silvano et al., 2008). A sua reprodução ocorre em lagoas permanentes ou temporárias e também em brejos em áreas preservadas ou antrópicas (Giasson, 2008; Silvano et al., 2008). A atividade reprodutiva concentra-se principalmente no verão (Abrunhosa et al., 2006), mas em algumas regiões pode ocorrer ao longo de todo ano (Haddad, 1987). Os machos são territoriais e vocalizam empoleirados na vegetação herbácea ou próximos da água em vegetação flutuante (Haddad, 1987). *Dendropsophus minutus* apresenta o modo reprodutivo tipo 1 (senso Haddad e Prado 2005), ou seja, a desova é depositada na água onde ocorre o desenvolvimento dos girinos e não há cuidado parental (Haddad, 1987).

Hypsiboas faber é uma espécie de grande porte (CRC= 90-95 mm) (Lutz, 1973). Esta espécie é encontrada em áreas abertas e trechos florestais nas regiões sul, sudeste, centro-oeste e nordeste do Brasil, e também no norte da Argentina e Paraguai (Frost, 2013) em altitudes que variam de zero a quase 1.000m (Lavilla et al., 2010) e a reprodução ocorre no verão (Martins & Haddad, 1988; Martins, 1993; Abrunhosa et al., 2006) e é marcada pela construção de ninhos de barro pelos machos (e.g. Martins, 1993). Os machos são territoriais e vocalizam empoleirados na vegetação arbustiva, no interior ou nas proximidades dos seus “ninhos” (Martins & Haddad, 1988; Martins, 1993; Giasson, 2008). Esta espécie apresenta o modo reprodutivo 4 (senso Haddad e Prado, 2005), que é caracterizado pela deposição da desova nos ninhos de barro construídos, girinos exotróficos com desenvolvimento na água e cuidado parental, realizado pelos machos (Martins, 1993).

Scinax hayii é uma espécie de porte médio (CRC= 39-40 mm) (Lutz, 1973). Esta espécie ocorre no interior e nas bordas de florestas das regiões sudeste e sul do Brasil sendo encontrada em altitudes de zero a 1.200m (Carvalho e Silva & Teles, 2004, Giasson, 2008). A reprodução de *S. hayii* se concentra no verão, porém machos vocalizando podem ser encontrados ao longo de todo o ano (Forti, 2009). Os machos vocalizam empoleirados tanto em vegetação arbustiva quanto herbácea e, raramente em arbóreas (Giasson, 2008). Esta espécie apresenta o modo reprodutivo 1 (senso Haddad & Prado, 2005), com a desova sendo depositada em águas paradas onde ocorre o desenvolvimento dos girinos exotróficos.

Neste estudo usamos 324 machos de *Dendropsophus minutus* provenientes de 28 localidades com altitudes entre zero e 1559m, 86 machos de *Hypsiboas faber* de 23 localidades com altitudes de 0 a 987m e 73 machos de *Scinax hayii* provenientes de 13 localidades em altitudes entre 0 a 1569m (Tabela 1, Figura 2).

Tabela 1: Espécimes de *Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* e *Scinax hayii* por localidade utilizada no presente estudo. (* = altitude do ponto amostral da espécie *D. minutus*; ** = altitude do ponto amostral da espécie *H. faber* e *** = altitude do ponto amostral da espécie *S. hayii*).

LOCALIDADE	ALTITUDE (m)	<i>Dendropsophus minutus</i>	<i>Hypsiboas faber</i>	<i>Scinax hayii</i>
Campo de Fruticultura	1559	23	0	0
Sítio Sr. Agnaldo	552*/1569***	3	0	6
ESEC Juréia-Itatins	26	19	0	3
BR – 116	32	3	0	0
Mar do Itapitangui	20	0	1	0
Cunha	1090	22	0	1
Santa Virgínia	907	20	18	15
Picinguaba	8	20	7	11
Praia de Itamambuca	4	14	3	0
Instituto Oceanográfico	0	2	0	0
Tuim Parque I	13	10	0	0
Tuim Parque II	23	10	0	0
Cidade Universitária “Armando Salles de Oliveira”	741	7	2	0
Itapeccerica da Serra	910*/862**	20	6	0
Pq. Municipal Nascentes do Paranapiacaba I	762*/856**/974***	1	4	6
Pq. Municipal Nascentes do Paranapiacaba II	773*/840**/762***	20	5	11
Pq. Municipal Nascentes do Paranapiacaba II	768**	0	2	0
Paranapiacaba (SBC)	797*/848**	15	1	0
Paranapiacaba II (SBC)	754	0	10	0
Paranapiacaba (Sul)	761	7		0
Pq. Carlos Botelho I	808	5	1	0
Pq. Carlos Botelho II	780	7	1	0
Pql Carlos Botelho III	860	4	0	0

LOCALIDADE	ALTITUDE (m)	<i>Dendropsophus minutus</i>	<i>Hypsiboas faber</i>	<i>Scinax hayii</i>
Fazenda São Luís	820	12	0	0
Área do Senhor Tininho	18	17	0	0
Caraguatatuba	1	1	0	0
Fazenda Intermontes	681	1	1	0
Iporanga	90	15	3	0
Miracatu	35	20	1	0
Boracéia	900	20	10	0
Fazenda Intervalles	987	6	2	0
Praia do Lázaro	0**/25***	0	3	3
Juréia Park Hotel	65	0	2	0
Petar I	709	0	1	0
Petar II	193	0	1	0
Pousada Pantera	948	0	1	0
Instituto Agrônômico de Campinas – IAC	60	0	0	2
Praia Domingas Dias	18	0	0	8
APA – Cananéia-Iguape	28	0	0	3
Escola Agrícola	67	0	0	2
Vila Elvío	851	0	0	2
TOTAL		324	86	73

Coleta de Dados

Nós utilizamos exemplares provenientes de coleções herpetológicas e de coletas realizadas no campo. Exemplares das seguintes coleções foram acessados: 1) Coleção Herpetológica “Célio Fernando Baptista Haddad” (**CFBH**) do Laboratório de Herpetologia, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências - IB, Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus de Rio Claro, SP; 2) Coleção de Herpetologia pertencente ao Museu de Zoologia “Professor Adão José Cardoso” (**ZUEC**), Instituto de Biologia – UNICAMP, Campinas, SP e 3) Coleção de Herpetologia do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (**MZUSP**), São Paulo, SP.

As coletas em campo foram realizadas nas seguintes áreas: 1) Parque Estadual da Serra do Mar - PESM Núcleo Santa Virgínia, São Luís do Paraitinga, SP; 2) Parque Estadual da Serra do Mar - PESM Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP; 3) Parque Estadual da Serra do Mar - PESM Núcleo Cunha, Cunha, SP; 4) Estação Ecológica Juréia-Itatins Núcleo Arpoador, Juréia, SP; 5) Tuim Parque, São Sebastião, SP e 6) Área do Senhor Tininho, Itanháem, SP (Apêndice 1).

Do total de indivíduos da espécie *D. minutus*, 129 foram adquiridos nas coletas e 195 foram provenientes das coleções herpetológicas. Para *H. faber* e *S. hayii*, todos os exemplares foram obtidos em coleções. Os exemplares coletados em campo (licença ICMBIO nº 30176-1 e Cotec/IF nº 260108 – 009.395/2011) foram mortos com anestésico à base de lidocaína (XYLOCAÍNA® 5%), fixados em formalina 10% e

posteriormente conservados em álcool 70 %. Estes exemplares foram depositados na coleção “Célio Fernando Baptista Haddad” (CFBH) do Laboratório de Herpetologia, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociência – IB, Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus de Rio Claro, SP.

Medimos o comprimento rostro-cloacal (CRC) de cada um dos machos com um paquímetro digital Mitutoyo® (0,01 milímetros de precisão). O CRC foi escolhido como medida do tamanho corpóreo, pois ele é amplamente usado como representante dessa característica em ectotérmicos (Pincheira-Donoso et al., 2008). Além disso, este parâmetro é positivamente correlacionado com outras variáveis corpóreas como a massa e com características ecológicas e da história de vida desses animais (Duellman & Trueb, 1986).

Análises Estatísticas

Primeiramente nessa etapa foram realizadas análises exploratórias para a identificação de “outliers” com a construção de gráficos de dispersão dos valores de CRC em função da altitude. Quando detectada a presença de outliers, estes foram excluídos do conjunto de dados. Em segundo lugar, os valores de CRC de cada exemplar de cada uma das três espécies foram testados para a normalidade através da análise de gráficos de distribuição. Quando a distribuição não foi Normal, realizamos uma transformação logarítmica (Castellano & Giacoma, 2000). Para estas análises utilizamos os seguintes programas BIOSTAT 5.0® (Ayres et al., 2007) e STATISTICA 7.0® (Statsoft, 2004).

Variáveis ecológicas, geralmente são espacialmente dependentes (Legendre, 1993). Esse pressuposto foi testado para a variável resposta com o teste de autocorrelação espacial de MORAN I (Legendre & Legendre, 1998). Foram utilizadas 10 classes de 50 km de distância para *Dendropsophus minutus*, nove classes para *Hypsiboas faber* e oito para *Scinax hayii*. Nós encontramos autocorrelação espacial significativa especialmente nas classes curtas de distância (Tabela 2).

Tabela 2: Valores dos coeficientes de “MORAN I” para cada uma das classes de distância. * = significativo ($p \leq 0,05$).

Classe de distância	Coeficiente I de MORAN		
	<i>D. minutus</i>	<i>H. faber</i>	<i>S. hayii</i>
1	-0.02	-0.16	-0.12
2	0.59*	0.05	-0.02

3	0.09*	0.11*	0.10*
4	0.04*	-0.21	-0.15
5	-0.13	0.02	-0.10
6	-0.11	-0.11	-0.01
7	-0.25	0.22*	-0.21
8	-0.13	-0.06	0.09
9	-0.09	-0.13	-
10	-0.08	-	-

Pelo fato das localidades serem distribuídas de modo aninhado e a escala espacial do aninhamento coincide com a escala da autocorrelação espacial, nós usamos os modelos lineares mistos (Zuur et *al.*, 2009) para avaliar o efeito da altitude na variação de tamanho nas espécies estudadas.

Todas as análises desta etapa foram realizadas no programa R.2.15.1 ® (Legendre & Troussellier, 1988; Zuur, Ieno & Smith 2007).

RESULTADOS

Encontramos um aumento no CRC dos machos de *S. hayii* em função da altitude ($\beta = 0,0000192$, $p = 0.006$) (Figura 4). Para os machos de *D. minutus* houve uma redução de CRC em função da altitude ($\beta = -0,000836$, $p < 0,05$) (Figura 5). Já o CRC dos machos de *H. faber* não variou em função da altitude ($\beta = 0,0000316$, $p > 0,05$) (Figura 6).

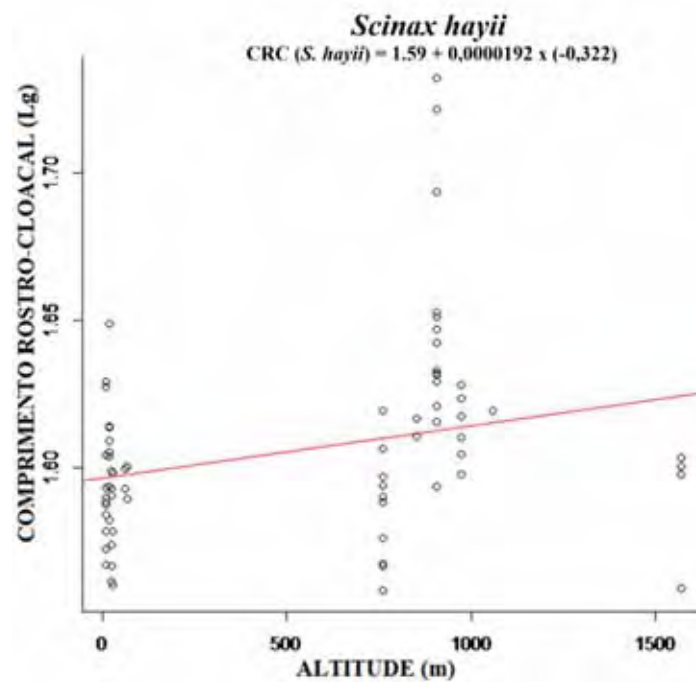


Figura 4: Modelo linear misto para os valores do comprimento rostro-cloacal de *Scinax hayii*.

