

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
ESCOLA NORMAL SUPERIOR  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

CATHELE GABRIELE SILVA FELIX

**DIFERENTES POPULAÇÕES DE ANUROS DE UMA MESMA ESPÉCIE, PODEM  
APRESENTAR PADRÕES DIFERENTES DE COMPORTAMENTOS  
DEFENSIVOS?**

MANAUS – AM

2023

CATHELE GABRIELE SILVA FELIX

**DIFERENTES POPULAÇÕES DE ANUROS DE UMA MESMA ESPÉCIE, PODEM  
APRESENTAR PADRÕES DIFERENTES DE COMPORTAMENTOS  
DEFENSIVOS?**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade do Estado do  
Amazonas - UEA/ENS, como requisito  
para obtenção do título de Licenciada em  
Ciências Biológicas.

Orientador: Dr. Jair Max Furtunato Maia  
Co-orientador: Dr. Lucas Ferrante

MANAUS – AM

2023

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
**Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.**

F316d	<p>Felix, Cathele Gabriele Silva</p> <p>Diferentes populações de anuros de uma mesma espécie, podem apresentar padrões diferentes de comportamentos defensivos? : estudo sobre comportamento de anuros amazonicos / Cathele Gabriele Silva Felix. Manaus : [s.n], 2023.</p> <p>31 f.: color.; 21.0 cm.</p> <p>TCC - Graduação em Ciências Biológicas- Licenciatura- Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2023.</p> <p>Inclui Bibliografia.</p> <p>Orientador: Maia, Jair Max Furtunato.</p> <p>Coorientador: Ferrante, Lucas.</p> <p>1. Anuros. 2. Comportamento defensivo. 3. Diversidade. 4. Floresta tropical. 5. Hylidae. I. Maia, Jair Max Furtunato (Orient.) II . Ferrante, Lucas (Coorient.) III. Universidade do Estado do Amazonas. IV. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU(1997)57</p>
-------	---

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

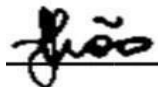
CATHELE GABRIELE SILVA FELIX

DIFERENTES POPULAÇÕES DE ANUROS DE UMA MESMA ESPÉCIE, PODEM  
APRESENTAR PADRÕES DIFERENTES DE COMPORTAMENTOS DEFENSIVOS?

Trabalho de Conclusão de  
Curso apresentado à Universidade do  
Estado do Amazonas – UEA/ENS, como  
requisito para obtenção do título de Licenciada  
em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 04/09/2023

**Banca examinadora**



\_\_\_\_\_ Dr.

Jeremias Leão

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)



\_\_\_\_\_ Dr. Lucas Ferrante

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)



Dr. Luisa Maria Diele-Viegas  
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Dedico este estudo aos meus orixás, que me incentivaram a terminar essa graduação e me deram força para enfrentar a jornada do trabalho de conclusão de curso. Dedico ao Dr. Jair Maia e Dr. Lucas Ferrante, que foram exemplos de professores e pesquisadores ao longo da minha graduação e que estiveram sempre ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família, que me auxiliava na questão financeira e me incentivou a terminar a graduação, aos meus orientadores por terem me apoiado durante toda a graduação e as minhas amigas Talita e Fernanda pelo apoio para a finalização dos trabalhos.

*“O importante não é vencer todos os dias, mas lutar sempre”*

(Waldemar Valle  
Martins)

## RESUMO

As estratégias defensivas em anuros pós-metamórficos são diversas, como aposematismo, mimetismo, produção de veneno ou exibições comportamentais usadas para escapar de predadores. Dentre estas estratégias, os mecanismos de defesa comportamental, são exibições de defesa variados utilizados pelos anuros para repelir ou escapar de predados em um evento de predação. O presente estudo buscou testar a diferença dos displays de defesa para a espécie *Boana geographica* entre duas populações, uma localizada na Reserva Florestal Adolfo Ducke na Amazônia central no Brasil e uma segunda população no Parque Nacional Madidi na Bolívia. Os resultados do presente estudo sugerem que diferentes populações de uma mesma espécie podem apresentar repertórios diferentes de displays de defesa. Esse estudo ressalta a importância de considerar os fatores ecológicos e ambientais ao investigar as diferenças comportamentais entre populações de uma mesma espécie, o que pode contribuir para estratégias de conservação mais eficazes e direcionadas.

