Mariana Zanotti Tavares de Oliveira

Escolha de micro-habitat termal por
Rhinella ornata (Spix, 1824)
(Anura: Bufonidae)

Thermal microhabitat seletion of
Rhinella ornata (Spix, 1824)
(Anura: Bufonidae)

São Paulo

2018

Mariana Zanotti Tavares de Oliveira

Escolha de micro-habitat termal por
***Rhinella ornata* (Spix, 1824)**
(Anura: Bufonidae)

Thermal microhabitat seletion of
Rhinella ornata (Spix, 1824)
(Anura: Bufonidae)

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade de São Paulo,
para a obtenção de Título de Mestre em
Ciências, na Área de Fisiologia Geral.

São Paulo
2018

Zanotti Tavares de Oliveira, Mariana
Escolha de micro-habitat termal por
Rhinella ornata (Spix, 1824) (Anura:
Bufonidae)

Número de páginas 84 folhas

Dissertação (Mestrado) - Instituto de
Biociências da Universidade de São Paulo.
Departamento de Fisiologia.

Palavra-Chave: 1. Anfíbios 2.
Biologia termal 3. Termorregulação
I. Universidade de São Paulo. Instituto de
Biociências. Departamento de Fisiologia.

Comissão Julgadora:

Prof(a). Dr(a).

Prof(a). Dr(a).

Prof. Dr. Carlos Arturo Navas Iannini
Orientador

Dedicatória

À minha família

Epígrafe

“Existe uma grandeza nessa visão de mundo, com seus vários poderes, tendo sido originalmente insuflados em poucas formas, ou em apenas uma; enquanto este planeta continuou girando segundo as leis da gravidade, desde o mais simples começo, infindáveis formas, as mais belas e mais maravilhosas, evolveram ou estão evoluindo.”

Charles Darwin, em A origem das espécies, 1859.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo mérito de ter chegado até o fim com garra, motivação e inspiração. O caminho foi longo, com muitas pedras, mas no fim, tudo deu certo.

Ao meu orientador Carlos, por toda a ajuda profissional, apoio financeiro e confiança. Sou grata também pela compreensão, carinho e amizade. Pelo desafio e pelo exemplo de cientista e professor. Por me ensinar o valor do bom senso na ciência.

Ao meu coorientador Fernando, por cada sugestão, correção e crítica.

À minha família, cujo amor e dedicação me inspiram e me dão força constantemente. Ao Miguel por me mostrar tanto em tão pouco tempo, por revirar a minha vida e me reinventar em tantos papéis, inclusive no de ser cientista. Ao Juan, me faltam palavras. O companheirismo refletido em cada gesto, desde que a gente se conheceu, foi essencial. Obrigada pelo incentivo, motivação e crescimento. Por me conhecer tão bem e com um olhar único, saber mais de mim do que eu mesma. Obrigada por isso também. E obrigada por me fazer acreditar no meu potencial sempre.

Ao meu pai, que de todas as maneiras possíveis, me incentivou e acreditou em mim. Que nunca abriu mão da minha felicidade, dos meus desejos e dos meus sonhos. E por isso esta dissertação é também dedicada

inteiramente a ele, que sem sua ajuda, esse trabalho jamais teria sido realizado.

À minha mãe, pessoa doce, que me ensinou as coisas que eu nunca aprenderia na melhor das universidades. Por me mostrar que ideais e sonhos são importantes, mas que é necessário correr atrás para realizá-los. Pelo seu amor incondicional, pelo desequilíbrio que me fortificou ao longo dos anos, pelo exemplo de mãe e profissional.

À minha madrinha Carola.

À Tia Solange e Tia Sonia.

À minha família do #Apê72 de São Paulo. O caminho sem vocês teria menos cor e diversão. Às minhas amigas de Vitória, que mesmo sem entender até hoje o que eu faço, sempre estão na torcida, e por me mostrarem que a distância e o tempo não afetam verdadeiras amizades. À Nathalia que está na minha vida desde sempre, e eu agradeço. Aos amigos da UFES por sempre me receberem com cerveja gelada nas poucas, mas intensas, idas à Vitória. À Betinha por participar de cada etapa da minha vida desde que a gente se conheceu. Agradeço não só a amizade, mas o companheirismo profissional com as correções e as críticas.

Aos professores das disciplinas que cursei ao longo do mestrado, que foram essenciais para o meu crescimento, tornando este trabalho mais rico.

São eles: Ana Maria Castrucci, Gisele, Marcio, Glauco, Hamilton, Miguel Trefaut e Taran Grant. Ao Hamilton, Regina, Beatriz e Lucile que ministraram a disciplina Fisiologia para o Ensino Médio, na qual eu fui monitora PAE: aprendi e cresci muito em cada aula. Muito obrigada!

Ao Taran pelas palavras de incentivo, pelos devaneios sobre ser cientista e pelo exemplo de pesquisador.

Aos queridos colegas do Laboratório de Ecofisiologia e Fisiologia Evolutiva - LEFE, pela companhia e discussões científicas do dia a dia. À Eleonora por me receber de braços abertos no LEFE, por me ensinar tanto e por sempre me apoiar e torcer por mim.

Aos colegas do Departamento de Fisiologia pelos momentos compartilhados entre discussões sobre o papel do pós-graduando e idas ao Centro Acadêmico.

A todos os colegas da disciplina de Herpetologia que me ajudaram nas coletas na Estação Biológica de Boracéia.

À Roseli, Catherine e Erika, funcionárias formidáveis e extremamente pacientes. Aos funcionários da manutenção do Instituto de Biociências USP, por sempre me socorrerem. Ao Claudio do Escritório de Apoio ao Pesquisador do IB. Aos funcionários da segurança.

Apoio financeiro imprescindível foi concedido pela CAPES através de bolsa desde 2015 a 2017 (2007/52136-2). Despesas de bancada e de campo foram financiadas pela FAPESP. Viagens ao exterior para cursos e congressos foram financiados pelo PROAP.

Índice

Capítulo 1. Escolha de micro-habitat termal por *Rhinella ornata*

Resumo	11
<i>Abstract</i>	13
1.1. Introdução	
1.1.1. Ecofisiologia Comportamental	15
1.1.2. Fisiologia e Evolução	18
1.1.3. Mata Atlântica e a perda de micro-habitats no contexto da conservação dos anfíbios	20
1.1.4. Termorregulação e Anfíbios	24
1.2. Materiais e Métodos	
1.2.1. Breve histórico natural de <i>Rhinella ornata</i> (Spix, 1824)	31
1.2.2. Área de coleta	34
1.2.3. Desenvolvimento experimental	36
1.2.4. Análises de dados	42
1.3. Resultados	
1.3.1. O labirinto como um complexo gradiente termal	44
1.3.2. Registros de eventos de presença de <i>Rhinella ornata</i> nos distintos pontos do labirinto termal	45

1.3.3. Escolha de micro-habitat termal dependente e independente do labirinto termal	45
1.3.4. Exploração dos micro-habitats termais durante o dia ou à noite no labirinto termal	46
1.3.5. Preferência termal frente às distintas condições termais	47
1.3.6 Mudança no comportamento termorregulatório de <i>Rhinella ornata</i> ao longo do experimento	48
1.4. Discussão	52
Conclusões	57
Referências Bibliográficas	58
Biografia	77

Resumo

A escolha de micro-habitats termais é um processo altamente importante nas linhagens de animais ectotérmicos, que exibem termorregulação. Nas famílias destes animais estão englobadas algumas espécies de anfíbios pequenos, que pelo seu pequeno tamanho, apresentam limitada capacidade de manter temperaturas corporais endógenas independentes do meio ambiente. A regulação da temperatura corporal, nesse sentido, pode exigir comportamentos ativos de escolha de micro-habitats termais incluindo a exploração da paisagem termal, a detecção das temperaturas microambientais (em diferentes localidades), a definição de preferências termais, além de aprendizado e memória de onde estão os locais selecionados para termorregular. Nesta ordem de ideias, o objetivo central da presente dissertação de mestrado foi o de definir o comportamento de escolha de micro-habitat termal por parte do anuro *Rhinella ornata*, dentro de uma paisagem termal artificial complexa, testando as seguintes hipóteses:

- (1) Se há preferência termal em um ambiente termal complexo não linear;
- (2) Havendo preferências, se essas são efetivadas mesmo quando é necessário se expor à condições distantes da preferencial;

(3) Quando se explora um ambiente termal mais complexo do que os típicos gradientes lineares, os animais voluntariamente se expõem a temperaturas distantes das chamadas “preferenciais”.