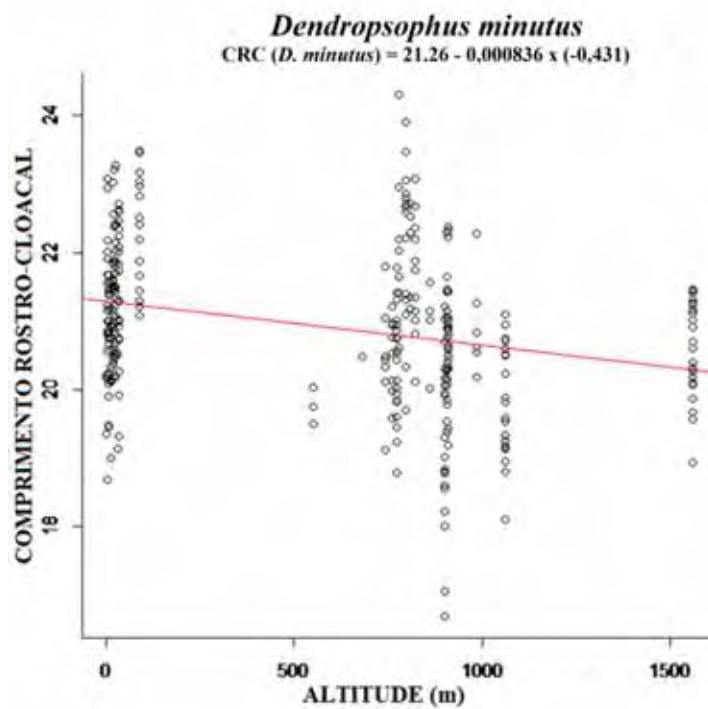


Figura 5: Modelo linear misto para os valores do comprimento rostro-cloacal de *Dendropsophus minutus*.

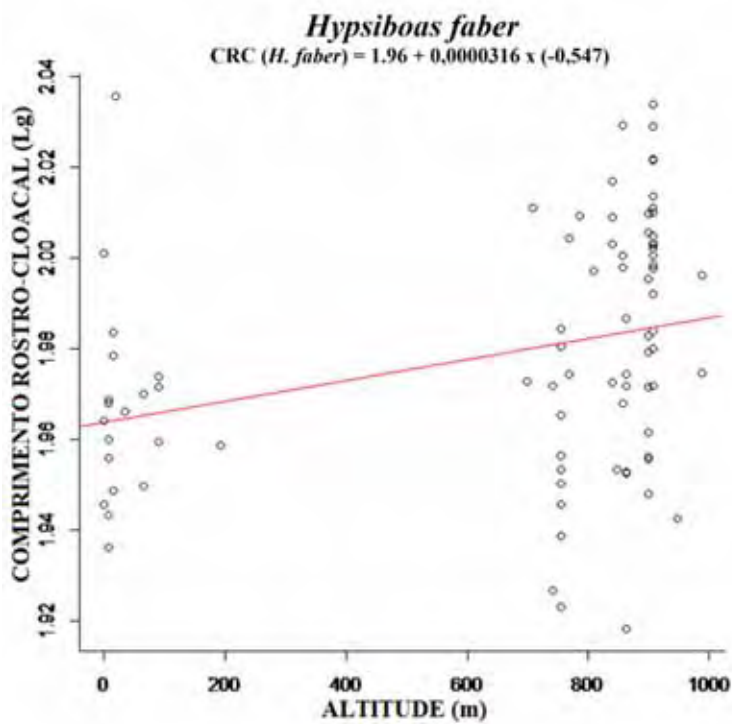


Figura 6: Modelo linear misto para os valores do comprimento rostro-cloacal de *Hypsiboas faber*.

DISCUSSÃO

Nosso estudo mostrou três diferentes padrões de variação no tamanho corpóreo em relação à variação altitudinal na Serra do Mar para as espécies estudadas. Os machos de *Scinax hayii* provenientes de localidades de altas altitudes foram ligeiramente maiores do que aqueles de áreas mais baixas, ou seja, o padrão de variação encontrado foi condizente com aquele descrito pela “regra de Bergmann” (Bergmann, 1847; Rensch, 1938; Mayr, 1956). Para as espécies que seguem o padrão descrito pela regra de Bergmann, uma das possíveis explicações usadas como justificativa pelo seu surgimento é a de que os corpos maiores podem estocar maior quantidade de gordura para a sobrevivência durante o inverno com condições mais adversas encontradas nessas regiões. Essa hipótese é condizente com padrões variantes do tamanho corpóreo encontrados em quelônios (Ashton & Feldman, 2003), mamíferos (Ashton et. al., 2000) e aves (James, 1970, Zink & Ramsen, 1986; Ashton 2002a). No entanto esta explicação parece mais plausível para as espécies que vivem em altitudes extremas (e.g. Andes e Himalaia), onde o inverno é mais severo e longo e muitas espécies de anfíbios hibernam (Lu et. al., 2006). No Brasil, especialmente na Serra do Mar, embora no inverno exista uma forte diminuição das temperaturas, ele é mais curto, portanto as necessidades de estocagem de gordura parecem menos importantes do que em localidades com invernos muito longos (mais de seis meses). No entanto pouco se sabe sobre a longevidade das espécies, ou mesmo sobre os mecanismos fisiológicos e/ou comportamentais utilizados pelos anuros durante o inverno, dificultando as especulações para o padrão encontrado para *S. hayii*.

Entre as muitas espécies de anuros cujos padrões de variação no tamanho do corpo correspondem ao padrão de Bergmann, as fêmeas de áreas de altas altitudes produzem desovas com ovos maiores (Pettus & Angleton, 1967; Gollman & Gollman, 1996; Liu et al., 2012). Em anfíbios, o tamanho dos girinos pós-eclosão bem como o dos recém-metamorfoseados são diretamente relacionados ao tamanho dos ovos depositados. Consequentemente, filhotes originados de ovos maiores tornam-se adultos maiores (Kaplan & King, 1997; Marangoni & Tejedo, 2008, Ma et al., 2009a, b).

Para outras espécies do grupo dos anfíbios, o maior tamanho em áreas mais altas está relacionado às suas lentas taxa de crescimento após a metamorfose e o, consequente, retardo na maturação sexual (Berven, 1981; Berven, 1982a; Hemelaar,

1988). Nesses animais, o crescimento corpóreo diminui drasticamente quando os indivíduos atingem a maturidade sexual, pois grande parte da energia adquirida passa a ser direcionada para a atividade reprodutiva (corte, disputa por e atração de fêmeas) (Hemelaar, 1988). Logo, em populações onde os indivíduos se tornam maduros tardiamente, o direcionamento massivo de energia para o crescimento acontece por um tempo maior o que se reflete em um tamanho final maior desses indivíduos (Ryser, 1996; Kozłowski et al., 2004). Além disso, estudos mostram que muito dos padrões de variação do tamanho dos anuros em gradientes altitudinais são decorrentes das diferenças na idade dos indivíduos, assim são maiores porque são mais velhos (maior longevidade) (Lu et al., 2006; Ma et al., 2009; Liao & Lu, 2011). Para comprovar esta hipótese nos anuros da Serra do Mar é importante realizar a técnica de esqueletocronologia entre os indivíduos das populações estudadas e assim entender melhor as relações tamanho do corpo–idade.

Diferentes de *S. hayii*, os machos de *D. minutus* apresentaram um padrão inverso, com machos menores em altas altitudes. Explicações para o padrão inverso ao da regra de Bergman são indeterminadas, o que nos leva a crer que trabalhos com foco nesse tipo de relação são necessários. As hipóteses mais recorrentes na literatura estão relacionadas às condições encontradas em regiões com um inverno rigoroso, como por exemplo, temperaturas muito baixas e baixa umidade relativa do ar, que induzem os indivíduos a hibernação e consequentemente, diminuição do metabolismo e do crescimento. No caso específico aqui encontrado para a espécie *D. minutus*, os menores tamanhos encontrados para essa espécie nas regiões de altas altitudes poderia resultar da deficiência na atividade de forrageio dos indivíduos nessas regiões o que culminaria em uma baixa quantidade de energia disponível para o crescimento. A deficiência na obtenção de alimento seria, por sua vez, reflexo do porte diminuto dos exemplares dessa espécie; em áreas com uma menor umidade do ar, um menor tamanho é desvantajoso uma vez que a razão área/ volume corpóreo é menor e a perda evaporativa se torna maior. Outro potencial fator de limitação do crescimento em altas altitudes, embora menos comumente relatado, é a menor disponibilidade de oxigênio. O déficit de oxigênio diminui o metabolismo, e prejudica o crescimento em todas as fases de vida dos animais (Dillon et al., 2006). No entanto, esta não parece ser um causa válida para os anuros da Serra do Mar visto que o gradiente altitudinal é modesto (cerca de 1000m e aparentemente não há variações acentuadas na quantidade de oxigênio do ar.

Assim como o que aqui encontrado para *Hypsiboas faber*, há outros relatos de espécies que parecem não sofrer influência da altitude no seu tamanho corpóreo (Morrison & Hero, 2003). Os machos de *H faber* são territoriais e constroem ninhos nas margens de corpos d'água onde são depositadas as desovas após a escolha da fêmea (Martins, 1993). Estes ninhos são defendidos fortemente pelos machos e frequentemente há brigas para a sua defesa. Neste caso, as pressões seletivas favorecendo características vantajosas para a reprodução compensariam o efeito da altitude, e o tamanho do corpo dos machos poderia ser determinado por fatores ecológicos como a densidade de indivíduos do sexo masculino no coro e/ou área disponível para a construção dos ninhos. Outra explicação para a não identificação de padrões variantes no tamanho do corpo dessa espécie ao longo do gradiente é que intervalos altitudinais pequenos (como o acessado para essa espécie no presente trabalho) podem ser insuficientes para promover modificações em características da história de vida dos animais como o tamanho corpóreo.

Este estudo é o primeiro a mostrar padrões de variação no tamanho corpóreo de anuros em um gradiente altitudinal na região tropical, assim como o primeiro realizado na cadeia montanhosa da Serra do Mar. O estudo, portanto, é grande valia já que contribui para o entendimento e possível resolução das contradições acerca do surgimento dos padrões concordantes ou não com a regra de Bergmann, além de fornecer pistas iniciais sobre o comportamento desses padrões em outras regiões antes não exploradas. Com os resultados aqui obtidos mostramos que variações no tamanho do corpo de anuros podem surgir mesmo em pequenos intervalos altitudinais (em relação às grandes cadeias montanhosas existentes), corroborando o que foi encontrado para espécies desse grupo em regiões montanhosas da China com pequenas elevações. Outro ponto a ser levado em conta é que a discrepância dos padrões encontrados para as espécies dentro de uma mesma família de anuros mostra que as pressões exercidas pela gradiente são bastante refinadas, influenciando características específicas da história de vida de cada uma delas que leva as diferentes tendências de variação no tamanho. Portanto, determinar a influência dos gradientes em outros atributos se torna importante uma vez que as consequências dessas influências em características como: tamanho do ovo, desova ou densidade dos machos são, geralmente, relacionados com as variações no tamanho corpóreo. Portanto, para um completo entendimento dos clinas aqui apresentados, a análise da possível existência de padrões variantes em outros atributos seria interessante.

Apesar de termos utilizado uma amostragem satisfatória, cobrindo uma grande área de ocorrência dessas espécies no estado de São Paulo, não devemos descartar a possibilidade de aumentá-la incluindo no conjunto amostral (em trabalhos futuros) um número maior de exemplares de locais já contemplados, assim como na inclusão de mais localidades. Como é sabido, com um maior número de amostras utilizadas o fenômeno sob investigação é representado de forma mais fiel (uma vez que o erro amostral diminui); com isso, aumentar aqui o número de indivíduos por espécie estudada significa tornar os resultados obtidos mais robustos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRUNHOSA, P. A., Wogel, H. & Pombal Jr., J. P. Anuran temporal occupancy in a temporary pond from the Atlantic rain forest, South-Eastern of Brazil. **The Herpetological Journal**. v. 16, p. 115-122. 2006.
- ALMEIDA, F. F. M.; Carneiro, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 135-150. 1998.
- ANGILLETTA, M. J.; Steury, T. & Sears, M. Temperature, growth rate, and body size in ectotherms: fitting pieces of a life-history puzzle. **Integrative Comportamental Biology**. v. 44, p. 498-509. 2004.
- ASHTON, K. G., Tracy, M. C. & de Queiroz, A. Is the Bergmann's rule valid for mammals? **The American Naturalist**. v. 156, p. 390-415. 2000.
- ASHTON, K. G. Are ecological and evolutionary rules being dismissed prematurely? **Diversity and Distributions**. v. 7: p. 289-295, 2001.
- ASHTON, K. G. Patterns of within-species body size variation of birds: Strong evidence for Bergmann's rule. **Global Ecology and Biogeography**. v. 11, p. 505-523. 2002a.
- ASHTON, K. G. Do amphibians follow Bergmann's rule? **Can. Journal of Zoology**. v. 80, p. 708-716. 2002b.
- ASHTON, K. G. & Feldman, C. R. Bergmann's rule in noavian reptiles: turtles follow it, lizards and snakes reverse it. **Evolution**. v. 57, p. 1151-1163. 2003.
- ATKINSON, D & Sibly, R. M. Why are organisms usually bigger in colder environments? Making sense of a life history puzzle. **Trends in Ecology & Evolution**. v. 12: p. 235-239, 1997.
- AYRES, M.; Ayres J. R. M. & Ayres D. L. BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 5ª

- edição, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasília. 2007.
- BELK, M. C. & Houston, D. D. Bergmann's rule in ectotherms: a test using freshwater fishes. **The American Naturalist**. v. 160, p. 803-808. 2002.
- BERGMANN, C. Über die verhältnisse der warmekonomie der thiere zu ihrer grösse. **Gottinger Studien**. v. 1: p. 595-708, 1847.
- BERNARDO, J. Determinants of maturation in animals. **Trends in Ecology Evolution**. v. 8, p. 166-173. 1993.
- BERVEN, K. A. Mate choice in the wood frog, *Rana sylvatica*. **Evolution**. v. 35, p. 707-722 1981.
- BERVEN, K. A. The genetic basis of altitudinal variation in the wood frog *Rana sylvatica*. I. An experimental analysis of life history traits. **Evolution**. 36: 962-983. 1982a.
- BLACKBURN, T. M. & Hawkins, B. A. Bergmann's rule and the mammal fauna of northern North America. **Ecography**. v. 27, p. 715-724. 2004.
- BLUM, C. T. A Floresta Ombrófila Densa na Serra da Prata, Parque Nacional Saint-Hilaire/Lange, PR: caracterização florística, fitossociológica e ambiental de um gradiente altitudinal. Dissertação (**Mestrado**) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- BLUM, C.T., Roderjan, C.V. & Galvão, F. O clima e sua influência na distribuição da Floresta Ombrófila Densa na Serra da Prata, Morretes, Paraná. **Floresta**. v. 41(3), p.589-598. 2011.
- CARVALHO-E-SILVA, S. P. de, Telles, A. M. *Scinax hayii*. In: IUCN 2012. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2010.4. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 30 November 2012. 2004.