**Palavras-chave:** Anuros; comportamento defensivo; diversidade; Floresta tropical; Hylidae; relação presa predador.

## ABSTRACT

Defensive strategies in post-metamorphic anurans are diverse, such as aposematism, mimicry, venom production or behavioral displays used to escape predators. Among these strategies, behavioral defense mechanisms are varied defense displays used by anurans to repel or escape predation in a predation event. The present study sought to test the difference in defense displays for the species *Boana geographica* between two populations, one located in the Adolfo Ducke Forest Reserve in central Amazonia in Brazil and a second population in the Madidi National Park in Bolivia. The results of the present study suggest that different populations of the same species may have different repertoires of defense displays. This study highlights the importance of considering ecological and environmental factors when investigating behavioral differences between populations of the same species, which can contribute to more effective and targeted conservation strategies.

**Key-words:** Anurans; defensive behavior; diversity; Tropical forest; Hylidae; predator prey relationship.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Imagem de satélite do parque nacional de Madidi.

Figura 2. Imagem de satélite da Reserva Florestal Adolpho Ducke.

Figura 3. Análise de Componentes Principais (PCA) envolvendo as duas populações de *B. geographica*, Bolívia em marrom e Brasil em verde.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	
<b>11</b>	
1.2 OBJETIVOS .....	13
1.2.1 Objetivo geral .....	13
1.2.2 Objetivos específicos .....	13
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	
<b>13</b>	
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	
<b>15</b>	
3.1 Áreas de estudo.....	15
3.2 Delineamento amostral .....	17
3.3 Análises estatísticas .....	18
<b>4 RESULTADOS .....</b>	
<b>19</b>	
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	
<b>20</b>	
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	Erro! Indicador não definido.
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	
<b>23</b>	

## 1 INTRODUÇÃO

Os anfíbios (Classe Amphibia) constituem um grupo de vertebrados tetrápodes não amniotas, hoje divididos em três ordens distintas pertencentes a subclasse Lissamphibia, sendo estas ordens: Gymnophiona ou Apoda (cecílias ou cobrascegas), Urodela ou Caudata (salamandras e tritões) e Anura (sapos, rãs e pererecas), sendo esta última ordem com maior diversidade dentro da classe Amphibia (Frost, 2023).

Os anuros são conhecidos por apresentarem dois ciclos de vida distintos para a maioria das espécies, estando divididos em sua maioria em uma fase larval aquática e uma fase adulta terrestre (Pough *et al.*, 2008). Anuros são animais especialmente sensíveis a mudanças de seu habitat, devido ao seu comportamento biológico, atributos fisiológicos e características ecológicas (Blaustein & Kiesecker, 2002; Duellman & Trueb, 1986; Duellman, 1989).

O Brasil abriga em média 13,25% da biodiversidade mundial dos anfíbios (Frost, 2023; Segalla *et al.*, 2014). Para a Amazônia na parte brasileira, foram registradas aproximadamente 383 espécies de anuros (Hoogmoed, 2023). Sendo esta a maior floresta tropical úmida do mundo, com grande complexidade de habitats e ambientes (Ávila-Pires *et al.*, 2005), desperta interesse de diversos estudiosos a buscarem identificar, quantificar e entender os aspectos biológicos das espécies que nela habitam (Ávila-Pires *et al.*, 2005; Dasilva, 2011; Dorazio, 2015).

Devido os anuros serem numerosos, possuir tamanho pequeno à moderado e seu comportamento reprodutivo ser gregário durante o período chuvoso na maioria das espécies, estes animais se tornam presas em potencial de todas as classes de vertebrados e muitos invertebrados. Por exemplo, as armadilhas feitas por aranhas que tecem teias que são eficientes na captura de anuros que pulam entre as plantas quando viajam, como os hilídeos (Duellman & Trueb, 1986; Muscat *et al.*, 2014).

A predação tem sido importante para a evolução de várias características peculiares dos anfíbios, como secreções cutâneas tóxicas e desagradáveis, coloração aposemática e crípticas (Wells, 2007) e uma gama de comportamentos defensivos e posturas para se desvencilhar dos predadores (Ferrante *et al.*, 2020; 2021). Estudos recentes apontam que os mecanismos de defesa comportamentais dos anuros, são moldados pelos eventos de predação, onde a mesma espécie tende a variar a estratégia de defesa para se proteger de diferentes predadores (Ferrante *et al.*, 2021). Entretanto ainda existem muitas lacunas de conhecimento nestes mecanismos que ainda precisam ser exploradas (Ferrante *et al.*, 2014; 2020).