Para testar as hipóteses foi desenhada uma passagem termal artificial de quatro BODs com temperaturas fixas ($4.1 \pm 1^\circ\text{C}$, $11.1 \pm 1^\circ\text{C}$, $15.7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $24.7 \pm 1^\circ\text{C}$), interconectadas por uma arena central. Catorze indivíduos de *R. ornata* (um por vez, realizando três repetições por indivíduo) foram colocados na areia central e foi filmado todo o comportamento de escolha de micro-habitat durante 72 horas, analisando posteriormente a presença dos indivíduos nas diferentes BODs ao longo dos experimentos. Neste experimento foi encontrado que dentro de uma paisagem termal complexa, quando forem ofertadas as quatro temperaturas fixas, *R. ornata* apresenta uma preferência termal por locais com temperaturas intermédias ($15.7 \pm 1^\circ\text{C}$ e $11.1 \pm 1^\circ\text{C}$), sendo que esta preferência foi definida em menos de 12 horas, mas não limita a exploração continua dos outros locais termais. O presente estudo apoia a ideia de que *R. ornata* “aprende” a definir os refúgios termais em menos de 12 horas quando chega em um local novo, e o uso de substratos termais preferidos vai aumentando, mesmo que exista um contínuo forrageio termal do ecossistema.

Abstract

The choice of thermal microhabitats is a highly important process for ectothermic animal which exhibit thermoregulation. Within this group of animals are comprised several species of small amphibians, which limited capacity to maintain endogenous body temperatures independent of the environment. The regulation of body temperature, in this sense, may require active behaviors related with choice of thermal microhabitats, what it includes the exploration of the thermal landscape, the detection of micro-environmental temperatures (in different locations), the definition of thermal preferences, as well as learning and memory of where the selected thermoregulate sites are located. The main goal of this thesis was define the behavior of the choice of thermal microhabitat by the anuran *Rhinella ornata* within an artificial complex thermal landscape, testing the following hypotheses:

(1) If there is thermal preference in a complex non-linear thermal environment;

(2) If there are preferences, if these are effective even when it is necessary to expose oneself to conditions that are far from preferential;

(3) When exploring a more complex thermal environment than the typical linear gradients, the animals voluntarily expose themselves to temperatures far from the so-called "preferential" ones.

To test the hypotheses, an artificial thermal labyrinth of four BODs with fixed temperatures ($4.1 \pm 1^\circ\text{C}$, $11.1 \pm 1^\circ\text{C}$, $15.7 \pm 1^\circ\text{C}$ and $24.7 \pm 1^\circ\text{C}$) was constructed and interconnected by a central division. Fourteen individuals of *R. ornata* (one at a time, performing three replications per individual) were placed in the central division and all behaviors of choice of microhabitat was filmed for 72 hours, analyzing later the presence of the individuals in the different BODs along the experiments. In these experiments were founded that in a complex thermal landscape, when the four fixed temperatures are offered, *R. ornata* presents thermal preference for locations with intermediate temperatures ($15.7 \pm 1^\circ\text{C}$ and $11.1 \pm 1^\circ\text{C}$ respectively), and this preference was set in less than 12 hours but did not limit the continued exploration of other thermal microhabitats. The present study supports the idea that *R. ornata* "learns" to define thermal refuges in less than 12 hours when it arrives in a new location, and the use of preferred thermal substrates is increasing, even though he continues the thermal foraging of the ecosystem.

Introdução

ECOFISIOLOGIA COMPORTAMENTAL

Este projeto se encontra na convergência disciplinar entre ecologia, comportamento e fisiologia, portanto, é preciso estabelecer as relações entre estas disciplinas para contextualizar o projeto. Inicialmente temos a ecologia, que pode ser entendida como o estudo da estrutura e função da natureza (Odum, 1969), ou seja, é o estudo das relações dos organismos vivos entre si e com o ambiente. Entendem-se estas relações como de duplo sentido, o que significa que organismos afetam e são afetados uns pelos outros, assim como afetam o ambiente e são por ele afetados. Essa troca que ocorre entre os indivíduos e o meio ambiente é realizada mediante pressões seletivas, o que, em 1870, Ernest Haeckel chamou de a “economia da natureza”.

Já o estudo do Comportamento Animal é uma ponte entre os aspectos moleculares e fisiológicos da biologia e da ecologia (Snowdon, 1999). O comportamento é a ligação entre organismos e o ambiente, e entre o sistema nervoso e o ecossistema (Snowdon, 1999). A Ecologia Comportamental aplica esta visão ao comportamento animal, buscando as causas evolutivas para a existência e escopo de manifestação de cada comportamento. Assim sendo, com ela, vemos o impacto de um comportamento sobre populações,

comunidades e espécies. A Ecologia Comportamental é um tipo de abordagem que revela as bases ecológicas e evolutivas dos comportamentos, demonstrando experimentalmente a ação de um determinado ato sobre o valor adaptativo de um indivíduo (Davies, 2012).

Há muitas definições para comportamento animal. A que será usada neste projeto é aquela que define o comportamento como sendo tudo aquilo que um animal faz ou deixa de fazer (Davies, 2012). Outros elementos correlatos envolvem a *postura*, que se refere às partes do corpo de um animal, em relação a ele mesmo, e a *posição* que trata da relação entre as partes do animal e o habitat, o substrato mais próximo ou um referencial do meio (Danchin *et al.*, 2008). Já o *movimento* descreve as mudanças de postura, ou seja, das partes do corpo de um animal, em relação a ele mesmo enquanto o *deslocamento* considera as mudanças de posição do animal em relação aos substratos ambientais. O sistema é complexo, pois tais atributos do comportamento estão intimamente relacionados às respostas fisiológicas do indivíduo ao ambiente interno e externo, e, ao mesmo tempo, respondem ao impacto desse ambiente na performance fisiológica e comportamental.

Já a Ecofisiologia pode ser interpretada como o estudo de como os organismos, integralmente (e como indivíduos), funcionam e respondem fisiológica e comportamentalmente às mudanças em seus ambientes ou em seu ambiente interno, surgindo como um ramo da Fisiologia Comparativa,

que estuda a diversidade fisiológica em relação ao ambiente e suas implicações na ecologia dos organismos (Willmer *et al.*, 2005). Deste modo, o enfoque é integrativo e a interpretação da fisiologia é feita levando-se em conta aspectos evolutivos, numa conjunção de dados comportamentais, morfológicos, ecológicos e fisiológicos (Feder & Burggren, 1992). Um dos processos ecofisiológicos mais estudados é justamente o tema deste trabalho: a regulação da temperatura. Mas, os estudos incluem outros aspectos, como: respiração, osmorregulação, controle endócrino de metabolismo e reprodução, todos esses ligados à manutenção da homeostase, à resposta ao estresse, e ao desenvolvimento e à reprodução (Navas & Otani, 2007).

Pouco se sabe sobre a cadeia detalhada de eventos que ocorre em um organismo, a partir de um estímulo ecológico sobre uma população natural, e a manifestação da resposta nas características fisiológicas (Garland & Carter, 1994). Os efeitos genéticos e ambientais, durante o desenvolvimento e ontogenia do indivíduo, determinam mudanças em características bioquímicas, fisiológicas ou morfológicas (Svidersky, 2000). Atuando em conjunto, essas características determinam o desempenho do organismo como um todo. Tal desempenho define a extensão ou os limites das capacidades de um organismo, e o comportamento, por outro lado, indica como um organismo usa essa capacidade. O processo de seleção natural, por sua vez, inclui o comportamento, limitado pelo desempenho (Garland &

Carter, 1994). Por isso, as variações genótípicas ou bioquímicas são passíveis de seleção natural se elas têm efeito no desempenho ecológico, fisiológico e comportamental do organismo. Assim, a definição operacional de seleção natural como uma correlação entre *fitness* e fenótipo, nos conduz à possibilidade de que efeitos ambientais atuem diretamente no desempenho ou comportamento.