- CASTELLANO, S. & Giacoma, C. Morphological variation of the Green toad, *Bufo viridis*, in Italy: A test of causation. **Journal of Herpetology**. v. 32, p. 540–550. 1998.
- DILLON, M. E.; Frazier, M. R. & Dudley, R. Into thin air: physiology and evolution of alpine insects. **Integrative Comparative Biology**. v. 46, p. 49-61. 2006.
- DUELLMAN, W. E. & Trueb, L. In: Biology of Amphibians. McGraw-Hill Book Company, New York. 1986.
- FICETOLA, G. F.; Scali, S.; Denoel, M.; Montanaro, G.; Vukov, T. D.; Zuffi, M. A. L. & Padoa-Schioppa, E. Ecogeographical variation of body size in the newt *Triturus carnifex*: comparing the hypotheses using an information-theoretic approach. **Ecological Biogeography**. v. 19, p. 485-495. 2010.
- FORTI, L. R. Temporada reprodutiva, micro-habitat e turno de vocalização de anfíbios anuros em lagoa de floresta Atlântica, no sudeste do Brasil. **Zoociências**. v. 11(1), p. 89-98. 2009.
- FROST, D. R. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 5.6 (9 January 2013). Electronic Database accessible at <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. **American Museum of Natural History**, New York, USA. 2013.
- GIASSON, L. O. M. Atividade sazonal e uso do ambiente por anfíbios da Mata Atlântica no alto da Serra do Mar. 2008. 157 f. Dissertação (**Doutorado**) Universidade Estadual Paulista – Unesp, Rio Claro, SP. 2008.
- GOLLMAN, B. & Gollman, G. Geographic variation of larval traits in the Australian frog *Geocrinia Victoriana*. **Herpetologica**. v. 52, p. 181-187. 1996.

- HADDAD, C. F. B. Comportamento reprodutivo e Comunicação sonora de *Hyla minuta*, Peters, 1872 (AMPHIBIA:ANURA:HYLIDAE). 1987. 135 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Campinas- SP. 1987.
- HADDAD, C. F. B. & Prado, C. P. A. Reproductive Modes in Frogs and Their Unexpected Diversity in the Atlantic Forest of Brazil. **Bioscience**. v. 55 (3), p. 207-217. 2005.
- HEATH, A. G. Behavioral thermoregulation in high altitude tiger salamanders, *Ambystoma tigrinum*. **Herpetologica**. v. 31, 84-93. 1975.
- HEMELAAR, A. S. M. Age, growth and other populations characteristics of *Bufo bufo* from different latitudes and altitudes. **Journal of Herpetology**. v. 22, p. 369-388. 1988.
- JAMES, F. C. Geographic size variation in birds and its relationship to climate. **Ecology**. v. 51, p. 365-390. 1970.
- KAPLAN, R. H. & King, E. G. Egg size is a developmentally plastic trait: evidence from long-term studies in the frog *Bombina orientalis*. **Herpetologica**. V. 53, p. 149-165. 1997.
- KOZLOWSKI, J.; Czarnoleski, M. & Danko, M. Can optimal resource allocation models explain why ectotherms grow larger in cold? **Integrative Comparative Biology**. v. 44, p. 480-493. 2004.
- LAI, Y. C.; Lee, T. H & Karn, Y. A skeletochronological study on a subtropical, riparian ranid (*Rana swinhoana*) from diferente elevations in Taiwan. **Zoological Science**. v. 22, p. 653-658. 2005.

LAVILLA, E.; Aquino, L.; Kwet, A. & Baldo, D. *Hypsiboas faber*. In: IUCN 2012.

IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <www.iucnredlist.org>.

Downloaded on 18 November 2012.

LEGENDRE, P. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm. **Ecology**. v. 74, p. 1659-1673. 1993.

LEGENDRE, P. & Legendre, L. Numerical ecology. 2nd ed. **Elsevier Science**, Amsterdam. 1998.

LEGENDRE, P. & M. Troussellier. Aquatic heterotrophic bacteria: modeling in the presence of spatial autocorrelation. **Limnol. Oceanogr.** v. 33, p. 1055-1067. 1988.

LIAO, W. B. & Lu, X. Age structure and body size of the Chuanxi tree frog *Hyla annectans chuanxiensis* from two diferente elevations in Sichuan (China). **Zoologischer Anzeiger**. v. 248, p. 255-263. 2010a.

LIAO, W. B. & Lu, X. Age and growth of a subtropical high-elevation torrent frog, *Amolops mantzorum*, in western China. **Journal of Herpetologia**. v. 44, p. 172-176. 2010b.

LIAO , W. B. & Lu, X. Variation in body size, age and growth in the Omei treefrog (*Rhacophorus omeimontes*) along an altitudinal gradient in western China. **Ethol. Ecol. Evol.** v. 23, p. 248-261. 2011.

LIU, Y. H.; Zeng, Y.; Liao, W. B.; Zhou, C Q.; Mi, Z. P.; Mao, M & Chen, L. Altitudinal variation in body size in the rice frog (*Rana limnocharis*) in southwestern China. **Acta Herpetologica**. 7(1): 57-68. 2012.

LU, X.; Li, B. & Liang, J. J. Comparative demography of a temperate anuran, *Rana chensinensis*, along a relatively fine altitudinal gradient. **Canadian Journal of Zoology**. v. 84, p. 1789-1795. 2006.

- LUTZ, B. Brazilian species of *Hyla*. **Austin: University of Texas Press**. p. 260. 1973.
- MA, X. Y.; Tong, L. N. & Lu, X. Variation of body size, age structure and growth of a temperate frog, *Rana chensinensis*, over an elevational gradient in northern China. **Amphibia-Reptilia**. V. 30, p. 11-117. 2009a.
- MA, X.; Lu, X.; & Merila, J. Altitudinal decline of body size in a Tibetan frog. **Journal of Zoology**. v. 279, p. 364-371. 2009b.
- MARANGONI, F & Tejedo, M. Variation in body size and metamorphic traits of Iberian spadefoot toads over a short geographic distance. **Journal of Zoology**. v. 275, p. 97-105. 2008.
- MARTINS, M. Observations on nest dynamics and embryonic and larval development in the nest building gladiator frog, *Hyla faber*. **Amphibia-Reptilia**. v. 14, p. 411-421. 1993.
- MARTINS, M. & Haddad, C. F. B. Vocalizations and reproductive behavior in the smith-frog, *Hyla faber* Wied (Amphibia: Hylidae). **Amphibia-Reptilia**. v. 9, p. 49-60. 1988.
- MATTHEWS, K. R. & Miaud, C. A skeletochronological study of the age structure, growth, and longevity of a mountain yellow-legged frog, *Rana muscosa*, in the Sierra Nevada, California. **Copeia**. P. 986-993. 2007.
- MAYR, E. Geographical character gradients and climatic adaptation. **Evolution**. v. 10: p. 105–108, 1956.
- MEIRI, S. & Dayan, T. On the validity of Bergmann's rule. **Journal of Biogeography**. v. 30, p. 331-351. 2003.
- MORRISON, C. & Hero, J. M. Geographic variation in life-history characteristics of amphibians: a review. **Journal of Animal Ecology**. v. 72, p. 270-279. 2003.

- PETTUS, D. & Angleton, G. M. Comparative reproductive biology of montane and piedmont chorus frogs. **Evolution**. v. 21, p. 500-507. 1967.
- PINCHEIRA-DONOSO, D., Hodgson, D.J. & Tregenza, T. The evolution of body size under environmental gradients in ectotherms: why should Bergmann's rule apply to lizards? **BMC Evolutionary Biology**. v. 8, Article 68 (doi: 10.1186/1471-2148-8-68). 2008.
- PRIMAC. Programa Regional de Identificação E Monitoramento de Áreas Críticas de Inundações, Erosões e Deslizamentos Metropolitana da Baixada Santista - Módulo II. Disponível em: **www.agem.sp.gov.br**. Acesso em, 29/11/2012. 2012.
- RAY, C. The application of Bergmann's rule and Allen's rule to the poikilotherms. **Journal Morphology**. v. 106, p. 85-109. 1960.
- RENSCH, B. Some problems of geographical variation and species formation. **Proceedings of the Linnean Society of London**. v. 150, p. 275-285. 1938.
- RODERJAN, C. V.; Grodzki, L. Acompanhamento meteorológico em um ambiente de Floresta Ombrófila Densa Altimontana no morro Anhangava, município de Quatro Barras - PR, no ano de 1993. **Cadernos da Biodiversidade**, v. 2, n. 1, p. 27-34. 1999.
- RYSER, J. Comparative life histories of low-and-high-elevation population of the Common Frog *Rana temporaria*. **Amphibia-Reptilia**. v. 17, p. 183-195. 1996.
- SILVANO, D.; Azevedo-Ramos, C.; La Marca, E.; Coloma L. A.; Ron, S.; Langone J.; Baldo, D. & Hardy, J. 2008. *Dendropsophus minutus*. In: IUCN 2013. **IUCN Red List of Threatened Species**. Version 2010.4. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 30 January 2013.
- SPOTILA, J. R. Role of temperature and water in the ecology of lungless salamanders. **Ecology Monography**. v. 42, p. 95-125. 1972.

- STATSOFT Inc. 2004. Statistica (data analysis software system), version 7.0. Tulsa, available at: <http://www.statsoft.com> [Accessed in 01.VIII.2012].
- VANHONI, F. & Mendonça, F. O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3/4, p. 49-63. 2008.
- VELOSO, H. P.; Rangel-Filho, A. L. R. & Lima, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rio de Janeiro. p. 124. 1991.
- WALTERS, R. J. & Hassall, M. The temperature-size rule in ectotherms: may a general explanation exist after all? **The American Naturalist**. v. 167, p. 510-523. 2006.
- YOM-TOV, Y.; Benjamini, Y. & Kark, S. Global warming, Bergmann's rule and body mass are they related? The chukar partridge (*Alectoris partridge*) case. **Journal of Zoology**. v. 257, p. 449-455. 2002.
- ZINK, R. M. & Remsen, J. V. Evolutionary processes and patterns of geographic variation in birds. In R. F. Johnston [ed.], Current Ornithology, **Plenum Press**. New York. v. 4, p. 1-69. 1986.
- ZUG, G. R.; Vitt, L. J. & Caldwell, J. P. Herpetology. **Academic Press**. San Diego. 2001.
- ZUUR, A. F.; Ieno, E. N. & Smith, G. M. Analysing Ecological Data. **Springer**. p. 680. 2007.
- ZUUR, A.; Ieno, E. N.; Walker, N. J.; Saveliev, A. A & Smith G. M. Mixed effects models and extensions in ecology with R. New York, **Springer**. 2009.

Apêndice 1. Localidades de procedência dos exemplares de *Dendropsophus minutus*.