Uma questão relevante a ser testada, é se diferentes populações de uma mesma espécie, apresentam variações nos displays de defesa devido a variação da composição de predadores nas localidades em que estas populações estão inseridas. Como também a mudança de ecossistemas pode diminuir a diversidade de comportamentos, devido a diminuição de predadores e significando uma perda evolutiva dentro da história natural de uma espécie.

Sabe-se que algumas espécies apresentam grandes distribuição geográfica, como é o caso, da espécie *Boana geographica*, que ocorre com ampla distribuição geográfica, incluindo a Amazônia brasileira, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana Francesa, Peru, Suriname, Venezuela e República Boliviana (Frost, 2023; IUCN, 2023). Embora o número de estudos de comunidades de anuros na Amazônia brasileira aumentou nos últimos anos, a maioria foi feita em áreas virgens (NeckelOliveira & Gordo, 2004; Pantoja & Fraga, 2012; Waldez *et al.*, 2013) ou em fragmentos em zonas rurais (Tocher, 1998; Tocher *et al.*, 2001), mas poucos analisaram as relações ecológicas que moldam a diversidade de anuros amazônicos em áreas urbanas ou comparando localidades espacialmente muito distantes. Além disso, a maioria dos estudos dos comportamentos defensivos de anuros foram realizados com base em observações oportunistas (Wells, 2007), como por exemplo Toledo *et al.* (2011), onde apenas dois estudos realizados na região amazônica e para uma única espécie, avaliaram os comportamentos defensivos em anuros de formas sistemática, sendo eles Ferrante *et al.* (2020) e (2021).

Dada estas lacunas em estudos do comportamento defensivo em anuros e a grande extensão da Floresta Amazônica, que abriga uma grande diversidade de espécies e seus predadores, o presente estudo testou a hipótese de que diferentes populações de uma mesma espécie podem apresentar diferenças nos comportamentos de defesa, o que se daria devido a variações na comunidade de predadores entre as localidades. Desta forma, analisando os comportamentos defensivos da espécie de perereca *Boana geographica*, que possui ampla distribuição na Amazônia (IUCN, 2023), foram comparados os displays de defesa entre duas populações localizadas na Amazônia boliviana e na Amazônia central do Brasil.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

- Testar se existe variação de comportamentos de defesa entre diferentes populações de uma mesma espécie de anuro.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Utilizando a espécie de anuro *Boana geographica* como organismo modelo, o presente estudo visou testar se existe variação do comportamento de defesa em anuros pós-metamórficos de uma população inserida na Amazônica boliviana em relação a uma população inserida na Amazônia central brasileira.
- Discutir a provável diferencia de predadores entre as localidades de ocorrência de cada população como um fator de seleção e modulação dos comportamentos defensivos em anuros pós-metamórficos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Os anuros são considerados animais bioindicadores de qualidade ambiental, principalmente por apresentarem elevada sensibilidade às mudanças que ocorrem no meio ambiente (Duellmann & Trueb, 1986). Aproximadamente 87% das espécies descritas de anuros apresentam pelo menos uma fase larval durante seu ciclo de vida, podem ser herbívoros, onívoros, detritívoros, canibais do tipo oportunista e filtradores, (Duellmann & Trueb, 1986; Provete *et al.*, 2012). Quando os anuros atingem a vida adulta seus hábitos são carnívoros, onde podem preda artrópodes e até pequenos vertebrados (Duellmann & Trueb, 1986; Provete *et al.*, 2012).

Anfíbios também são presas para quase qualquer coisa, sendo predados por mamíferos, aranhas, caranguejos, peixes, répteis, aves e até plantas carnívoras (Garrett & Boyer, 1993; Jones *et al.*, 1999; Canale & Lingnau, 2003; Oliveira *et al.*, 2017; Duellman & Trueb, 1994; Toledo, 2005). Estes diferentes predadores, por sua vez, definem os processos evolutivos das bem-sucedidas estratégias de defesa dos anuros para evitar um evento de predação, onde através de eventos de predação é moldada a coevolução de anuros enquanto presas e seus predadores através de seleção natural (Ferrante *et al.*, 2021).