FISIOLOGIA E EVOLUÇÃO

A Fisiologia traz o conhecimento acerca dos ajustes fisiológicos, que se estendem aos morfológicos, uma vez que estrutura e função são inerentes um ao outro. A complexidade da resposta adaptativa está positivamente relacionada com o tempo que há disponível para que ela aconteça. Há adaptações que são produtos da influência do ambiente sobre o caráter durante um tempo evolutivo, ou seja, que acontecem no transcorrer do tempo de existência de várias gerações; e adaptações que ocorrem durante a vida do indivíduo, como por exemplo, eventos de aclimação e aclimatização (Hochachka & Somero, 2002). Neste contexto, o termo adaptação tem sido usado de várias maneiras na literatura e em vários contextos inter e transdisciplinares na biologia, contemplando áreas como as ciências ambientais e mudanças climáticas (Simonet, 2010). Diretamente, a presente dissertação foca na adaptação no contexto evolutivo, entendendo como

ajustes comportamentais (nos indivíduos) nos processos de escolha do micro-habitat termal, e que presumivelmente, contribuem na manutenção da homeostase térmica.

A conquista das espécies dos diversos ambientes do planeta revela a capacidade destas se adaptarem. Nesse contexto, ajustes fisiológicos e comportamentais mediante exposição à adversidades ambientais nos faz questionar sobre a exploração desses ambientes. Em relação ao fator espacial, inclui-se a exploração de uma grande diversidade de microambientes como sítios reprodutivos (Toledo *et al.*, 2003) mas também de termorregulação e forrageio. Já o fator temporal relaciona-se com as condições físicas da região. Por exemplo, para certas espécies a temporada reprodutiva está diretamente correlacionada com a temperatura do ambiente e a disponibilidade de ambientes aquáticos temporários (Bernarde & Anjos, 1999). Assim, os organismos se ajustam às condições microambientais específicas. O comportamento pode também alterar padrões fisiológicos e anatômicos, uma vez que submete o organismo à diferentes demandas e pressões. A resposta comportamental diante de um complexo microambiente pode refletir a resposta fisiológica do indivíduo àquela situação.

MATA ATLÂNTICA E A PERDA DE MICRO-HABITATS NO CONTEXTO DA CONSERVAÇÃO DOS ANFÍBIOS

Tradicionalmente, o termo Mata Atlântica tem sido usado para designar todo, ou parte, de um contínuo de formações predominantemente florestais que se estendia continuamente pela região leste da América do Sul, junto à sua costa atlântica. Tais florestas cobriam originalmente mais de 1.315.000 km² e ocupavam a maior parte da região oriental brasileira, além de áreas no leste do Paraguai e nordeste da Argentina (Galindo-Leal & Câmara, 2005). Biogeograficamente, a composição da sua biota, a presença de um número expressivo de espécies endêmicas, e, as relações históricas entre seus diferentes ecossistemas, conferem uma singularidade à Mata Atlântica (Moreira-Lima, 2014).

Fora de um contexto biogeográfico, Ab'Sáber (1977) propôs uma série de domínios morfoclimáticos para a América do Sul, baseando-se em critérios climáticos, geomorfológicos, fitogeográficos e ecológicos. Entre os domínios reconhecidos, a Mata Atlântica encontra-se quase que integralmente contemplada sob o “domínio tropical atlântico”, também chamado de “domínio dos mares de morros” (Moreira-Lima, 2014).

Em termos geográficos, físicos e climáticos, a Mata Atlântica apresenta uma grande amplitude latitudinal, longitudinal, altitudinal e climática. Estende-se de 3° de latitude sul até cerca de 30°, mantendo-se relativamente restrita ao litoral em sua porção mais setentrional e se interiorizando mais de 800km do litoral, próximo ao seu limite meridional.

Distribui-se ainda por um gradiente altitudinal que vai desde o nível do mar até cerca de 3.000 metros de altitude, atingindo o cume de algumas das cadeias de montanhas mais altas do Brasil. Por conta dessa heterogeneidade geográfica e física, a Mata Atlântica reúne desde a localidade que detém o recorde de menor temperatura do Brasil, a áreas com temperatura média anual superior a 25°C, sendo esse um grande intervalo de valores observado também nas diferenças de precipitação entre diferentes regiões.

A biota da Mata Atlântica é extremamente diversificada (Conservation International do Brasil *et al.*, 2000) e acredita-se que a região abrigue de 1 a 8% da biodiversidade mundial (Galindo-Leal & Câmara, 2005). A literatura aponta que ocorrem dentro do domínio em torno de 20.000 espécies de plantas vasculares, 850 espécies de aves, 370 espécies de anfíbios, 200 espécies de répteis, 270 espécies de mamíferos e 350 espécies de peixes (MMA, 2018).

Tão surpreendente quanto o seu quadro de megabiodiversidade, é o estado crítico de conservação em que se encontra um grande número das espécies da Mata Atlântica. Após cinco séculos da chegada dos europeus ao Brasil, a maior parte da paisagem é composta por arquipélagos de pequenos fragmentos florestais cercados por uma matriz de uso variado do solo, como pastagens, campos de agricultura e áreas urbanas (Dean, 1995; Ribeiro *et al.*, 2009). Atualmente, restam apenas 11,7% da cobertura, sendo mais de 80%

dos fragmentos com menos de 50 ha (Ribeiro *et al.*, 2009). Além disso, na Mata Atlântica estão as maiores cidades brasileiras e a maior parcela da população (IBGE, 2013).

A perda e a fragmentação do habitat estão entre as principais ameaças à conservação de espécies ao redor do mundo (Collinge, 2001; Vié *et al.*, 2009; Butchart *et al.*, 2010; Canale *et al.*, 2012; Laurance *et al.*, 2012). Pelo isolamento, pequenas populações ficam mais suscetíveis à extinção, devido à fatores estocásticos, como os demográficos, ambientais e genéticos (Shaffer, 1981; Nunney & Campbell, 1993; Caughley & Gunn, 1995; Hanski *et al.*, 1996).

Algumas espécies de anfíbios fazem parte de um dos grupos de vertebrados mais estudados sob a perspectiva do impacto da modificação ambiental sobre as populações, devido, principalmente, às características de sua biologia – como pele permeável, ovos e embriões dotados de pouca proteção contra dessecação e predação, ciclo de vida complexo, intensa filopatria, vida longa em populações relativamente estáveis e facilidade de estudo – sendo bioindicadores particularmente sensíveis da qualidade ambiental, respondendo rapidamente à perturbações antrópicas (Vitt *et al.*, 1990; Sparling *et al.*, 2000; Andreani *et al.*, 2003). Acrescentando-se os declínios populacionais observados em várias partes do mundo (Semlitsch, 2003), incluindo algumas localidades de Mata Atlântica do sudeste do Brasil

(Heyer *et al.*, 1988, 1990, Weygoldt 1989, Bertoluci & Heyer 1995, Eterovick *et al.* 2005), sendo o desmatamento com a consequente fragmentação (Duellman, 1999) e as alterações do clima as maiores ameaças à diversidade dessas espécies, tem-se uma ideia da importância e da urgência da obtenção de informações ecológicas relevantes para a conservação desse grupo de vertebrados e das matas (Narvaes *et al.*, 2009).

Anfíbios dependem frequentemente de tipos de habitat diferentes e geograficamente disjuntos para completar seu ciclo de vida. Sendo assim, a fragmentação pode causar uma separação entre estes dois habitats críticos para a reprodução, um fenômeno que foi chamado de divisão de habitat (Becker *et al.*, 2007). A divisão de habitat tem um efeito maior em espécies de anfíbios com desenvolvimento de larvas aquáticas e pode exacerbar significativamente os efeitos negativos da fragmentação. *Rhinella ornata* (modelo biológico do presente trabalho) por exemplo, precisa de corpo de água para se reproduzir, portanto, é particularmente suscetível à fragmentação que isola a criação de áreas úmidas de florestas de planalto que são os habitats preferidos de adultos (Baldissera Jr., 2010). Mesmo as espécies com capacidade de dispersão relativamente alta e alta tolerância a ambientes perturbados podem, ao longo do tempo, sofrer os efeitos genéticos negativos da fragmentação (Andersen *et al.*, 2004; Peakall & Lindenmayer, 2006).

Segundo Moraes *et al.*, (2007) três fatores não mutuamente exclusivos e associados à alteração da cobertura vegetal original de Mata Atlântica podem ser responsáveis pelos diferentes padrões de composição e diversidade de espécies de anuros: a capacidade das populações de algumas espécies em colonizar o ambiente de área alterada, originado por ação antrópica; tolerâncias fisiológicas distintas das espécies em relação às condições ambientais; e dependência de microambientes específicos para a reprodução por algumas espécies.