LOCALIDADE	MUNICÍPIO	COORDENADAS	ALTITUDE (m)
Campo de Fruticultura	São José do Barreiro	22°43'12.40"S/44°37'38.00"O	1559
Sítio Sr. Agnaldo	São José do Barreiro	22°38'22.09"S/44°34'10.28"O	552
Estação Ecológica Juréia-Itatins	Peruíbe	24°23'13.30"S/47°01'06.70"O	26
BR-116	Miracatu	24°16'48.99"S/47°27'34.98"O	32
Cunha	Cunha	23°14'07.76"S/45°01'16.00"O	1063
Santa Virgínia	São Luís do Paraitinga	23°20'10.34"S/45°08'45.38"O	907
Picinguaba	Ubatuba	23°21'52.34"S/44°49'36.92"O	8
Praia de Itamambuca	Ubatuba	23°24'22.08"S/45°00'39.10"O	4
Instituto Oceanográfico-USP	Ubatuba	23°25'48.99"S/45°04'10.99"O	0
Tuim Parque I	São Sebastião	23°44'41.00"S/45°45'15.00"O	13
Tuim Parque II	São Sebastião	23°43'36.04"S/45°45'10.56"O	23
Cidade Universitária "Armando Salles de Oliveira"	São Paulo	23°32'25.00"S/46°37'47.38"O	741
Itapecerica da Serra	São Paulo	23°43'02.88"S/46°50'57.67"O	910
Pq. Municipal Nascentes do Paranapiacaba I	Santo André	23°39'35.99"S/46°31'46.97"O	762
Pq. Municipal Nascentes do Paranapiacaba II	Mauá	23°46'46.94"S/46°18'23.54"O	773
Paranapiacaba (SBC)	São Bernardo do Campo	23°41'22.93"S/46°33'53.02"O	797
Paranapiacaba (Sul)	São Caetano do Sul	23°36'58.41"S/46°34'07.31"O	761
Pq. Estadual Carlos Botelho I	São Miguel Arcanjo	24°03'40.00"S/47°59'34.10"O	808
Pq. Estadual Carlos Botelho II	São Miguel Arcanjo	24°03'16.20"S/47°59'45.20"O	780
Pq. Estadual Carlos Botelho III	São Miguel Arcanjo	24°05'53.87"S/48°02'36.05"O	860
Fazenda São Luís	Ribeirão Branco	23°32'26.72"S/46°38'18"O	820
Área do Senhor Tininho	Itanháem	24°14'04.40"S/46°55'18.50"O	18
Caraguatatuba	Caraguatatuba	23°37'30.44"S/45°23'54.60"O	1
Fazenda Intermontes	Ribeirão Grande	24°05'25.01"S/48°21'35.98"O	681
Iporanga	Iporanga	23°35'13.97"S/48°35'41.01"O	90
Miracatu	Miracatu	24°17'13.32"S/47°27'30.37"O	35
Boracéia	São Paulo	23°38'00.00"S/45°52'00.00"O	900
Fazenda Intervalles	Guapiara	24°16'00"S/48°24'31.97"O	987

Apêndice 2. Localidades de procedência dos exemplares de *Hypsiboas faber*.

LOCALIDADE	MUNICÍPIO	COORDENADAS	ALTITUDE (m)
Picinguaba	Ubatuba	23°21'52.34''S/44°49'36.92''O	8
Praia de Itamambuca	Ubatuba	23°23'42.47''S/45°00'52.99''O	15
Praia do Lázaro	Ubatuba	23°29'55.17''S/45°07'54.78''O	0
Santa Virgínia	São Luís do Paraitinga	23°20'10.34''S/45°08'45.38''O	907
Pq. Municipal Nascentes do Paranapiacaba I	Santo André	23°46'18.00''S/46°17'30.00''O	856
Pq. Municipal Nascentes do Paranapiacaba II	Santo André	23°46'46.94''S/46°18'23.54''O	840
Pq. Municipal Nascentes do Paranapiacaba III	Santo André	23°46'00.00''S/46°20'00.00''O	768
Paranapiacaba (SBC)	São Bernardo do Campo	23°46'46''S/46°18'33.65''O	848
Paranapiacaba II (SBC)	São Bernardo do Campo		754
Juréia Park Hotel	Itariri	24°17'59.23''S/47°08'55.70''O	65
PETAR I	Apiaí	24°19'30.24''S/48°30'23.40''O	709
PETAR II	Apiaí	24°32'46.77''S/48°40'47.07''O	193
Cidade Universitária “Armando Salles de Oliveira”	São Paulo	23°32'25.00''S/46°37'47.98''O	741
Itapecerica da Serra	São Paulo	23°43'02.88''S/46°50'57.67''O	862
Mar do Itapitangui	Cananéia	24°56'00.00''S/47°53'00.00''O	20
Boracéia	Boracéia	23°38'00.00''S/45°52'00.00''O	900
Pousada Pantera	Taubaté	23°01'26.40''S/45°22'33.70''O	948
Fazenda Intermontes	Ribeirão Grande	24°05'25.22''S/48°21'34.53''O	699
Iporanga	Iporanga	23°35'13.97''S/48°35'41.01''O	90
Fazenda Intervalles	Guapiara	24°15'00.03''S/48°23'59.88''O	987
Pq. Estadual Carlos Botelho I	São Miguel Arcanjo	24°03'40.00''S/47°59'34.10''O	808
Pq. Estadual Carlos Botelho II	São Miguel Arcanjo	24°03'16.20''S/47°59'45.20''O	780
Miracatu	Miracatu	24°17'13.32''S/47°27'30.37''O	35

Apêndice 3. Localidades de procedência dos exemplares de *Scinax hayii*.

LOCALIDADE	MUNICÍPIO	COORDENADAS	ALTITUDE (m)
Instituto Agrônômico de Campinas-IAC	Ubatuba	23°23'35.00''S/45°04'25.00''O	60
Picinguaba	Ubatuba	23°21'52.34''S/44°19'36.92''O	8
Praia Domingas-Dias	Ubatuba	23°29'46.79''S/45°08'47.68''O	18
Praia do Lázaro	Ubatuba	23°29'55.17''S/45°07'54.78''O	25
Santa Virgínia	São Luís do Paraitinga	23°20'10.34''S/45°08'45.38''O	907
Estação Ecológica Juréia-Itatins	Peruíbe	24°23'13.30''S/47°01'06.70''O	26
APA – Cananéia-Iguape	Cananéia	24°42'19.39''S/47°52'58.96''O	28
Escola Agrícola Vila Élvio	Cananéia	24°41'14.00''S/47°31'52.00''O	67
Pq. Municipal Nascentes do Paranapiacaba I	Piedade	23°52'53.70''S/47°21'29.30''O	851
Pq. Municipal Nascentes do Paranapiacaba II	Santo André	23°46'55''S/46°17'42.10''O	974
Cunha	Santo André	23°39'36.00''S/46°31'47.00''O	762
Sítio Sr. Agnaldo	Cunha	23°14'07.76''S/45°01'16.00''O	1063
	São José do Barreiro	22°43'07''S/44°37'05.60''O	1569

Apêndice 4. Material Examinado.

Dendropsophus minutus

Caraguatatuba (MZUSP 31166). Cunha, Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Cunha (CFBH 29620, 29621, 29622, 29623, 29626, 29627, 29628, 29630, 29632, 29633, 29636, 29368, 29639, 29640, 29641, 29642, 29643, 29644, 29646, 29647, 29649, 29650). Guapiara, fazenda Intervalos (MZUSP A-88074, A-88075, A-88079, A-88080, A-88081, A-88083). Iporanga (MZUSP 31174, 31175, 31176, 31177, 31178, 31179, 31180, 31181, 31182, 31183, 31184, 51645, 51646, 51647, 51648). Itanháem, Área do Senhor Tininho (CFBH 32829, 32830, 32831, 32832, 32833, 32834, 32835, 32836, 32837, 32838, 32839, 32840, 32841, 32842, 32843, 32844, 32845). Mauá, Parque Municipal Nascentes do Paranapiacaba (MZUSP 8877, 8879, 8881, 8882, 9637, 13390, 13391, A-107770, A-107771, A-107772, A-107773, A-107774, A-107779, A-107780, A-107781, A-107782, A-107783, A-107184 A-107785, A-108361). Miracatu (ZUEC 4991, 4992, 4993); (MZUSP A-107557, A-107561, A-107562, A-107565, A-107566, A-107567, A-107568, A-107569, A-107570, A-107571, A-107572, A-107573, A-107574, A-107575, A-107576, A-107577, A-107578, A-107579, A-107580, A-107582). Peruibe, Estação Ecológica Juréia-Itatins (CFBH 30445, 30446, 30447, 30448, 30449, 30450, 30451, 30452, 30453, 30454, 30455, 30456, 30457, 30458, 30459, 30460, 30461, 30462, 30463, 30464, 30465, 30466, 30467, 30468, 30469). Ribeirão Branco, Fazenda São Luís (CFBH 16600, 16601, 16603, 16604, 16605, 16606, 16608, 16609, 16610) (ZUEC 6547, 6548, 6549). Ribeirão Grande, Fazenda Intermontes (ZUEC 13757). Santo André, Parque Municipal Nascentes do Paranapiacaba (ZUEC 6025). São Bernardo do Campo, Parque Municipal Nascentes do Paranapiacaba (MZUSP A-76873, A-76874, A-76875, A-110063, A-110064, A-110065, A-110066, A-110067, A-110068, A-110069, A-110070, A-126151, A-126152, A-126153, A-126154). São Caetano do Sul, Parque Municipal Nascentes do Paranapiacaba (MZUSP 13388, 13389, A-110058, A-110059, A-110060, A-110061, A-110062). São José do Barreiro, Parque Nacional da Serra da Bocaina, Sítio Senhor Agnaldo (ZUEC 6343, 6344, 6345). São José do Barreiro, Parque Nacional Serra da Bocaina (CFBH 19270, 19271, 19272, 19273, 19274); (MZUSP A-77573, A-77574, A-77575, A-77576, A-77577, A-77578, A-77579, A-77580, A-77581, A-77582, A-77583, A-77584, A-77585, A-77586, A-77587, A-77588, A-77589). São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Santa Virgínia (CFBH 29479, 29482, 29484, 29485, 30653, 30654, 30656, 30657, 30658, 30659, 30660, 30661, 30662, 30663, 30664, 30665, 30666, 30667, 30668, 30669). São Miguel Arcanjo, Parque Estadual Carlos Botelho (MZUSP A-136077, A-136078, A-136079, A-136080, A-136081, A-136082, A-136083, A-136084, A-136085, A-136086, A-136087, A-136088, A-136089, A-136090, A-136091, A-136092). São Paulo, Boracéia (MZUSP 60203, 60204, 60205, 60206, 60208, A-129371, A-129383, A-129384, A-129385, A-129386, A-129387, A-129388, A-129389, A-129390, A-129396, A-129397, A-129398, A-129399, A-129401, A-129402). São Paulo, Cidade Universitária “Armando Salles de Oliveira” (ZUEC 392, 393, 395, 2223, 2224, 2225, 2227). São Paulo, Itapeperica da Serra (MZUSP 15114, 15118, 15407, 15426, 15428, 15439, 15448, 15451, 15461, 15466, 15469, 15473, 15478, 15480, 15490, 15492, 15494, 15507, 15544, 15574). São Sebastião, Barra do Uma (CFBH 10953, 10954, 12844, 20174, 20175, 20177, 20178, 20179, 20180, 20181, 20182, 32847, 32848, 32849, 32850, 32851, 32852, 32854, 32855, 32856). Ubatuba, Instituto Oceanográfico Universidade de São Paulo - IOUSP (ZUEC 575, 576). Ubatuba, Parque Estadual da Serra do Mar - PESM núcleo

Picinguaba (CFBH 29589, 29596, 29597, 29598, 29599, 29600, 29601, 29602, 29603, 29604, 29605, 29606, 29607, 29608, 29609, 29610, 29611, 29612, 29613, 29614, 29615, 29616). Ubatuba, Praia de Itamambuca (CFBH 10575, 10576, 10577, 10578, 10580, 10581, 10582, 10583, 10584, 10585, 10587, 10588, 10589, 10590).

Hypsiboas faber

Cananéia, Mar do Itapitangui (CFBH 15753). Guapiara, Fazenda Intervalles (MZUSP A-88097, 93294). Iporanga (MZUSP 30992, 51661, A-84554). Miracatu (MZUSP A-110625). Peruíbe, Juréia Park Hotel (CFBH 10640, 10642). Parque Estadual Turístico Alto do Ribeira - PETAR, Base Bulha d'água (CFBH 25658). Parque estadual Turístico Alto do Ribeira - PETAR, Base Ouro grosso (CFBH 26751). Ribeirão Grande, Fazenda Intermontes (ZUEC 13772). Santo André, Parque Municipal Nascentes do Paranapiacaba (MZUSP 9620, 10934, 11016, 11017, 29010, 29029, 29030, 29031, A-115029). São Bernardo do Campo, Parque Municipal Nascentes do Paranapiacaba (MZUSP 10483, 10484, 10485, 10486, 10487, 10488, 10489, 10490, 10491, 10492, 10493, A-125950). São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Santa Virgínia (CFBH 10040, 10768, 14661, 14662, 14663, 14664, 14665, 14666, 14667, 14668, 14669, 14670, 14671, 14672, 14770, 14771, 14772, 16013). São Miguel Arcanjo, Parque Estadual Carlos Botelho (MZUSP A-136062, A-136063). São Paulo, Cidade Universitária “Armando Salles de Oliveira” (ZUEC 417, 419). São Paulo, Itapeccerica da Serra (MZUSP 13353, 13354, 13355, 13356, 13357, 13358). São Paulo, Boracéia (MZUSP 2341, 9963, 31007, 31008, 31009, 31011, A-124566, A-129359, A-129360, A-129361). Taubaté, Pousada Pantera (CFBH 30594). Ubatuba, Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Picinguaba (CFBH 1746, 5566, 6393, 12743, 12744, 12745, 12746). Ubatuba, Praia de Itamambuca (CFBH 10603, 10607, 10610). Ubatuba, Praia do Lázaro (ZUEC 3615, 3616, 9825).