Os eventos de predação desempenham um papel importante na dinâmica das espécies de presas, atuando como uma força seletiva que impulsiona a evolução de uma variedade de traços comportamentais destes animais (Edmunds, 1974; Harvey & Greenwood, 1978; Ferrante *et al.*, 2021). Diferentes estratégias defensivas ainda atuam em diferentes fases de predação, como localização, identificação, abordagem, subjugação, ingestão e digestão (Toledo *et al.*, 2011). Atualmente, são conhecidas 36 exibições de defesa entre os anuros brasileiros (Ferrante *et al.*, 2020), que podem se combinar em uma sequência de diferentes exibições defensivas formando comportamentos mais complexos (Ferrante *et al.*, 2014; 2020; 2021).

Os diferentes displays de defesa ou exibições de defesa são mecanismos importantes utilizados pelos anfíbios anuros para se protegerem ou repelir predadores (Wells, 2007). Uma espécie pode adotar uma ou mais de um comportamento defensivo ao longo de um evento de predação para se desvencilhar do ataque de um predador, muitas vezes combinando diferentes displays (Angulo *et al.*, 2007; Toledo *et al.*, 2010; Ferrante *et al.*, 2014).

Displays de defesa também podem combinar mais de uma diferente estratégia para repelir um predador com maior eficácia (Ferrante *et al.*, 2014). Além disso, existem mudanças ontogenéticas dos displays de defesa em anuros ao longo do seu desenvolvimento (Ferrante *et al.*, 2021). Entretanto, ainda existem lacunas consistentes no estudo do comportamento defensivo de anuros (Ferrante *et al.*, 2014; 2020). Uma destas lacunas, é a ausência de estudos sistemáticos do comportamento defensivo para diferentes populações de uma mesma espécie.

Estudos sobre comportamentos defensivos de anuros são principalmente oportunistas e baseados em simples observações de campo naturalísticas e não sistemáticas, o que gera estas lacunas de conhecimento (Wells, 2007). Até o momento, nenhum estudo usando amostragem em grande escala ou experimental foi conduzido em relação aos comportamentos relacionados à defesa do gênero *Boana*, onde neste trabalho a espécie *B. geographica* foi utilizada como organismo modelo.

Pertencente à família Hylidae, a espécie *B. geographica* possui hábitos arborícolas e noturnos, e como características físicas marcantes um dorso marromalaranjado a marrom, com listras claras e escuras na parte superior das pernas (Lima *et al.*, 2006). O ventre é amarelo-claro a alaranjado na parte posterior e branco na parte anterior, a íris é dourado-alaranjado e existe uma membrana de cor azul acima do olho. Sua reprodução ocorre nos meses de chuva, onde a região

Amazônica compreende o período de novembro a maio, onde se ouve os machos vocalizarem próximos a corpos d'água para atrair as fêmeas para a reprodução (Lima *et al.*, 2006).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Áreas de estudo

O estudo analisou o comportamento de defesa de duas diferentes populações de anuros da espécie *B. geographica*, inseridas em diferentes áreas da Floresta Amazônica: 1) População inserida próxima do Parque Nacional Madidi, na Floresta Amazônica Boliviana, onde os dados foram extraídos de Angulo *et al.*, (2007) e 2) uma segunda população inserida na Reserva Florestal Adolpho Ducke, localizada na zona leste de Manaus, na Amazônia central, cuja área se estende por 100 hectares e vem sofrendo grande pressão com o crescimento urbano desordenado (dados coletados no presente estudo) (Figura 1).