Compreender os mecanismos fisiológicos e no contexto deste trabalho, significa entender como ocorre a seleção de habitat através da exploração de complexas paisagens físicas do ambiente, aspecto que é fundamental para traçar estratégias de conservação para as espécies do grupo (Semlitsch, 2008). Além de preencher lacunas de conhecimento a respeito desta espécie.

TERMORREGULAÇÃO E ANFÍBIOS

A regulação da temperatura corporal nas linhagens de animais ectotérmicos que exibem termorregulação tem um grande impacto em seus processos fisiológicos e comportamentais, como locomoção, forrageamento e crescimento (Angilletta, 2009). A manutenção da temperatura corporal

dentro de faixas estreitas e controladas pode otimizar estas funções e consequentemente alterar o seu *fitness* (Noronha-de-Souza *et al.*, 2015).

Em animais ectotérmicos que exibem termorregulação, a termorregulação comportamental é uma estratégia comum para tamponar variações temporais e espaciais na temperatura ambiente. Sendo assim, esses animais se inserem no ambiente expressando comportamentos termorregulatórios bem característicos, como a movimentação entre micro-habitats, a regulação do tempo destinado a cada atividade e o ajuste de postura. (Cowles & Bogert, 1944; Dreisig, 1984). Existe ainda outra estratégia de termorregulação denominada de termoconformação, sendo apresentada por várias espécies de ectotermos em ambientes pouco extremos, como é o caso de alguns anfíbios bufonídeos de bosques nublados tropicais como *Atelopus laetissimus* e *A. nahumae*, espécies que não apresentam escolha de micro-habitat termal ou algum outro tipo de termorregulação comportamental, e cujas variações nas temperaturas corporais são produto direto das variações nas temperaturas dos seus micro-habitats (Rueda Solano *et al.*, 2016).

Em anfíbios, a temperatura corporal influencia uma grande variedade de processos fisiológicos, incluindo, por exemplo, vários aspectos de chamadas do sexo masculino (Navas, 1996a; Pough *et al.*, 2001), determinando a taxa de pulsação e a correlação com a temperatura (Zweifel

1968, Schneider & Sinsch 1992, Lüddecke & Sánchez 2002). Mesmo se efeitos da temperatura sobre o desempenho são bastante gerais para o grupo, a tendência à termorregulação varia entre grupos. A termorregulação em Anuros é realizada por mecanismos fisiológicos e comportamentais (Lillywhite & Navas, 2006; Lillywhite *et al.*, 1973; Mcdiarmid & Altig, 1999). A termorregulação comportamental é observada não só em ambientes naturais, mas também em condições de cativeiro e laboratório, em que apresentam menor variação na temperatura preferencial em gradientes térmicos (Bícego-Nahas *et al.*, 2001) do que os apresentados em campo (Carey, 1978). Mesmo assim, em condições que simulam o ambiente natural, os anfíbios não necessariamente atingem as temperaturas do corpo que são consideradas “preferenciais” em experimentos de laboratório (Noronha-de-Souza *et al.*, 2015).

Os mecanismos comportamentais, como já expostos, envolvem a mudança na postura do indivíduo ou busca ativa, o que tem consequências diretas sobre a seleção de habitat (Zug *et al.*, 2001). Conte & Machado (2005) observaram, por exemplo, que as espécies em atividade de vocalização apresentam especificidade na utilização de habitats com características distintas ("espécies de interior de floresta" e "espécies de área aberta"). Apesar disso, algumas espécies apresentam plasticidade quanto ao uso dos recursos espaciais (Santos *et al.*, 2008; Fonseca *et al.*, 2010). A

variação na disponibilidade destes recursos afeta o número de espécies, modos reprodutivos e o período de atividade dos anuros (Duellman & Trueb 1994, Kopp *et al.*, 2010).

Visto que a temperatura é o fator que mais influencia o desempenho nas linhagens de animais ectotérmicos que exibem termorregulação (Hillman *et al.*, 2009), devido à sua interferência em taxas enzimáticas e nos padrões de atividade (Simon, 2010), um desafio para algumas espécies é conciliar a movimentação na procura por diversos recursos com a seleção de condições climáticas adequadas. Sabe-se que anfíbios respondem de forma distinta às condições de microclima e essa resposta depende dos seus padrões e necessidades biológicas (Schlaepfer, 1998). Ou seja, diferentes espécies podem atribuir movimentações e escolhas diferentes. Estudos demonstram as interações entre características comportamentais e fisiológicas na seleção de micro-habitats associadas ao balanço hídrico (Maia, 2014). Muitos aspectos do comportamento e fisiologia desses animais são sensíveis à temperatura corporal (Huey & Stevenson, 1979), incluindo a locomoção (Navas, 1996a; Titon *et al.*, 2010; Nauwelaerts & Aerts, 2006), a capacidade de procurar alimentos (Ayers & Shine, 1997) e a reprodução (Navas & Bevier, 2001).

Alguns anfíbios têm uma grande capacidade de adaptação às mudanças ambientais térmicas (Brattstrom, 1979), situação que exige um

equilíbrio entre a temperatura do corpo e dinâmica hídrica (Tracy, 1976). Em alguns casos, este equilíbrio pode ser compensado pela alteração da atividade diurna para a atividade noturna (Duellman & Trueb, 1986). Noronha-de-Souza *et al.* (2015) demonstraram que em condições experimentais seminaturais existem variações sazonais e diárias no ciclo sazonal de atividade termorregulatório de anuros. Estudos sugerem a seleção de micro-habitat por Anuros em diferentes condições como febre comportamental (Sherman *et al.*, 1991; Bicego-Nahas, *et al.*, 2000) e comportamento de termorregulação em sapos privados de alimentação (Mullens & Hutchison, 1992). No entanto, ainda não está claro se os indivíduos exploram os diferentes ambientes com um rico mosaico termal e como isso ocorre.

Em resumo, sabe-se que em anfíbios, particularmente em anuros:

1. Há claros exemplos de termorregulação no campo, mesmo com diversidade entre espécies;
2. Há escolha de temperaturas nos gradientes termais, em contexto laboratorial que requer esforço mínimo para localizar temperaturas diferentes;
3. Tal escolha no gradiente laboratorial não necessariamente se manifesta em uma preferência no ambiente.

Entretanto, não se tem conhecimento sobre como é que os anfíbios exploram ambientes termais mais complexos, como os achados no campo, e

que poderiam explicar a aparente contradição nos três enunciados acima. A compreensão dessas questões em um contexto termal pode colaborar no entendimento de questões mais gerais, tanto em termos de uma contextualização ecológica mais refinada para efeitos fisiológicos da temperatura sob condições experimentais, quanto dos efeitos potenciais da mudança de temperatura e suas possíveis consequências para a conservação de anfíbios sob um cenário global de mudanças climáticas.

Diante do exposto, o objetivo da presente dissertação de mestrado é investigar a escolha de micro-habitat termal pela espécie *Rhinella ornata* e como esta é direcionada em ambientes termais mais complexos. Sabendo que bufonídeos em ambiente natural e experimentos em grande escala possuem movimentos dirigidos que exigem mecanismos de orientação (Sinsch, 1990; Sinsch, 2006), serão testadas as hipóteses:

- (1) Se há preferência termal em um ambiente termal complexo não linear;
- (2) Havendo preferências, se essas são efetivadas mesmo quando é necessário se expor à condições distantes da preferencial;
- (3) Quando se explora um ambiente termal mais complexo do que os típicos gradientes lineares os animais voluntariamente se expõem à temperaturas distantes das chamadas “preferenciais”.

Conclusões gerais

- *Rhinella ornata*, explora ativamente diferentes microambientes independentemente do momento do dia, descartando a hipótese que seja uma espécie totalmente noturna.
- Existe uma preferência termal por parte da espécie associada com temperaturas intermédias, o que apoia a teoria do ótimo térmico de Cohet e David (1978).
- A preferência termal e ao mesmo tempo a exploração da paisagem termal é convergente com a ideia que *R. ornata* apresenta potencial para termorregular, mas este comportamento não é exclusivo nem está totalmente direcionado a uma temperatura específica.
- A espécie modelo exhibe um processo de exploração, aprendizado e memória dos locais com as temperaturas preferidas, o que é convergente com outros estudos de biologia termal e escolha de micro-habitat realizados em espécies do mesmo gênero como *R. spinulosa*.