Scinax hayii

Cananéia, APA-Cananéia (CFBH 19151, 19152, 19153). Cananéia, Escola agrícola (CFBH 22357, 22358). Cunha, Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Cunha (CFBH 10713). Peruíbe, Estação Ecológica Juréia-Itatins (CFBH 816, 817, 819). Piedade, Vila Elvino (CFBH 22270, 22278). Santo André, Parque Municipal Nascentes do Paranapiacaba (CFBH 28194, 28195, 28196, 28197, 28198, 28200); (ZUEC 4507, 4510, 4511, 4512, 6021, 6022, 6144, 6145, 6146, 6147, 6148). São José do Barreiro, Parque Nacional Serra da Bocaina (CFBH 30870). São José do Barreiro, Parque Nacional Serra da Bocaina, Sítio Senhor Agnaldo (ZUEC 6340, 6341, 6342, 6359). São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Santa Virgínia (CFBH 7723, 9486, 10767, 10784, 14882, 16085, 16086, 16087, 16088, 16089, 16091, 16435, 16436); (ZUEC 16435, 16436). Ubatuba, Instituto Agrônômico de Campinas (CFBH 336, 1684). Ubatuba, Parque Estadual da Serra do Mar – núcleo Picinguaba (CFBH 1386, 1431, 1433, 1434, 1712, 2184, 3944, 3966, 12789, 12791, 12792). Ubatuba, Praia Domingas Dias (CFBH 574, 1120, 1122, 1330, 2620, 2621, 2622, 2942). Ubatuba, Praia do Lázaro (CFBH 3617, 5878, 9824).

Capítulo 2

Variação altitudinal nos cantos de anúncio de hilídeos na Serra do Mar



*“...deixe que cantem no brejo,
atraindo as namoradas de suas noites de amor”
(Werner Bokermann)*

RESUMO

A emissão de sinais acústicos é o mecanismo de comunicação mais importante para os anuros, uma vez que através desse mecanismo a reprodução acontece. Sabe-se que variações desses sinais surgem por influência de fatores morfológicos, comportamentais e climáticos. Os cantos de anúncio podem ser influenciados por modificações encontradas nesses fatores ao longo de uma gradiente altitudinal, e nestes casos, as diferenças ao longo das diferentes elevações parecem influenciar as frequências, a duração e o número de pulsos das vocalizações tanto aumentando seus valores conforme o aumento em altitude como os diminuindo. No presente estudo, nós investigamos a influência da altitude em alguns parâmetros dos cantos de anúncio de três espécies de hílideos (*Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* e *Scinax hayii*) na Serra do Mar. As vocalizações foram obtidas durante expedições ao campo e na coleção acústica do Laboratório de Herpetologia, UNESP-Rio Claro. Quatro parâmetros (frequência mínima e dominante, duração dos cantos e número de pulsos) apresentaram uma relação positiva com a altitude nos cantos de *D. minutus* e a frequência máxima uma relação negativa. Nos cantos de *S. hayii*, dois padrões de variação também foram identificados. As frequências máxima, mínima e dominante diminuíram e a duração do canto e número de pulsos por nota aumentaram com o aumento da altitude. Os cantos de *H. faber*, não foram influenciados pela altitude. Uma vez que os principais fatores de influência nos cantos foram controlados (temperatura e tamanho corpóreo), as diferenças encontradas entre as espécies podem refletir diferenças ecológicas no momento das gravações, como por exemplo, densidade da população e intensidade das interações agonísticas. Além disso, as diferenças encontradas na densidade da vegetação ao longo da Serra do Mar podem ser as causas responsáveis pelos padrões nos parâmetros estudados, principalmente nas frequências. No entanto, para resultados mais claros e robustos é necessário aumentar o número de gravações por espécie em cada localidade aqui abordada, assim como o número de localidades no intervalo altitudinal considerado.

Palavras-chave: Amphibia, Canto de anúncio, Gradiente Altitudinal, Hylidae, Sudeste do Brasil.

ABSTRACT

The emission of acoustic signals is the most important communication mechanism for frogs. It is known that variations on these signals are influenced by morphological, behavioral and climate conditions. The advertisement calls may be influenced by altitude, and in these cases the differences in elevation seem to influence the frequency, duration and number of pulses of the vocalizations in different ways. In the present study, we investigated the influence of altitude in the advertisement calls of three species of hylid (*Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* and *Scinax hayii*) at the Serra do Mar formation. The vocalizations were obtained during field expeditions and at the acoustic collection of the Herpetology Laboratory, UNESP-Rio Claro. Four parameters (minimum frequency and dominant, duration of calls and number of pulses per call) showed a positive relation with altitude in the calls of *D. minutus* and the maximum frequency a negative relationship. In the calls of *S. hayii*, two patterns of variation were also identified. The frequencies (maximum, minimum and dominant) decreased, and duration of calls and the number of pulses per note increased with the increase in altitude. The calls of *H. faber*, were not affected by altitude. Once the main factors influencing the calls were controlled (temperature and body size), the differences between species may reflect ecological differences in time of the recordings, such as population density and intensity of agonistic interactions. Furthermore, the differences in density of vegetation along the Serra do Mar may be the factors responsible for patterns in the studied parameters, especially in the frequencies. However, for more robust results is necessary to increase the number of recordings per species in each locality addressed here, as well as the number of locations in the altitudinal range considered.

Keywords: Advertisement calls, Altitudinal gradient, Amphibia, Hylidae, Southeastern of Brazil.

INTRODUÇÃO

A emissão de sons é o mecanismo de comunicação mais importante para os anuros (Ryan, 1988), uma vez, que é o sistema que garante a reprodução dos componentes desse grupo de animais. Nos repertórios das espécies, sabe-se que há diferentes tipos de vocalizações com uma ampla diversidade de funções (Bogert, 1960). Dentre todos os tipos de sinais acústicos, as vocalizações mais comuns são conhecidas como “cantos de anúncio” (Whitney & Krebs, 1975; Wells, 1977a, b, 1978). A sinalização de anúncio é um canto conspícuo, geralmente composto por apenas uma nota; é usado, principalmente, para reconhecimento espécie-específico, atração das fêmeas e também como forma de aviso para advertir outros machos da sua presença (Blair, 1972; Ryan 1988). Porém, para serem efetivos nas suas funções esses sinais devem ser perfeitamente detectados, discriminados e localizados pelos receptores (Ryan, 1988), e para isso muitas espécies de anuros confiam em uma ou mais características específicas dos seus cantos como alvos de acesso e reconhecimento por suas parceiras e concorrentes (Bogert, 1960).

Uma série de fatores pode afetar as propriedades dos cantos dos anuros e acabam se tornando, portanto, responsáveis pelas diferenças encontradas nesse comportamento (Littlejohn, 1977). Características do ambiente, como a estrutura física da vegetação (por exemplo, densidade de árvores) e ruídos (como cachoeiras) podem distorcer o sinal emitido antes de ele alcançar seu receptor. A temperatura também tem forte influência nos parâmetros dos cantos, sendo possível identificar um o efeito da influência térmica tanto na transmissão do sinal quanto na sua produção (Blair, 1958; Zweifel, 1968; Ryan, 1988; Navas 1996). Em relação à transmissão, sabe-se que a velocidade de propagação do som é maior em ambientes onde as temperaturas são mais altas (Wiley & Richards, 1982). Quanto à produção, a taxa de repetição das notas aumenta e a duração dos cantos diminui com a elevação da temperatura (Zweifel, 1959; Schneider, 1974; Gayou, 1984). Portanto, em regiões mais frias (altas elevações, por exemplo) a duração dos cantos de anúncio de algumas espécies de anuros, geralmente, é menor, com as notas apresentando um menor número de pulsos como pode ser visto no estudo de Luddecke & Sánchez (2002) com a espécie *Dendropsophus labialis* ao longo de um gradiente altitudinal.

Outros fatores como, por exemplo, o tamanho corpóreo também influenciam alguns dos parâmetros dos cantos de anúncio dos anuros (Ryan, 1988). Em relação a esse atributo, a explicação mais aceita está relacionada com o mecanismo de produção desses sinais, ou mais especificamente com a massa das cordas vocais dos machos cantores (Gans, 1973; Ryan, 1988; Gans & De Guedre, 1992). Cordas vocais com grande massa produzem cantos com frequências baixas, definindo uma relação negativa entre esse atributo e as frequências dos cantos (Martin, 1972; Ryan, 1988; Toledo & Haddad, 2005; Bastos *et al.*, 2011). Portanto, indivíduos com grande tamanho corpóreo, consequentemente, com cordas vocais com grande massa produzem cantos com frequências de menores valores. Mudanças na altitude geram gradientes que podem influenciar diversos aspectos da história de vida dos anuros (Liu *et al.*, 2012) entre eles o tamanho corpóreo e, consequentemente, as variações encontradas ao longo desses gradientes refletem-se nos cantos.

Dada a importância desse atributo para o grupo, o objetivo do presente trabalho é analisar cinco parâmetros dos cantos de anúncio de machos de três espécies de anuros hilídeos *Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* e *Scinax hayii* de populações pertencentes a diferentes estratos altitudinais na Serra do Mar, e com os dados obtidos dessas análises checar a possível existência de variações nessas características entre as populações que estructurem padrões.

Nós testaremos as seguintes hipóteses:

- i) As Frequências máxima, mínima e dominante são menores nos cantos provenientes de machos de áreas elevadas como consequência do maior tamanho corpóreo dos espécimes dessas populações.

Maiores indivíduos apresentam cordas vocais mais robustas que por sua vez geram sons com frequências menores.

- ii) Os cantos dos machos de populações de áreas elevadas são mais duradouros do àqueles de machos de áreas baixas.

Em ambientes com altas temperaturas machos produzem vocalizações curtas; como em áreas elevadas a temperatura do ar circundante é menor esperamos que a duração dos cantos ali produzidos seja maior. Além disso, a relação positiva entre o tamanho do corpo e a capacidade (volume) dos pulmões pode ser responsável por esse padrão. Uma maior capacidade pulmonar possibilita um maior tempo de expiração o que produz cantos maiores.

- iii)** Cantos de machos das populações de áreas baixas apresentam um nº maior de pulsos por nota do que os cantos dos machos das áreas mais altas.

Esse aumento no número de pulsos funcionaria como um ajuste na estrutura dos cantos que contrabalancearia o efeito da intensa degradação sofrida por eles em ambientes de áreas mais baixas, tanto pela reverberação na densa vegetação, como pela interferência dos barulhos do ambiente.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo e Espécies estudadas

Este estudo foi realizado em quatro localidades na Serra do Mar do Estado de São Paulo (ver detalhes na página 10 – Capítulo 1): Instituto Agronômico de Campinas – IAC (município de Ubatuba, altitude 60m); 2) Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Picinguaba (município de Ubatuba, altitude 8m); 3) Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo, Santa Virgínia (município de São Luís do Paraitinga, altitude 907m); e Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Cunha (município de Cunha, altitude 1063m) (Tabela 1 e Figura 1).

Nós analisamos cantos de anúncio de três espécies de anuros da família Hylidae com ampla distribuição no gradiente altitudinal e muito abundantes na Mata Atlântica: *Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* e *Scinax hayii*.

Dendropsophus minutus apresenta cantos mais complexos do que a maioria dos anuros (Bokermann, 1967; Cardoso & Haddad, 1984; Cardoso, 1986, Haddad, 1987). Os cantos de *D. minutus* podem ser simples, constituídos apenas por uma nota do tipo A (tipo de canto mais comum), ou cantos compostos, formados por três tipos de notas (A B e C) (Morais et al., 2012). Combinações das notas refletem diferentes funções dos cantos (Cardoso e Haddad, 1984; Moraes et al., 2012).

O canto de anúncio de *H. faber* é simples constituído apenas por uma nota. O canto é estereotipado, multipulsionado, de alta intensidade e com taxa de repetição variável (107 a 124 cantos/minuto) (Martins & Haddad, 1988). Além do canto de anuncio os machos de *H. faber* emitem cantos territoriais e de agonia (Martins & Haddad, 1988). O canto de anúncio de *S. hayii* apresenta notas multipulsionado com duração e frequência variáveis (Pombal Jr., Bastos & Haddad, 1995). A frequência varia entre 1 a 6 kHz e a duração de cada canto varia entre 0,2 e 0,3s (Pombal Jr., Bastos & Haddad, 1995).