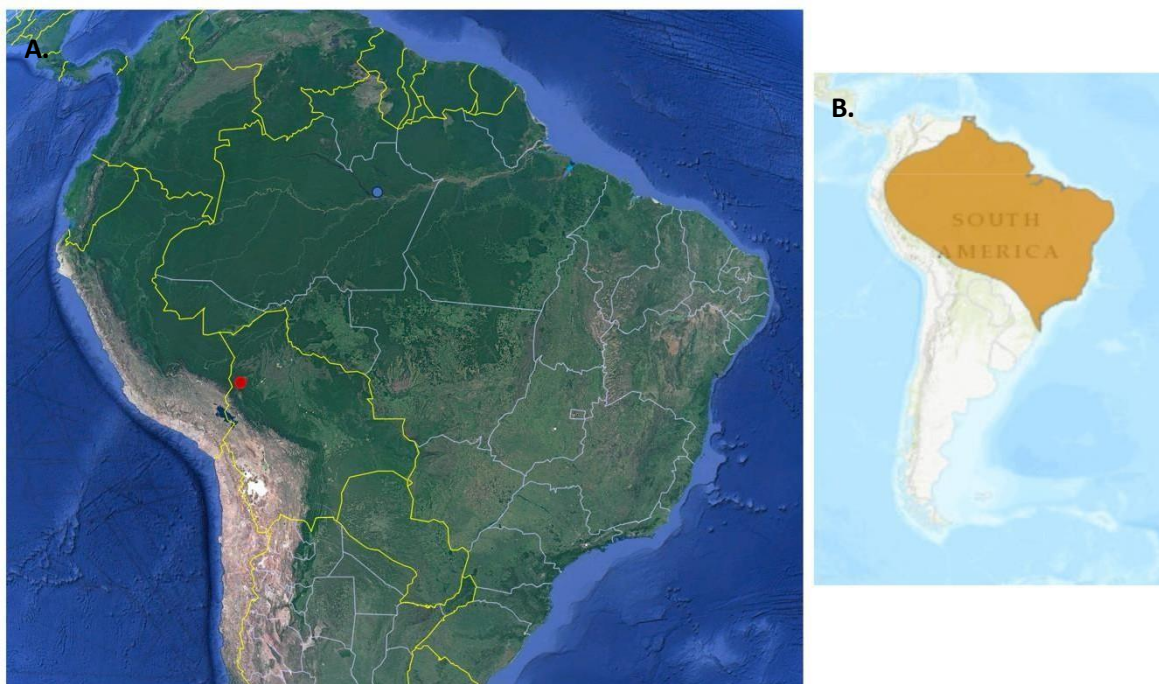


Figura 1. **A.** Localidades das duas populações de *B. geographica*: *ponto azul* = Reserva Florestal Adolpho Ducke, localizada na zona leste de Manaus, na Amazônia central; *ponto vermelho* = Parque Nacional Madidi, na Floresta Amazônica Boliviana. **B.** Distribuição do complexo de espécies hoje conhecido como *B. geographica*.

O Parque Nacional Madidi (Figura 2) encontra-se na região noroeste da Bolívia, a qual corresponde a floresta tropical sub-Andina (Ribera *et al.*, 1996), tem uma precipitação estimada de 2.000 mm, com temperatura média variando de 22-26°C (Mueller *et al.*, 2002).