Referências Bibliográficas

1. ABRUNHOSA, P.A., WOGEL, H. & POMBAL JR, J. P. 2006. Anuran temporal occupancy in a temporary pond from the Atlantic Rainforest, Southeastern Brazil. *Herpetological Journal*, 16:115-122.
2. AB'SÁBER, A. N. 1977. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação. *Geomorfologia*, São Paulo, n. 52, p. 1-22.
3. ANDREANI, P., SANTUCCI, F. & NASCETTI, G. 2003. Le rane verdi del complesso *Rana esculenta* come bioindicatori della qualità degli ambienti fluviali italiani. *Biologia Ambientale*, 17(1):35-44
4. ANDERSEN, L. W., FOG, K. & DAMGAARD, C. 2004. Habitat fragmentation causes bottlenecks and inbreeding in the European tree frog (*Hyla arborea*). *Proc. R. Soc. B.* 271: 1293-1302.
5. ANGILLETTA, M. J. 2009. *Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis*. Oxford University Press, Oxford, UK.
6. AYERS, D.Y. & SHINE, R. 1997. Thermal influences on foraging ability: body size, posture and cooling rate of an ambush predator, the python *Morelia spilota*. *Funct. Ecol.* 11, 342–347.
7. BALDISSERA JR., F. A. 2010. *Rhinella ornata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T61754A12554682.

<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20102.RLTS.T61754A1255468>

2.en. Downloaded on 19 April 2017.

8. BALDISSERA JR., F. A.; CARAMASCHI, U. & HADDAD, C. F. B. 2004. Review of the *Bufo crucifer* Species group, with descriptions of two new related Species (Amphibia, Anura, Bufonidae). Arquivos do Museu Nacional, 62 (3):255-282.
9. BARTHOLOMEW G. A. 1964. The roles of physiology and behaviour in the maintenance of homeostasis in the desert environment. Symposium of the Society of Experimental Biology 18: 7-29.
10. BASTAZINI, C. V.; MUNDURUCA, J. F. V.; ROCHA, P. L. B. & NAPOLI, M. F. 2007. Which environmental variables better explain changes in anuran community composition? A case study in the Restinga of Mata de São João, Bahia, Brazil. Herpetologica 63: 459-471.
11. BECKER, C.G., FONSECA, C.R., HADDAD, C.F.B., BATISTA, R.F. & PRADO, P.I. 2007. Habitat split and the global decline of amphibians. Science 318: 1775-1777.
12. BERNARDE, P., & ANJOS, L. 1999. Distribuição espacial e temporal da anurofauna no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, Paraná, Brasil (Amphibia: Anura). Comun. Mus. Ciênc. Tecnol. PUCRS, zool. 12: 111-140.

13. BERTOLUCI, J. & HEYER, W.R. 1995. Boracéia update. *Froglog*, 14:2-3.
14. BEUCHAT, C. A., POUGH, F. H., & STEWART, M. M. 1984. Response to simultaneous dehydration and thermal stress in three species of Puerto Rican frogs. *Journal of Comparative Physiology B*, 154(6), 579-585.
15. BÍCEGO-NAHAS, K. C., STEINER, A. A., CARNIO, E. C., ANTUNES-RODRIGUES, J. & BRANCO, L. G. S. 2000. "Antipyretic effect of arginine vasotocin in toads." *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 278(6): R1408-1414.
16. BÍCEGO-NAHAS, K.C., GARGAGLIONI, L.H. & Branco, L.G. 2001. Seasonal changes in the preferred body temperature, cardiovascular, and respiratory responses to hypoxia in the toad, *Bufo paracnemis*. *J Exp Zool* .289:359-65.
17. BRATTSTROM, B.H. 1979. Amphibian Temperature regulation studies in the field and laboratory. *Amer. Zool.*, 19:345-356.
18. BUTCHART, S.H.M., WALPOLE, M., COLLEN, B., VAN STRIEN, A., *et al.*, Watson, R. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328, 1164–1168.
19. CAMARGO, H.F.A. 1946. Sobre uma pequena coleção de aves de Boracéia e do Varjão do Guaratuba (Estado de São Paulo). *Papéis Avulsos de Zoologia*, 7:143-164.

- 20.CANALE, G.R., PERES, C., GUIDORIZZI, C.E., GATTO, C.F. & KIERULFF, M.C.M. 2012. Pervasive defaunation of forest remnants in a tropical biodiversity hotspot. PLoS One 7, e41671.
- 21.CAREY, C. 1978. Factors affecting body temperatures of toads. Oecologia (Berl.).35:197-219.
- 22.CARVALHO-E-SILVA, A.M.P.T., G.R. SILVA & S.P. CARVALHO-E-SILVA. 2008. Anuros da Reserva Rio das Pedras, Mangaratiba, RJ, Brasil. Biota Neotropica 8 (1): 199-209
- 23.CAUGHLEY, G. & GUNN, A. 1995. Conservation biology in theory and practice. Blackwell, Cambridge.
- 24.CHAPARRO, J. C.; PRAMUK, J. B. & GLUESENKAMP, A. G. 2007. A new Species of arboreal *Rhinella* (Anura: Bufonidae) from a cloud forest of southeastern Peru. Herpetologica, 63 (2): 203-212.
- 25.COHET, Y. & DAVID J. 1987. Control of the adult reproductive potential by preimaginal thermal conditions: a study in *Drosophila melanogaster*. Oecologia. 36:295–306.
- 26.COLLINGE, S.K., 2001. Spatial ecology and biological conservation. Biol. Conserv. 100, 1–2. doi:10.1016/S0006-3207(00)00201-9
- 27.CONTE, C. E. & MACHADO, R. A. 2005. Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade de Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. Rev. Bras. Zool., Curitiba , v. 22, n. 4, p. 940-948.

- 28.COWLES, R. B. & BOGERT, C. M. 1944. A preliminary study of the thermal requirements of desert reptiles. Bull Am Mus Nat Hist. 83:261-94.
- 29.CUSTÓDIO FILHO, A. 1989. Flora da Estação Biológica de Boracéia: Listagem de espécies. Revista do Instituto Florestal, 1:161-199.
- 30.DANCHIN, E., GIRALDEAU, L. & CÉZILLY F. 2008. Behavioural Ecology. OUP Oxford.
- 31.DAVIES, N.B., KREBS, J.R., WEST, S.A. 2012. An Introduction To Behavioural Ecology. 4th Edition. John Wiley & Sons
- 32.DEAN, W. 1995. A ferro e fogo: a historia e a devastação da Mata Atlântica brasileira. Companhia . ed. São Paulo.
- 33.DEL, T., ANDINO, S., LOSUS, S. & SINSCH, U.. 1991. Analisis radiotelemetrico de la regulación térmica del sapo andino, *Bufo spinillosus*. Boletin de lima 65–74.
- 34.DIXO, M. 2005. Diversidade de sapos e lagartos de serapilheira numa paisagem fragmentada do Planalto Atlântico de São Paulo. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- 35.DREISIG, H. 1984. Control of body temperature in shuttling ectotherms. J Therm Biol. 9:229-33.
- 36.DUELLMAN, W. E. 1999. Distribution Patterns of Amphibians in South America. In Patterns of Distribution of Amphibians (W. E.