Tabela 1: Localidades onde foram registrados os cantos de anuncio das três espécies de hílideos (*Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* e *Scinax hayii*).

LOCALIDADE	COORDENADAS	ALTITUDE(m)
Instituto Agronômico de Campinas	23° 23'35.00''S/45° 04'25.00''O	60
LOCALIDADE	COORDENADAS	ALTITUDE(m)

Picinguaba	23° 21' 52.34''S/44°49' 36.92''O	08
Santa Virgínia	23° 21'07.49''S/45° 08'01.14''O	907
Cunha	23° 14'07.92''S/45° 01'16.07''O	1063

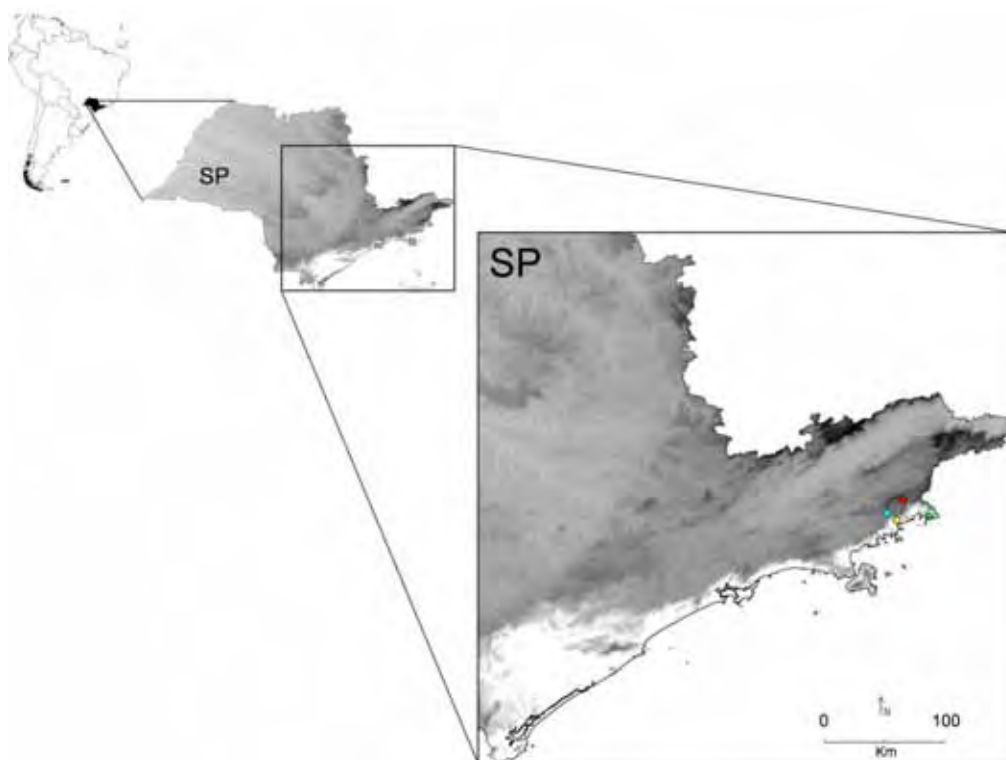


Figura 1: Áreas onde as vocalizações de *Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* e *Scinax hayii* foram registradas. (Ponto vermelho = Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) - núcleo Cunha; Ponto azul = PESM - núcleo Santa Virgínia; Ponto amarelo = Instituto Agrônômico de Campinas - IAC, e Ponto verde = PESM - núcleo Picinguaba).

Coleta de Dados

Nós usamos 10 cantos de anúncio (canto simples composto pela nota “A”) de *D. minutus* gravados em três localidades na Serra do Mar (Picinguaba, Santa Virgínia e Cunha), três cantos de anúncio de *H. faber* provenientes de duas localidades (Picinguaba e Santa Virgínia) e cinco cantos de *S. hayii* de três localidades (Picinguaba, Instituto Agrônômico de Campinas e Santa Virgínia) (Tabela 2, Apêndice 1). Nós medimos os parâmetros acústicos de 65 notas “A” de *D. minutus*, 29 notas de *H. faber* e 37 notas de *S. hayii* (Tabela 3).

Tabela 2: Número de cantos de anúncio das três espécies de (*Dendropsophus minutus*, *Scinax hayii* e *Hypsiboas faber*) em cada localidade. T = temperatura do ar em °C.

LOCALIDADE	<i>Dendropsophus minutus</i>		<i>Hypsiboas faber</i>		<i>Scinax hayii</i>	
	Cantos	T (°C)	Cantos	T (°C)	Cantos	T (°C)
Picinguaba	1	24.1	1	18.6	1	18.6
Santa Virgínia	5	17.9	2	17.5	3	23.5
Cunha	4	16.0	0	-	0	-
IAC	0	-	0	-	1	17.0

Tabela 3: Número de cantos e notas das três espécies de hilídeos (*Dendropsophus minutus*, *Hypsiboas faber* e *Scinax hayii*) por localidade.

LOCALIDADE	<i>Dendropsophus minutus</i>		<i>Hypsiboas faber</i>		<i>Scinax hayii</i>	
	Cantos	Notas	Cantos	Notas	Cantos	Notas
Picinguaba	1	3	1	10	1	10
Santa Virgínia	5	30	2	19	3	17
Cunha	4	32	0	0	0	0
IAC	0	0	0	0	1	10
TOTAL	10	65	3	29	5	37

Todos os cantos de anúncio analisado da espécie *Dendropsophus minutus* foram obtidos com as expedições ao campo. Os cantos das outras duas espécies foram obtidos com triagem de gravações depositadas na coleção acústica “Célio Fernando Baptista Haddad” (**CFBHsonora**) do Laboratório de Herpetologia, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências - IB, Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus de Rio Claro, SP. Os registros em campo foram realizados entre outubro de 2011 e março de 2012 nos seguintes locais: Parque Estadual da Serra do Mar – PESM: Núcleos Picinguaba, Santa Virgínia e Cunha.

Para registrar os cantos de anúncio em campo usamos gravador digital Marantz® Digital PMD 660 e microfone direcional Sennheiser® ME66. O canto de anúncio de cada indivíduo foi gravado por dois minutos, e posteriormente os machos foram coletados como testemunho. A temperatura do ar foi tomada, com termômetro de mercúrio INCOTERM® L-310/05 no momento da gravação. Os exemplares coletados em campo (licença ICMBIO nº 30176-1 e Cotec/IF nº 260108 – 009.395/2011) foram depositados na coleção “Célio Fernando Baptista Haddad” (CFBH) do Laboratório de Herpetologia, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociência – IB, Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus de Rio Claro, SP.

As vocalizações foram editadas (remoção de ruídos e cantos de outras espécies gravados acidentalmente) nas frequências de amostragem de 22 kHz e 16 “bits” de resolução (.wav files). Sonogramas e oscilogramas das gravações foram gerados com o programa RAVEN® 1.3 (Cornell Laboratory of Ornithology). Medimos cinco parâmetros acústicos: 1) duração da nota (s), 2) número de pulsos por nota, 3) frequência mínima (Hz), 4) frequência máxima (Hz) e 5) frequência dominante (Hz) (Figura 2).

Os termos vocalização, canto e nota usados são definidos segundo Cardoso & Haddad (1984):

Vocalização - qualquer tipo de emissão sonora produzida pelo aparelho vocal do animal. Os cantos e notas são categorias de vocalizações.

Canto - emissão sonora formada por uma ou mais notas estereotipadas. Quando formado por uma nota é chamado de canto simples, quando formado por duas ou mais notas é chamado de canto composto.

Nota - são emissões sonoras que compõem o canto e que são caracterizadas por representarem unidades temporais discretas.

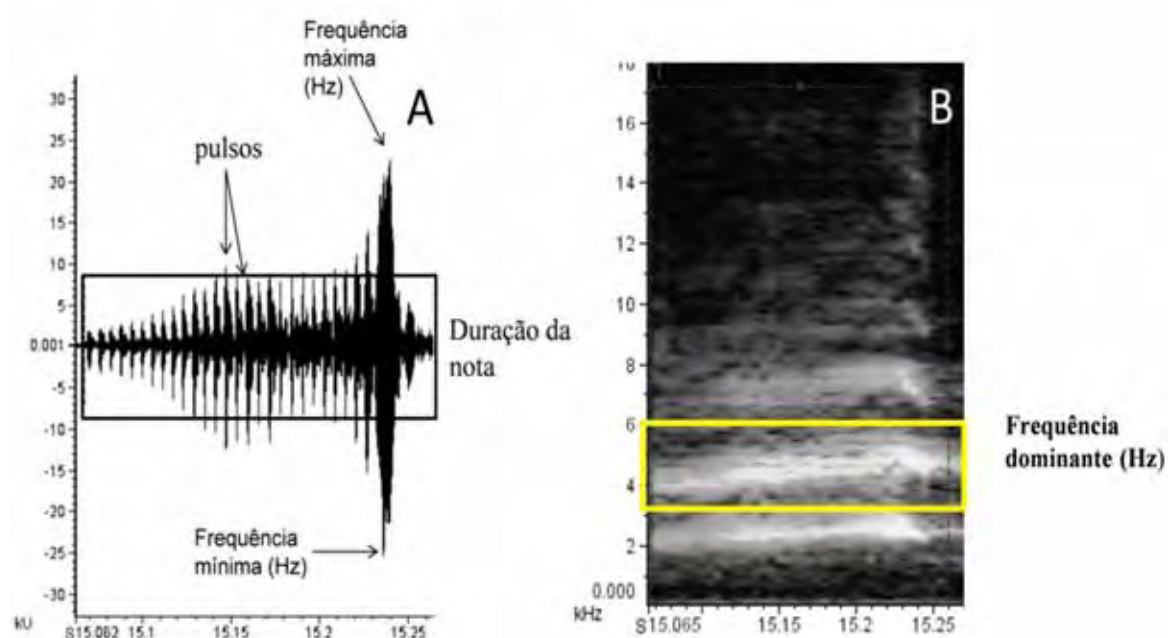


Figura 2: Modelo dos cinco parâmetros acústicos das notas dos cantos de anúncio das três espécies de hilídeos. A = oscilograma, B = sonograma.

Análises Estatísticas

Para a verificarmos a homogeneidade das variâncias e normalidade, nós usamos o “teste de Levene” (Levene, 1960) e análise visual de gráficos de dispersão respectivamente. Nos cantos de *D. minutus*, os parâmetros frequência dominante e número de pulsos por nota apresentaram variâncias heterogêneas e seus valores foram transformados logaritmicamente antes das análises posteriores. O teste de Levene para *S. hayii* identificou três dos cinco parâmetros, frequência máxima, dominante e duração da nota, com variâncias heterogêneas, esses parâmetros tiveram, também, seus valores logaritmicamente transformados antes das análises posteriores. Todos os cinco parâmetros analisados para os cantos de *H. faber* tiveram valores com variâncias homogêneas e, portanto, não foi necessária a realização de transformações. Todos os parâmetros dos cantos das três espécies foram normalmente distribuídos.

Alguns parâmetros do canto variam com o tamanho corpóreo do macho e a temperatura do ar (Ryan, 1988). Desta forma, o comprimento rostro cloacal (CRC) do macho emissor e a temperatura do ar foram considerados covariáveis na Análise de Covariância (ANCOVA) para comparação dos parâmetros entre as populações.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa STATISTICA 7.0 (Statsoft, 2004).

RESULTADOS e DISCUSSÃO

Dos cinco parâmetros acústicos analisados dos cantos de anúncio da espécie *Dendropsophus minutus*, quatro: frequência mínima ($F(2,60) = 7,34$; $p\text{-valor} = 0,0014$), frequência dominante ($F(2,60) = 14,73$; $p\text{-valor} = 0,0001$), duração da nota ($F(2,60) = 25,11$; $p\text{-valor} = 0,0001$) e n° de pulsos ($F(2,60) = 3,67$; $p\text{-valor} = 0,03$) aumentaram em conforme o aumento da altitude, caracterizando um padrão de variação (Figura 3).