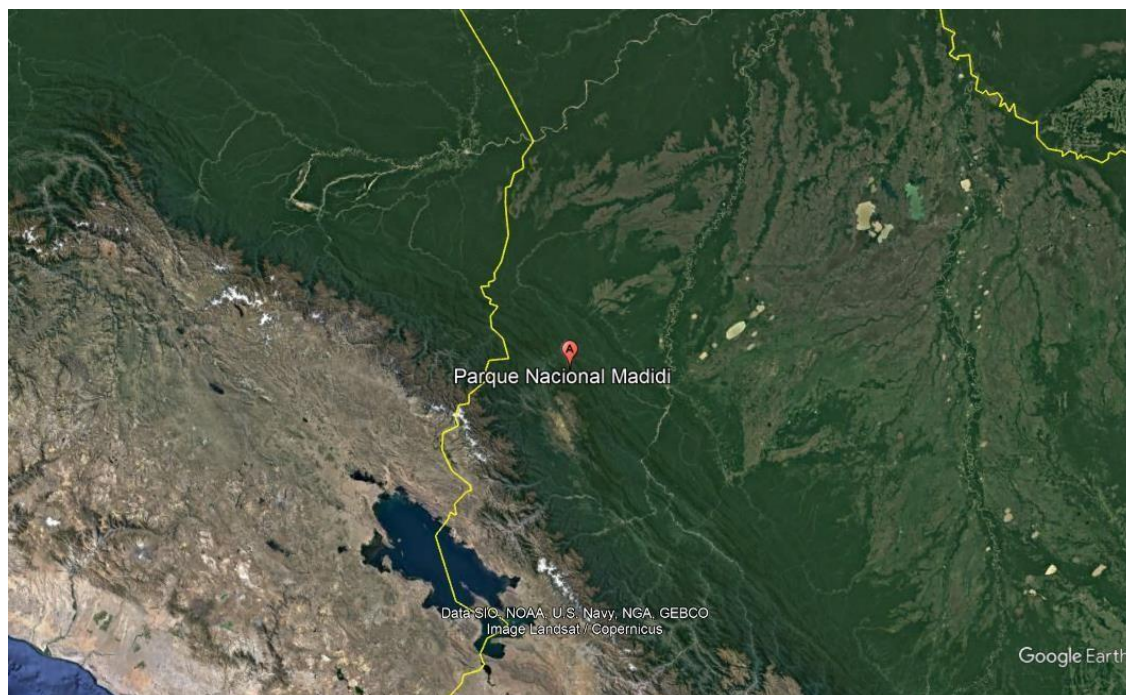


Figura 2. Imagem de satélite do Parque Nacional De Madidi. Fonte: Google Earth, 2023.

A Reserva Florestal Adolpho Ducke (Figura 3) foi criada em 1963 por meio da Lei Estadual n° 41, de 16 de fevereiro do mesmo ano, cuja concessão ficou a cargo do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, é uma área de floresta amazônica tropical primária e possui muita presença de serrapilheira. Possui nascentes de corpos d'água, além de inúmeras espécies animais e vegetais (Hopkins, 2005; Baccaro, 2011).

O clima da região é classificado como tropical úmido, com umidade relativa de 75-86% e precipitação anual de 1.750 a 2.500 mm (Oliveira *et al.*, 2011). A reserva é caracterizada como floresta ombrófila densa, com uma vegetação predominante de terra firme, onde há presença de platôs, vertentes, baixios e campinaranas (Hopkins, 2005).

Na área que foi realizado o estudo ocorrem duas estações distintas, assim como na região de Manaus, a de chuva que ocorre entre os meses de dezembro a maio, onde os meses de março e abril são os que ocorrem maior precipitação e a

estação seca, que ocorre nos meses de junho a novembro, sendo que setembro costuma ser o mais seco (Ribeiro & Villa Nova, 1979; Baccaro *et al.*, 2011).

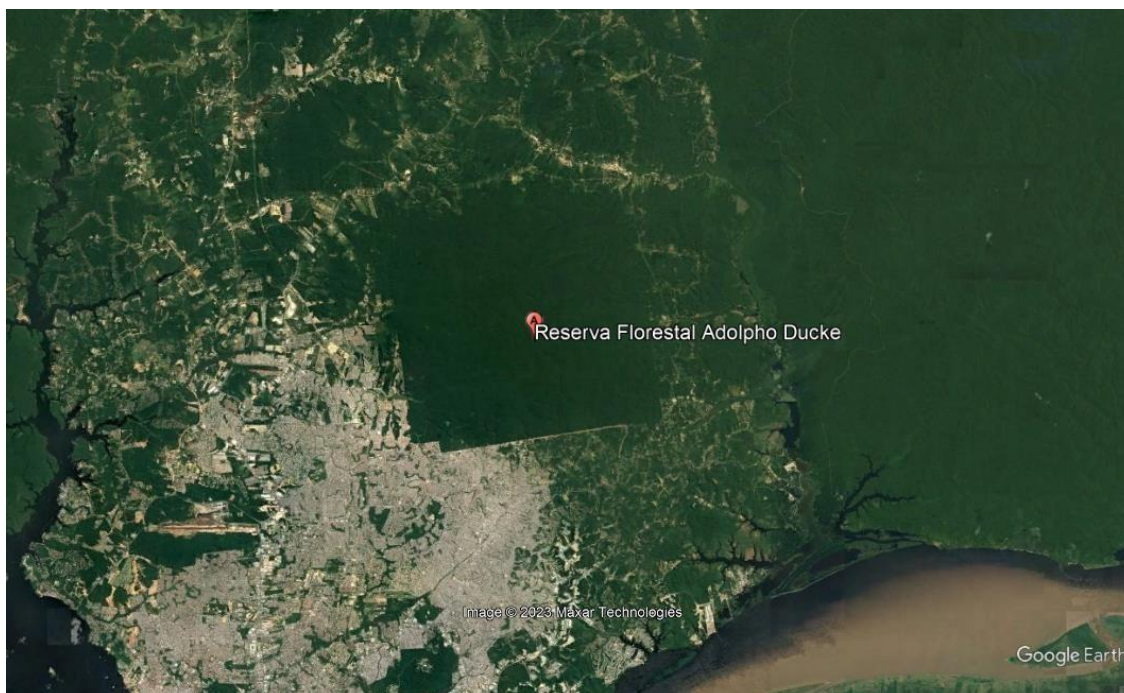


Figura 3. Imagem de satélite da Reserva Florestal Adolpho Ducke. Fonte: Google Earth, 2023.