- Duellman, ed.). The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, p. 255-327.
- 37.DUELLMAN, W.E. & TRUEB, L. 1986. Biology of amphibians. McGraw-Hill, New York.
 - 38.DUELLMAN, W.E. & TRUEB, L. 1994. Biology of Amphibians. Baltimore, The Johns Hopkins University Press, 670p.
 - 39.ETEROVICK, P.C., CARNAVAL, A.C.O.Q., BORGESNOJOSA, D.M., SILVANO, D.L., SEGALLA, M.V. & SAZIMA, I. 2005. Amphibian declines in Brazil: an overview. *Biotropica* 37(2):166-179.
 - 40.FEDER, E. & BURGGREN, W. 1993. Environmental Physiology of Amphibians. Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press.
 - 41.FERGUSON, D. E. 1971. The sensory basis of orientation in amphibians. *Annals of the New York Academy of Sciences* 188:3036.
 42. FONSECA, F., OLIVEIRA, R. & ETEROVICK, P. C. 2010. Patterns of spatial distribution and microhábitat use by syntopic anuran species along permanent lotic ecosystems in the Cerrado of Southeastern Brazil. *Herpetologica* 66: 159-171.
 - 43.FROST, D.R., GRANT, T., FAIVOVICH, J., BAIN, R.H., HAAS, A., HADDAD, C.F.B., DE SA, R.O., CHANNING, A., WILKINSON, M., DONNELLAN, S.C., RAXWORTHY, C.J., CAMPBELL, J.A., BLOTTO, B.L., MOLER, P., DREWES, R.C., NUSSBAUM, R.A.,

- LYNCH, J.D., GREEN, D.M. & WHEELER, W.C. 2006. The amphibian tree of life. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 297, 8-370.
44. GALINDO-LEAL, C. & CÂMARA, I. G. 2005. The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook. Washington: Island Press, Center for Applied Biodiversity Science at Conservation International.
45. GARLAND T. JR & CARTER P. A. 1994. *Annu Rev Physiol.* 56:579-621. Evolutionary physiology.
46. GASBARRI, A., POMPILI, A., PACKARD, M.G., TOMAZ, C. 2014. Habit learning and memory in mammals: behavioral and neural characteristics. *Neurobiol Learn* 114:198-208.
47. GIARETTA, A. A., FACURE, K. G., SAWAYA, R. J., MEYER, J. H. De M. & CHEMIN, N. 1999. Diversity and abundance of litter frogs in a montane forest of Southeastern Brazil: Seasonal and altitudinal changes. *Biotropica* 31: 669-674.
48. GLASS, M. L., FERNANDES, M.S., SONCINI, R., GLASS, H. & WASSER, J.S. 1997. Effects of dry season dormancy on oxygen uptake, heart rate, and blood pressures in the toad, *Bufo paracnemis*. *J Exp Zool.* 279:330-6.
49. GOMEZ-RODRIGUEZ, C., DÍAZ-PANIAGUA, C., BUSTAMANTE, J., SERRANO, L. & PORTHEAUL, A. 2010. Relative importance of dynamic and static environmental variables as

- predictors of amphibian diversity patterns. *Acta Oecologica* 36: 650-658.
50. GUERRA, A.R., GARGAGLIONI, L.H., NORONHA-DE-SOUZA, C.R., ABE, A.S., BRANCO, L.G. & BÍCEGO, K.C. 2008. Role of central nitric oxide in behavioral thermoregulation of toads during hypoxia. *Physiol Behav.* 95:101-7.
51. HADDAD, C. F. B. & SAZIMA, I. 1992. Anfíbios anuros da Serra do Japi. In: Morellato, L. P. C. (Org.) *Historia Natural da Serra do Japi: Ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. Editora da UNICAMP, Campinas, Brasil, p.188-211.
52. HADDAD, C.F.B. & PRADO, C.P.A. 2005. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic forest of Brazil. *BioScience*, 55(3):207-217.
53. HANSKI, I., MOILANEN, A., PAKKALA, T. & KUUSSAARI, M. 1996. The Quantitative Incidence Function Model and Persistence of an Endangered Butterfly Metapopulation. *Conserv. Biol.* 10, 578–590.
54. HEYER, W.R., RAND, A.S., CRUZ, C.A.G. & PEIXOTO, O.L. 1988. Decimations, extinctions, and colonizations of frog populations in southeast Brazil and their evolutionary implications. *Biotropica* 20(3):230-235.
55. HEYER, W.R., RAND, A.S., CRUZ, C.A.G., PEIXOTO, O.L. & NELSON, C.E. 1990. Frogs of Boracéia. *Arq. Zool.* 31:231-410.

56. HILLMAN, S.S., WITHERS, P. C., DREWES, R. C. & HILLYARD, S. D. 2009. Ecological and environmental physiology of amphibians. Oxford University Press, New York.
57. HOCHACHKA, W. & SOMERO, G. 2002. BioChemical Adaptation: Mechanism and Process in Physiological Evolution.
58. HUEY, R.B. & STEVENSON, R.D. 1979. Integrating thermal physiology and ecology of ectotherms: a discussion of approaches. *Am. Zool.* 19, 357–366.
59. IBGE, 2013. Distribuição espacial da população, in: Atlas Do Censo Demográfico 2010. IBGE, Rio de Janeiro, p. 160.
60. KOPP, K.; SIGNORELLI, L. & BASTOS, R. P. 2010. Distribuição temporal e diversidade de modos reprodutivos de anfíbios anuros no Parque Nacional das Emas e entorno, estado de Goiás, Brasil. *Iheringia Série Zoologia* 100(3):192-200.
61. LAURANCE, W.F., USECHE, D., RENDEIRO, J., & *et al.* 2012. Averting biodiversity collapse in tropical forest protected areas. *Nature* 489, 290–294.
62. LILLYWHITE, H. & NAVAS, C. A. 2006. Animals, Energy, and Water in Extreme Environments: Perspectives from Ithala 2004. *Physiological and Biochemical Zoology* 79:265–273.

63. LILLYWHITE, H.B., LICHT, P. & CHELGREN, P. 1973. The role of behavioral thermoregulation in the growth energetics of the toad *Bufo boreas*. *Ecology* 54:375–383.
64. LÜDDECKE, H. & SÁNCHEZ, O.R. 2002. Are Tropical Highland Frog Calls Cold-adapted? The Case of the Andean Frog *Hyla labialis*. *BIOTROPICA* 34(2): 281–288
65. LUTZ, A. 1924. Sur les rainettes des environs de Rio de Janeiro. *Comptes Rendus et Mémoires Hebdomadaires des Séances de la Société de Biologie et des ses Filiales*. Paris 90 (1925, vol. 1): 241.
66. MACHADO, A.B.M, MARTINS, C.S. & DRUMMOND, G.M. 2005. Lista da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Incluindo as Espécies Quase Ameaçadas e Deficientes em Dados. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas. 160p
67. MAFFEI, F., UBAID, F.K. & JIM, J. 2011. Anurans in an open cerrado area in the municipality of Borebi, São Paulo state, Southeastern Brazil: habitat use, abundance and seasonal variation. *Biota Neotrop.* 11(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n2/en/abstract?article+bn0401102201>
68. MAIA, M. R. 2014. Variação intra e interespecífica na escolha de microambientes e sua relevância para a manutenção do balanço hídrico em anuros. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Geral) -

- Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- Acesso em: 2017-04-17.
69. MCDIARMID, R.W. & R. ALTIG. 1999. Tadpoles: the biology of anuran larvae. University of Chicago Press, Chicago.
70. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2018. <
<http://www.mma.gov.br>> Acesso em: 26 de Out de 2017.
71. MORAES, R.A., SAWAYA, R.J. & BARRELA, W. 2007. Composition and diversity of Anuran Amphibians in two Atlantic Forest environments in Southeastern Brazil, Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, Brazil. *Biota Neotrop.* vol. 7, no. 2
72. MOREIRA-LIMA, L. 2014 Aves da Mata Atlântica: riqueza, composição, status, endemismos e conservação. 2013. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/D.41.2014.tde-17042014-091547. Acesso em: 2018-06-30.
73. MULLENS, D. P. & HUTCHISON, V.H. 1992. Diel, seasonal, postprandial and food-deprived thermoregulatory behavior in tropical toads (*Bufo marinus*). *Journal of Thermal Biology* 17: 63-67.
74. NARVAES, P., BERTOLUCI, J. & RODRIGUES, M.T. 2009. Species composition, habitat use and breeding seasons of anurans of the restinga forest of the Estação Ecológica Juréia-Itatins, Southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 9 (2).

75. NAUWELAERTS, S. & AERTS, P. 2006. Take-off and landing forces in jumping frogs. *The Journal of experimental biology* 209:66–77.
76. NAVAS, C. A. & OTANI, L. 2007. Physiology, environmental change, and anuran conservation. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, Piracicaba, v. 6, n. 2, p. 83-103.
77. NAVAS, C. A. 1996a. Thermal dependency of field locomotor and vocal performance of high-elevation anuran in the tropical Andes. *J. Herpetol.* 30: 478-487.
78. NAVAS, C. A. 1996b. Implications of microhabitat selection and patterns of activity on the thermal ecology of high elevation neotropical anurans. *Oecologia* 108:617–626.
79. NAVAS, C.A. & BEVIER, C. 2001. Thermal dependency of calling performance in the eurythermic frog *Colostethus subpunctatus*. *Herpetologica* 57, 384–395.
80. NAVAS, C.A., CARVAJALINO-FERNÁNDEZ, J.M., SABOYÁ-ACOSTA, L.P., RUEDA-SOLANO, L.A. & CARVAJALINO-FERNÁNDEZ, M.A. 2013. The body temperature of active amphibians along a tropical elevation gradient: patterns of mean and variance and inference from environmental data. *Functional Ecology*. 27 (5), 1145-1154.