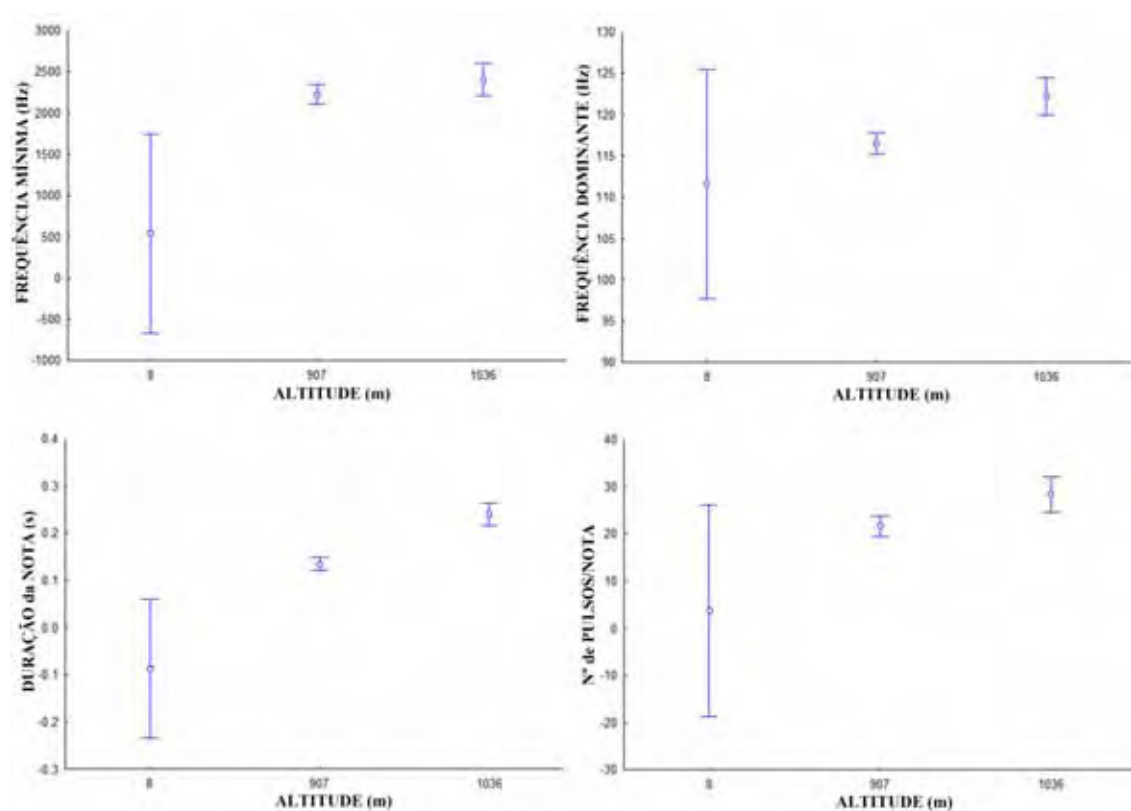


Figura 3: Parâmetros acústicos dos cantos de *Dendropsophus minutus* com padrão positivo de variação com a altitude.

A frequência máxima diminuiu conforme o aumento em elevação ($F(2,60) = 7,72$; $p\text{-valor} = 0,001$) caracterizando um padrão inverso daquele encontrado para os outros parâmetros (Figura 4).

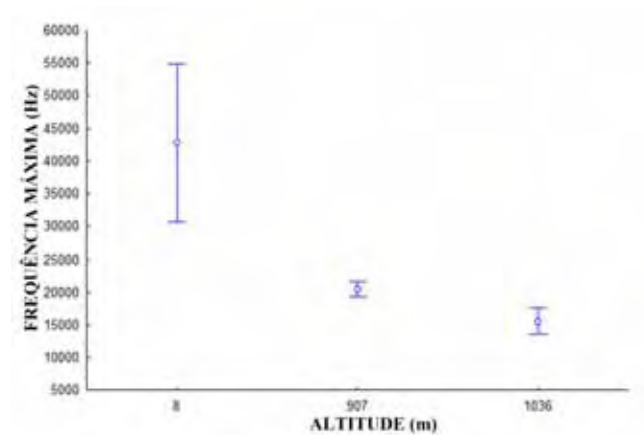


Figura 4: Parâmetro acústico dos cantos de *Dendropsophus minutus* com um padrão negativo de variação com a altitude.

Para *Hypsiboas faber* nenhuma das frequências amostradas, nem a duração das notas e nem o número de pulsos apresentaram diferenças significantes em suas médias que estruturassem algum tipo de padrão variante entre as duas localidades (Figura 5).

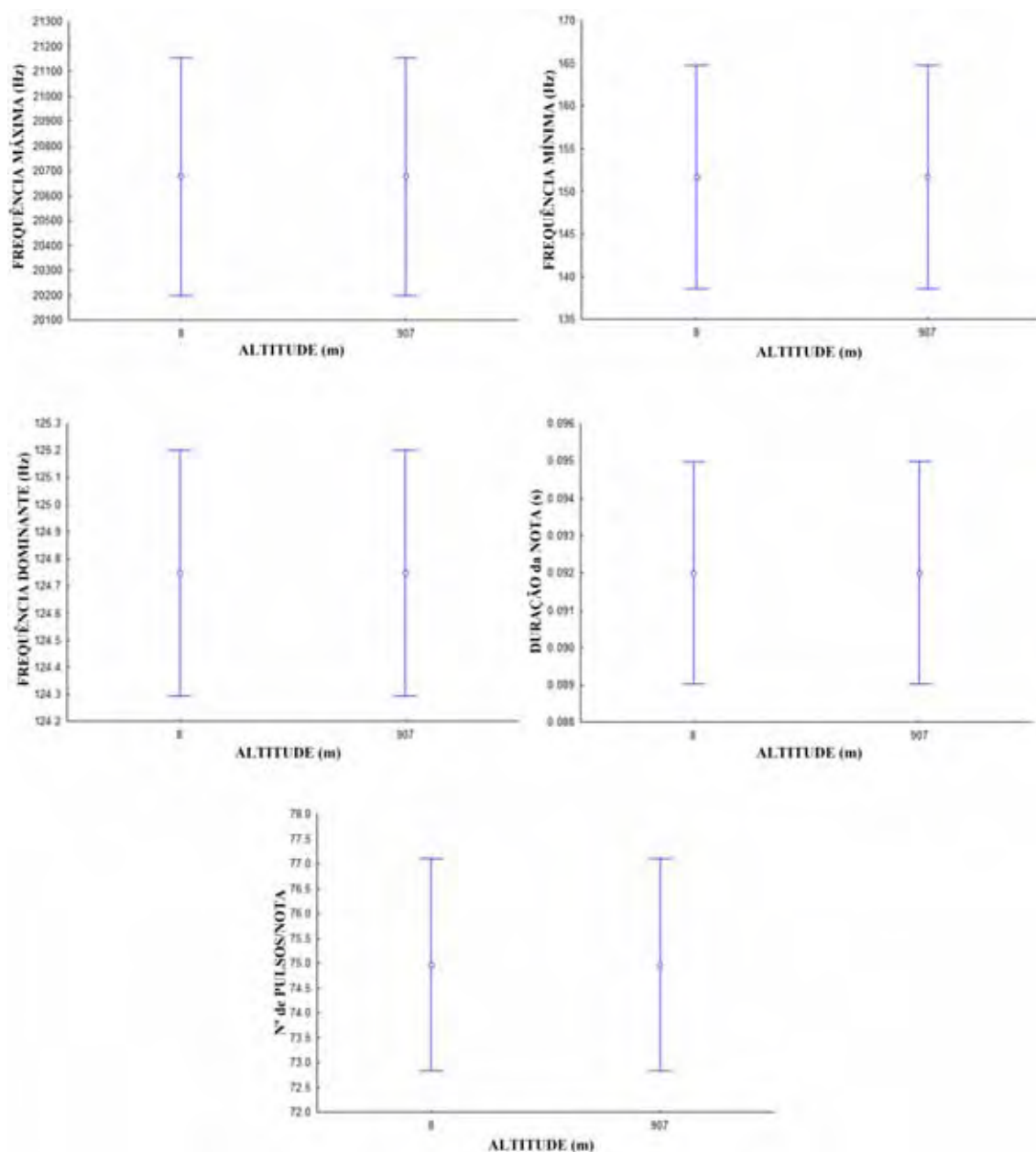


Figura 5: Parâmetros do canto de anúncio da espécie *Hypsiboas faber*.

Para *Scinax hayii*, todas as frequências dos cantos: máxima ($F(1,33) = 448,13$; $p\text{-valor} = 0,0001$), mínima ($F(1,33) = 6,41$; $p\text{-valor} = 0,016$) e dominante ($F(1,33) = 474,35$; $p\text{-valor} = 0,0001$) diminuíram com o aumento da altitude (Figura 6). Ou seja, os cantos provenientes de grandes elevações apresentam frequências menores quando comparados com os mesmos parâmetros dos cantos de espécimes de áreas com menores altitudes.

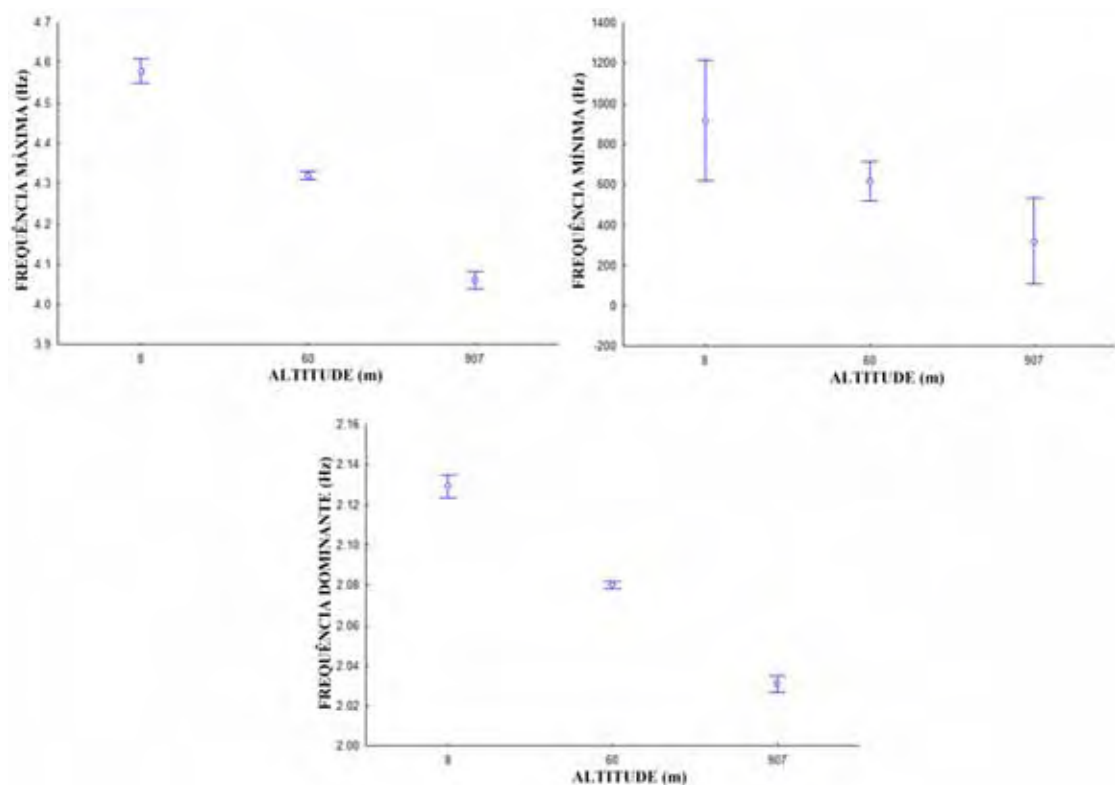


Figura 6: Parâmetros dos cantos de *Scinax hayii* com padrões negativos de variação com a altitude.

Os dois parâmetros restantes, duração da nota ($F(1,33)= 38,38$; $p\text{-valor}= 0.0001$) e nº de pulsos por nota ($F(1,33)= 39.42$; $p\text{-valor}= 0.0001$), apresentaram um padrão caracterizado por um aumento conforme o aumento da altitude (Figura 7). Logo, os cantos de indivíduos dessa espécie pertencentes a áreas de topo apresentam cantos com notas com mais pulsos e mais duradouras do àqueles cantos de indivíduos de regiões mais baixas.

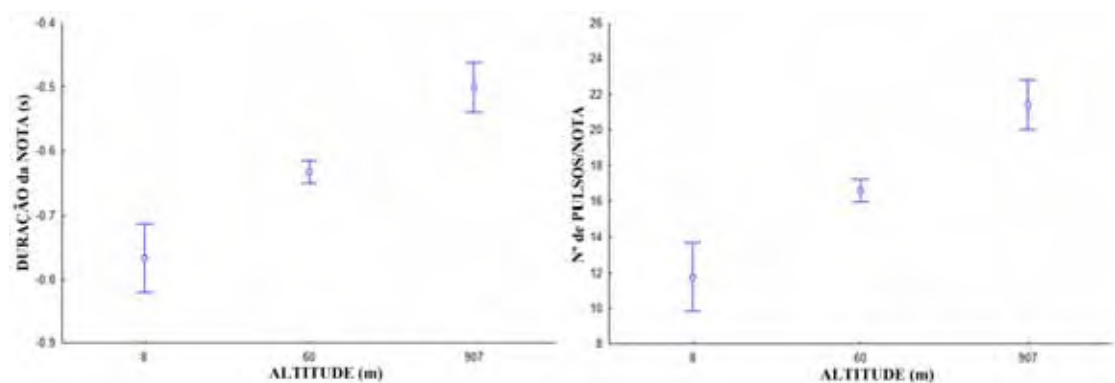


Figura 7: Parâmetros dos cantos de *Scinax hayii* com padrões positivos de variação com a altitude.