81. NORONHA-DE-SOUZA, C. R., BOVO, R. P., GARGAGLIONI, L. H. , ANDRADE, D. V. & BÍCEGO, K. C. 2015. Thermal biology of the toad *Rhinella schneideri* in a seminatural environment in southeastern Brazil. *Temperature: Multidisciplinary Biomedical Journal*.;2(4):554-562.
82. NUNNEY, L., & CAMPBELL, K. A. 1993. Assessing minimum viable population size: Demography meets population genetics. *Trends Ecol. Evol.* (Personal Ed. 8, 234–239.
83. ODUM, E.P. 1969. *Ecologia* . Rio de Janeiro: Ed. Guanabara.
84. PEAKALL, R. & LINDENMAYER, D. 2006. Genetic insights into population recovery following experimental perturbation in a fragmented landscape', *Biological Conservation*, 132: 520-532.
85. POMBAL Jr., J.P. & HADDAD, C.F.B. 2005. Estratégias e modos reprodutivos de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil. *Pap. Avulsos Zool.* 45(15):201-213.
86. POUGH, F.H., ANDREWS, R.M., CADLE, J.E., CRUMP, M.L., SAVITZKY, A.H. & WELLS, K.D. 2001. *Herpetology*. Prentice-Hall, NJ: Prentice-Hall Inc, New York.
87. RIBEIRO, M.C., METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., PONZONI, F.J. & HIROTA, M.M., 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How

- much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol. Conserv.* 142, 1141–1153.
88. RICKLEFS, R.E. 2003. *A Economia da Natureza*. 5^a ed. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
89. RUEDA SOLANO, L.A., NAVAS, C.A., CARVAJALINO-FERNÁNDEZ J.M. & AMÉZQUITA, A. 2016. Thermal ecology of montane *Atelopus* (Anura: Bufonidae): A study of intrageneric diversity. *Journal of Thermal Biology* 58:91–98.
90. SANTOS, T. G. *et al.* 2008. Temporal and spatial distribution of anurans in the Pampa Region (Santa Maria, RS). *Iheringia Ser. Zool.* 98: 244-253.
91. SCHINEIDER, J. A. P. & SINSCH, U. 1992. Mating call variation in lake frogs referred to as *Rana ridibunda* Pallas, 1771. Taxonomic implications. *Z. Zool. Syst. Evolutionsforsch.* 30: 297–315
92. SCHINEIDER, J. A. P. & TEIXEIRA, R. L. 2001. Relacionamento entre anfíbios anuros e bromélias da restinga de Regência, Linhares, Espírito Santo, Brasil. *Iheringia* 91: 41-48.
93. SCHLAEPFER, M. A. 1998. Edge effects on lizards (*Norops*) and frogs (*Eleutherodactylus*) in tropical forest fragments. M.Sc. Thesis, Cornell University, Ithaca, New York, NY.
94. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO - SMA. 2009. Lista da fauna ameaçada de extinção no estado

- de São Paulo. Disponível em:
<<http://www.ambiente.sp.gov.br/fauna.php>>. (último acesso em
25/07/2017).
95. SEMLITSCH, R. D. 2003. Amphibian Conservation. Washington D. C., Smithsonian Books. 336p.
96. SEMLITSCH, R. D. 2008. Differentiating migration and dispersal processes for pond-breeding amphibians. *Journal of Wildlife Management* 72:260–267.
97. SHAFFER, M.L. 1981. Minimum population sizes for species conservation. *Bioscience*.
98. SHERMAN, E., BALDWIN, L., FERNANDEZ, G. & DEURELL, E. 1991. Fever and Thermal Tolerance in the Toad *Bufo-Marinus*. *Journal of Thermal Biology* 16(5): 297-301.
99. SILVA, H. R.; CARVALHO, A. L. G.; BITTENCOURT-SILVA, G. B. 2008. Frogs of Marambaia: a naturally isolated Restinga and Atlantic Forest remnant of southeastern Brazil. *Biota Neotropica* v. 8, n. 4.
100. SIMON, M.N. 2010. Plasticidade fenotípica em relação à temperatura de larvas de *Rhinella* (Anura: Bufonidae) da caatinga e da floresta Atlântica. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

101. SIMONET, G. 2010. The concept of adaptation : interdisciplinary scope and involvement in climate change *Natures Sciences. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society* 3,(1), 1-9.
102. SINSCH, U. 1989. Behavioral thermoregulation of the Andean toad (*Bufo spinulosus*) at high altitudes. *Oecologia* 80:32–38.
103. SINSCH, U. 1990. Migration and orientation in anuran amphibians. *Ethology Ecology & Evolution*. Vol. 2, Iss. 1.
104. SINSCH, U. 2006. Orientation and navigation in Amphibia. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* 39:65–71.
105. SNOWDON, C. T. 1999. O significado da pesquisa em Comportamento Animal. *Estud. psicol. Natal* , v. 4, n. 2, p. 365-373.
106. SPARLING, DONALD & LINDER, GREG & BISHOP, CHRISTINE & KREST, S.K. 2000. Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles. *Recent Advancements in Amphibian and Reptile Ecotoxicology*. 1-13. 10.1201/EBK1420064162.
107. SPIX, J. B. VON. 1824. *Animalia nova sive Species novae Testudinum et Ranarum quas in itinere per Brasiliam annis MDCCCXVII–MDCCCXX jussu et auspiciis Maximiliani Josephi I. Bavariae Regis*. München: F. S. Hübschmann.

108. SVIDERSKY, V. L. 2000. Tasks and perspectives of development of evolutionary physiology. *J. of Evol. Biochem. Physiol.* 36:223-234.
109. TITON, B. J., Navas, C. N., Jim, J; & Gomes, F. R. 2010. Water balance and locomotor performance in three species of neotropical toads that differ in geographical distribution *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 156, 129–135
110. TOLEDO, L. F., ZINA, J. & HADDAD, C. F. B. 2003. Distribuição espacial e temporal de uma comunidade de anfíbios anuros do município de Rio Claro, São Paulo, Brasil. *Holos Environment* 3: 136-149.
111. TRACY, C.R. 1976. A model of the dynamic exchanges of water and energy between a terrestrial amphibian and its environment. *Ecol Monogr* 46: 293-326
112. VIÉ, J.C., HILTON-TAYLOR, C. & STUART, S.N. 2009. *Wildlife in a changing world – An Analysis of the 2008 IUCN Red List of Threatened Species.*, Gland Switzerland. IUCN.
113. VITT, L.J., CALDWELL, J.P., WILBUR, H.M. & SMITH, D.C. 1990. Amphibians as harbingers of decay. *BioSci.* 40: 418–418.
114. WEYGOLDT, P. 1989. Changes in the composition of mountain stream frog communities in the atlantic mountains of Brazil:

- frogs as indicators of environmental deteriorations? Stud. Neotr. Fauna Environ. 243: 249-255.
115. WIED-NEUWIED, M. A. P. 1821. Reise nach Brasilien in den Jahren 1815 bis 1817. volume 2. Frankfurt a. M.: Henrich Ludwig Brönnner.
 116. WILLMER, P., STONE, G. & JOHNSTON, I. 1953. Environmental physiology of animals. 2nd ed. ISBN 1-4051-0724-3.
 117. ZENA, L.A., GARGAGLIONI, L.H. & BÍCEGO, K.C. 2015. Temperature effects on baroreflex control of heart rate in the toad, *Rhinella schneideri*. Comp Biochem Physiol Part A, Mol Int Physiol.179:81-8
 118. ZUG, G.R., VITT, L. J. & CALDWELL, J. P. 2001. Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles. Academic Press, San Diego.
 119. ZWEIFEL, R.G. 1968. Effects of temperature, body size and hybridization on mating calls of the toads *Bufo Americanus* and *Bufo woodhousii fowleri*. Copeia. 2:269–285.

Biografia

Sou formada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, com habilitação em licenciatura (2011) e bacharelado (2012). Durante a graduação sempre busquei envolvimento direto com as decisões e direcionamento do curso de Ciências Biológicas. Desse modo, contribuí para a criação do Centro Acadêmico do curso e fui representante discente do departamento de Ciências Biológicas. No âmbito acadêmico e profissional, tive experiências na área de Fisiologia, Educação e Biologia da Conservação. Estagiei no Laboratório de Transgenes e Controle Cardiovascular – LTCC, no qual fui bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC atuando na área de Fisiologia Animal Comparada. O resultado final do meu projeto foi amplamente divulgado em congressos da área e publicado em 2011 na Revista *Lipids in Health and Disease*. Fui bolsista no Programa Integrado de Bolsa/ Programa de Aprimoramento Discente - PAD do Núcleo Interdisciplinar de Pesquisas em Educação Ambiental – NIPEEA, do Centro de Educação da UFES, onde atuei prestando serviços administrativos de suporte aos projetos relacionados ao Núcleo, e também na elaboração de relatórios de atividades, além de atuar em demais ações para a documentação dos projetos. Lecionei as disciplinas de Ciências para turmas de Ensino Fundamental II e, a de Biologia, para as turmas de Ensino Médio de escolas públicas e particulares. Além disso, atuei

fortemente na Conservação da Biodiversidade, integrando o Laboratório de Biologia da Conservação de Vertebrados – LBCV e coordenando o setor de Educação e Difusão Científica do Projeto Muriqui – ES e do Programa de Difusão da Biodiversidade, com publicações acadêmicas já publicadas e outras em andamento. Nesse contexto, atuei em diversos extratos da gestão administrativa e financeira do Projeto Muriqui – ES, desde a escrita de propostas de projeto para submissão à editais de fontes diversas de financiamento, passando pela gestão administrativa e financeira, até a coordenação de áreas e elaboração de relatórios. O Projeto Muriqui – ES e o Programa de Difusão da Biodiversidade se fundem e mesclam ações e objetivos, tendo apoio de importantes instituições do Espírito Santo, como o Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica – IPEMA e o Instituto Nacional da Mata Atlântica – INMA. Em ambas as instituições eu trabalhei como voluntária e/ou contratada, para realizar as funções descritas brevemente acima.

Em 2012, a partir da experiência adquirida no Curso de Inverno em Fisiologia Comparativa, promovido pelo Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências - IB da Universidade de São Paulo – USP, iniciei uma parceria com o Laboratório de Ecofisiologia e Fisiologia Evolutiva – LEFE desenvolvendo o projeto “Incremento da resistência à exposições agudas à altas temperaturas em vertebrados” com publicação acadêmica em

andamento. Essa parceria foi mantida e acarretou na minha mudança para São Paulo-SP e posteriormente o ingresso no mestrado do Programa de Pós-graduação em Ciências (Fisiologia) do IB/USP.

Enquanto mestrande busquei ampliar meus conhecimentos em fisiologia e herpetologia por meio de disciplinas, leituras e trocas de experiência dentro e fora do laboratório. Nesse contexto, tenho a participação no projeto temático FAPESP “Effects of global climate change of the Brazilian fauna: a conservation physiology approach” (processo: 2008/57687-0) e no projeto temático FAPESP “Impacts of climate/environmental change on the fauna: an integrative approach” (processo: 2014/16320-7), ambos relacionados com a minha dissertação de mestrado.

Participei no desenvolvimento do projeto de doutorado do Juan Manuel Carvajalino Fernandez, intitulado “Tolerância ao congelamento em Anuros de diferentes ecossistemas frios na América do Sul: padrões e mecanismos”, realizando atividades de campo no Parque Nacional de Itatiaia e na Estação Biológica de Boracéia. Foram feitas coletas de indivíduos de diversas espécies, como por exemplo, *Scinax duartei*, *Bokermannohyla gouveia* e *Melanophryniscus moreirae*, além de fabricação de modelos de gesso e da utilização de carregadores de dados que registram e armazenam a

umidade relativa e a temperatura a cada intervalo de tempo pré-estabelecido. Já em laboratório, efetuou-se o acompanhamento do desenvolvimento dos registros durante o congelamento dos espécimes e aprendi como é feito o processamento das amostras para medidas bioquímicas. Também participei no desenvolvimento do projeto do doutorando Jesus Eduardo Ortega Chinchilla, intitulado “Implicações do tamanho corporal e permeabilidade na variação microclimática e potencial para desidratação em anuros do sul da Mata Atlântica”, realizando atividades de campo no Parque Estadual de Intervales. Durante esse período foram efetuadas coletas de indivíduos, fabricação de modelos de ágar, registros de imagens termográficas e análise do potencial de hidratação de anuros no campo. Em ambas as ocasiões, pude aprender mais sobre a biologia de anfíbios, e, principalmente, sobre a identificação das espécies coletadas e de metodologias para estudos ecofisiológicos.

Sabendo que eventos científicos são importantes locais de troca de experiências, aprendizado e *network*, me propus a participar como ouvinte no “*Movement Ecology Brazil Workshop*”, realizado em Rio Claro-SP e no evento “Mudanças climáticas em São Paulo: causas, impactos e soluções”, realizado em São Paulo-SP. Já no âmbito internacional, apresentei trabalhos orais e na forma de pôsteres no “*I Congreso Colombiano de Herpetología*”, realizado na cidade de Medellín, Colômbia.

Participei na Comissão organizadora da I Semana de Integração da Fisiologia, realizada de 10 a 14 de agosto de 2015 no Departamento de Fisiologia do IB-SP e na Comissão organizadora do XII Curso de Inverno Tópicos em Fisiologia Comparativa, realizado de 11 a 29 de julho de 2016 no Departamento de Fisiologia do IB-SP. Neste último, ministrei a aula intitulada “Termorregulação em Vertebrados” e orientei dois alunos de estágio no seguinte projeto “Exploração dos limites térmicos na espécie *Rhinella ornata*: uma abordagem ecofisiológica”.

Como reflexo do meu interesse e empatia pela área de educação, me candidatei e obtive sucesso na vaga de monitora bolsista da disciplina BIF0443 - Fisiologia para o Ensino Médio. Também fui bolsista do Programa de Formação de Professores, da Pró-Reitoria de Graduação, sob a coordenação da Profa. Silvia Luzia Frateschi Trivelato, orientadora do projeto “O Estágio Supervisionado no Ensino de Ciências e de Biologia - construindo relações entre teoria e prática”.

Fui ainda representante discente na Comissão Coordenadora de Programa – CCP e Comissão de Bolsas - CB do Programa de Pós-graduação em Fisiologia do IB/USP e antes da minha qualificação, publiquei o artigo “*Predation influence on the aggregation process: an experimental*

assessment of habitat selection in tadpoles of Rhinella ornata” na revista South American Journal of Herpetology (SAJH).

Focando no desenvolvimento do meu projeto, foram muitas as superações e aprendizados. Tive dificuldades em relação ao manuseio e execução inicial do labirinto, pois, por se tratar de um equipamento com metodologia inovadora, até então não existia um protocolo de uso. Foram realizados diversos projetos pilotos com espécies distintas para estabelecer, entre outros detalhes, uma condição adequada de uso do equipamento e assim um protocolo. Paralelamente, situações inesperadas também ocorreram, como morte de indivíduos, quebra de equipamentos e perda de dados já obtidos. Para cada situação foi necessário um amadurecimento quanto às possibilidades do projeto e a busca de maneira equilibrada e eficiente, da melhor opção cabível para o momento.

No âmbito pessoal, a mudança para uma nova cidade, somada à peculiaridades pessoais e à questões de saúde, refletiram diretamente na minha história acadêmica dentro da USP. Mais tarde, a gravidez inesperada, alteraram os planos presentes e futuros, e com isso tive que reprogramar experimentos, propostas e porque não, prazos, agora focados nessa nova realidade de cientista-mãe.

Após esse grande ciclo intenso que foi o mestrado, ficam boas lembranças regadas a muita superação e aprendizado, e aquela certeza de que a ciência é incrível. Pretendo continuar a carreira acadêmica ingressando no doutorado o mais breve possível, me aprofundando em Fisiologia Animal Comparada, Educação e Biologia da Conservação, sendo então meu foco as estratégias quem visam a conservação da biodiversidade.