Uma possível explicação para o surgimento de padrões variantes entre os parâmetros do canto de anúncio e a altitude baseia-se no princípio da atenuação sonora (Narins & Smith, 1986). Altas frequências são atenuadas (diminuem em intensidade) em áreas com uma densa estrutura vegetativa devido às reflexões que as ondas sonoras sofrem nas superfícies das folhas (Wiley & Richards, 1978). Logo, em regiões com uma densa cobertura vegetal os machos cantores, geralmente, produzem cantos com frequências menores como resposta ao problema da atenuação. Em gradientes altitudinais a estrutura da vegetação apresenta variações marcantes. Em montanhas com variações de altitude muito amplas (0 a mais de 2000m), por exemplo, nas altas elevações a vegetação é muito mais simples, com um número menor de estratos (e.g. campos de altitude) do que a vegetação das áreas mais baixas. Portanto, as variações padronizadas nas frequências dos cantos de anúncio de acordo com a mudança na altitude podem refletir a complexidade dos diferentes estratos da vegetação. No entanto, não descartamos a necessidade de um estudo mais detalhado dos ambientes, com medidas específicas da estrutura da vegetação onde as gravações foram realizadas bem como ter um número maior de registros de cantos em cada localidade, para testar a hipótese de “atenuação do som em áreas com vegetação estruturalmente complexas”.

Além disso, variações geográficas nos parâmetros de canto (frequências em especial) podem ser decorrentes da coexistência com outras espécies (Littlejohn, 1959; Wells, 1977), com as diferenças surgindo para minimizar a sobreposição acústica. Em *Eleutherodactylus coqui*, por exemplo, o padrão clinal encontrado nas frequências do seu canto de anúncio pode ser resultado desse tipo de seleção para evitar tal sobreposição (Narins & Smith, 1986). Entretanto, não fizemos um estudo das comunidades de anuros em cada ambiente, para identificar a sobreposição no turno de vocalização, o que nos impede de endereçar a essa hipótese a responsabilidade pelo surgimento destes padrões.

Em relação aos parâmetros temporais (duração da nota e número de pulsos por nota), o aumento pode estar relacionado com a diminuição da densidade populacional nestas áreas. Geralmente, a duração do canto (ou o número de pulsos por nota) dos machos pode aumentar quando não há a interferência causada pelo canto de outros machos (Narins & Smith, 1986). Para muitas espécies a densidade das populações é menor em localidades de altas altitudes do que nas de baixa (Narins & Smith, 1986).

Aparentemente a densidade de machos de *D. minutus* e *Scinax hayii*, é menor em áreas de altas altitudes (observação pessoal) o que dá suporte a hipótese acima colocada como causadora das tendências aqui observadas. No entanto, desenhos experimentais específicos que determinem a real densidade dos hilídeos não foram realizados e são fundamentais para testar esta hipótese.

O estudo aqui apresentado se encaixa na definição de um estudo piloto e é ainda inconclusivo, principalmente devido ao baixo número de gravações de cantos por localidade e também pelo baixo número de localidades ao longo do gradiente. Para resultados mais robustos torna-se necessário um estudo mais profundo com essas espécies; aumentando o número de cantos por localidade, assim como o número de localidades ao longo do gradiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTOS, R. P.; Alcantara, M. B.; Morais, A. R.; Lingnau, R. & Signorelli, L. Vocal behavior and conspecific call response in *Scinax centralis* (Anura: Hylidae). **Herpetological Journal**. v. 21, p. 43-50. 2011.
- BLAIR, W. F. Mating call in the speciation of anuran amphibians. **American Naturalist**. v. 92, p. 27-51. 1958.
- BLAIR, W. F. Evidence from hybridization. In. W. F. Blair (Ed.). **Evolution of Genus Bufo**. Austin: University of Texas Press. p. 196-232. 1972.
- BOKERMANN, W. C. A. Notas sobre cantos nupciais de anfíbios brasileiros (Anura). **Academia Brasileira de Ciências**. v. 39, p. 491-493. 1967.
- BOGERT, C. M. The influence of sound on the behavior of amphibians and reptiles. In. W. E. Lanyon, W. N. Tavolga (Ed.). **Animal sounds and communication**. American Institute of Biology Science, Washington, DC. p. 137-320. 1960.
- CARDOSO, A. J. & Haddad, C. F. B. Variabilidade acústica em diferentes populações e interações agressivas de *Hyla minuta* (Amphibia: Anura). **Ciência & Cultura**. v. 36, p. 1393-1399. 1984.
- CARDOSO, A. J. Utilização de recursos para a reprodução em comunidades de anuros do Sudeste do Brasil. 1986. Tese (**Doutorado**) Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Campinas- SP. 1986.
- GANS, C. Sound production in the Salientia: Mechanism and evolution of the emitter. **American Zoologist**. v. 13, p. 1179-1194. 1973.
- GANS, C. & De Guelldre, G. Striated muscle: Physiology and functional morphology. In. M. E. Feder & W. W. Burggren (Ed.). **Environmental Physiology of the Amphibians**. University of Chicago Press, Chicado, IL. p. 277-313. 1992.

- GAYOU, D. C. Effects of environmental temperatures on the mating call of *Hyla versicolor*. **Copeia**. p. 733-738. 1984.
- HADDAD, C. F. B. 1987. Comportamento reprodutivo e Comunicação sonora de *Hyla minuta*, Peters, 1872 (AMPHIBIA:ANURA:HYLIDAE). 1987. 135 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Campinas- SP. 1987.
- LEVENE, H. "Robust Tests for Equality of Variances. I. Olkin (Ed.). **Contributions to Probability and Statistics**. Stanford: Stanford University Press. v. 25, p. 278-292. 1960.
- LITTLEJOHN, M. J. Long-range acoustic communication in anurans: An integrated and evolutionary approach. In. D. H. Taylor & S. I. Guttman (Ed.). **The Reproductive Biology of Amphibians**. Plenum Press, New York. p. 263-294. 1959.
- LIU, Y. H.; Zeng, Y.; Liao, W. B.; Zhou, C Q.; Mi, Z. P.; Mao, M & Chen, L. Altitudinal variation in body size in the rice frog (*Rana limnocharis*) in southwestern China. **Acta Herpetologica**. v. 7(1), p. 57-68. 2012.
- LUDDECKE, H. & Sánchez, R. Are tropical highland frog calls co-adapted? The case of the Andean frog *Hyla labialis*. **Biotropica**. v. 34(2), p. 281-288. 2002.
- MARTIN, W. F. Evolution of vocalization in the Genus *Bufo*. In. W. F. Blair (Ed.). **Evolution of Genus Bufo**. Austin: University of Texas Press. p. 279-309. 1972.
- MARTINS, M. & Haddad, C. F. B. Vocalizations and reproductive behavior in the smith-frog, *Hyla faber* Wied (Amphibia: Hylidae). **Amphibia-Reptilia**. v. 9, p. 49-60. 1988.
- MORAIS, A. R.; Batista, V. G.; Gambale, P. G.; Signorelli, L. & Bastos, R. Acoustic communication in a Neotropical frog (*Dendropsophus minutus*): vocal repertoire,

- variability and individual discrimination. **Herpetological Journal**. v. 22, p. 249-257. 2012.
- NARINS, P. M. & Smith, S. L. Clinal variation in anuran advertisement calls: basic for acoustic isolation. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. v. 19, p. 135-141. 1986.
- NAVAS, C. A. The Effect of Temperature on the vocal activity of Tropical Anurans: A Comparison of High and Low –elevation Species. **Journal of Herpetology**. v. 30, p. 488-497. 1996.
- POMBAL Jr., J. P.; Bastos, R. P. & Haddad, C. F. B. Vocalizações de algumas espécies do gênero *Scinax* (Anura: Hylidae) do Sudeste do Brasil e comentários taxonômicos. **Naturalia**. v. 20, p. 213-225. 1995.
- RYAN, M. J. Constraints and patterns in the evolution of anurans acoustic communications. In. B. Frittsch, M. J. Ryan, w. Wilczynski, T. Hetherington & W. Walkowiak (Ed.). **The evolution of the Amphibian auditory system**. John Wiley and Sons, New York p. 455-483. 1988.
- SCHNEIDER, H. Structure of the mating calls and relationships of the European treefrogs (Anura: Hylidae). **Oecologia**. v. 14, p. 99-110. 1974.
- STATSOFT Inc. 2001. STATISTICA for Windows. Version 7 [computer program]. StatSoft Inc., Tulsa, Okla.
- TOLEDO, L. F. & Haddad, C F. B. Acoustic repertoire and calling site of *Scinax fuscomarginatus* (Anura: Hylidae). **Journal of Herpetology**. v. 39, p. 455-464. 2005.
- WELLS, K. D. The social behavior of amphibians. **Animal Behaviour**. v. 25, p. 666-693. 1977.

- WELLS, K. D. The courtship of frogs. In. D. H. Taylor & S. I. Guttman (Ed.). **The Reproductive Biology of Amphibians**. Plenum Press, New York. p. 233-262. 1977a.
- WELLS, K. D. The social behavior of anuran amphibians. **Animal Behaviour**. v. 25, p. 666-693. 1977b.
- WELLS, K. D. Territoriality in the Green Frog (*Rana clamitans*): vocalizations and agonistic behavior. **Animal Behaviour**. v. 26, p. 1051-1063. 1978.
- WHITNEY, C. L. & Krebs, J. R. Mate selection in Pacific tree frogs. **Nature**. v. 255, p. 325-326. 1975.
- WILEY, R. H. & Richards, D. G. Adaptations for acoustic communication in birds: sound transmission and signal detection. In. D. E. Kroodsma & E. H. Miller (Ed.). **Acoustic Communication in Birds**. New York, Academic Press. p. 131-181. 1982.
- ZWEIFEL, R. G. Effect of temperature on call of the frog, *Bombina variegata*. **Copeia**. p. 322-327. 1959.
- ZWEIFEL, R. G. Effect of temperature, body size, and hybridization on matting calls of toads, *B. a. americanus* and *B. woodhousei fowleri*. **Copeia**. v. 2, p. 269-285. 1968.

Apêndice 1: Material Examinado.***Dendropsophus minutus***

Cunha, Parque estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Cunha (CFBH 29620, 29621, 29622, 29623). São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Santa Virgínia (CFBH 30653, 30656, 30657, 30658, 30659). Ubatuba, Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Picinguaba (CFBH 26616).

Hypsiboas faber

São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Santa Virgínia (CFBH 7723, 7724). Ubatuba, Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Picinguaba (CFBH 5566).

Scinax hayii

São Luís do Paraitinga, Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Santa Virgínia (CFBH 16085, 16086, 16087). Ubatuba, Instituto Agronômico de Campinas – IAC (CFBH 1684). Ubatuba, Parque Estadual da Serra do Mar – PESM núcleo Picinguaba (CFBH 2184).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os hilídeos da Serra do Mar não apresentam um padrão comum com relação à regra de Bergman. *Dendropsophus minutus* apresentou uma diminuição do comprimento rostro-cloacal (CRC) à medida que a altitude aumenta, enquanto *S. hayii* apresentou um padrão oposto, com aumento do corpo quando há um aumento da altitude. Já para *Hypsiboas faber*, o CRC foi semelhante em diferentes altitudes. Estas diferenças podem estar relacionadas com os diferentes modos reprodutivos ou com as marcantes diferenças no porte das espécies. Diferentes pressões seletivas podem agir em cada uma das espécies, o que pode resultar em diferentes padrões de variação, como os que aqui foram observados.

Quanto ao canto de anúncio, padrões diferentes de variação também foram encontrados para as três das espécies. Para os cantos de *Dendropsophus minutus*, apenas a frequência máxima diminuiu com o aumento da altitude, enquanto as frequências mínima e dominante e duração da nota e número de pulsos por nota aumentaram com o aumento em altitude. Para *Scinax hayii*, as frequências de seus cantos diminuíram enquanto que duração da nota e número de pulsos aumentaram com a altitude. Os cantos de *H. faber* foram semelhantes em diferentes altitudes. Assim como a variação do tamanho corpóreo foi diferente entre as três espécies, é importante estudar outras espécies filogeneticamente próximas, para entender se os padrões encontrados são recorrentes. Fatores ecológicos como a densidade de machos no coro e a estrutura da vegetação podem influenciar nos parâmetros do canto. Assim em outros estudos é importante controlar estes fatores para averiguar se os padrões encontrados são mesmo determinantes dos parâmetros do canto.

Este estudo é o primeiro a mostrar os padrões relacionados ao tamanho corpóreo e canto de anúncio em um gradiente altitudinal para os anfíbios da Serra do Mar. Outras famílias de anuros devem ser investigadas sobre esta temática. Os mecanismos determinantes de padrões tão diversificados também devem ser estudados