### 3.2 Delineamento amostral

Os comportamentos defensivos da população de *B. geographica* próxima do Parque Nacional Madidi, na Floresta Amazônica Boliviana foram extraídos de Angulo *et al.* (2007) cujas coletas ocorreram entre 16 e 19 de abril de 2006.

As observações do comportamento de defesa de *B. geographica* na Reserva Florestal Adolpho Ducke ocorreram de abril de 2022 a janeiro de 2023. Toda a amostragem foi realizada no período noturno entre 18:30 e 00:00 horas. Os campos ocorreram durante todo o ano, mas se concentraram majoritariamente na estação chuvosa devido a maior atividade dos animais neste período.

Os comportamentos defensivos foram sistematizados entre as duas diferentes populações, Bolívia e Brasil, o que consistiu em observações através do método animal focal (Dawkins, 2007), onde os animais foram capturados manualmente pelos pesquisadores e todos os comportamentos observados foram anotados durante o manuseio. As amostragens de ambas as localidades também excluíram indivíduos em

amplexo e foram anotados a temperatura e umidade relativa do ar (Angulo *et al.*, 2007).

Os animais observados na Reserva Florestal Adolpho Ducke foram observados, fotografados, filmados e medidos através de paquímetro e posteriormente soltos. Estas observações foram realizadas sob a licença 61903-2 de manipulação da fauna silvestre concedida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Fauna (ICMbio) do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Todos os comportamentos defensivos observados foram classificados de acordo com Angulo *et al.* (2007); Toledo *et al.* (2011), Ferrante *et al.* (2014), (2020) e (2021).

### 3.3 Análises estatísticas

Para testar a hipótese, que visa verificar se existe variação do comportamento de defesa entre as populações de *B. geographica* localizadas na Amazônia central do Brasil e na a população inserida na Bolívia foi realizada uma Análise Multivariada de Permutação de Variância (PERMANOVA) e uma Análises de Componentes Principais (PCA) com base em uma matriz de comportamentos defensivos observados nos indivíduos de ambas as populações, onde cada linha representa um indivíduo e as colunas representavam os comportamentos defensivos apresentados no campo ou na literatura. Os valores utilizados na matriz foram um para a ocorrência de determinado comportamento e zero quando não ocorreu.

A PERMANOVA é uma análise multivariada não paramétrica que testa a hipótese nula de que a dispersão das observações são equivalentes em todos os grupos formados. Já a PCA é uma técnica de análise multivariada que pode ser usada para analisar inter-relações entre muitas variáveis e explicar essas variáveis em termos de suas dimensões inerentes (componentes).

Tanto a PERMANOVA como a PCA consideraram todo o repertório defensivo observado, a fim de testar a variação entre o conjunto de comportamentos defensivos entre os indivíduos das populações do Brasil e da Bolívia. Ao total foram considerados uma amostragem de 106 indivíduos para a população de *B. geographica* da Bolívia (Angulo *et al.*, 2007) e 91 indivíduos para a população de *B. geographica* do Brasil (dados do presente estudo), compreendendo um n=197 indivíduos para todo o estudo.

#### 4 RESULTADOS

Ao todo foram observados 24 diferentes comportamentos defensivos entre as duas populações de *B. geographica*. Para a população da Bolívia foram observados os comportamentos “Sem reação aparente”, “Comportamento Boo”, “Contração” e “Estender membros”, para a população do Brasil foram registrados estes quatro comportamentos além de 20 outros comportamentos como “comportamento de empurrar”, “escalar (novo comportamento)”, “inflar o corpo”, “inflar os pulmões”, “abrir as pernas”, “arquear o corpo e a cabeça”, “saltar”, “projeção do osso sacral”, “contrair o corpo junto ao substrato”, “recolher os olhos (novo comportamento)”, “exalar cheiro repugnante”, “vibrar saco vocal (novo comportamento)”, “canto agonístico”, “empurrar na diagonal (novo comportamento)”, “erguer a cabeça arqueando o corpo”, “morder”, “levantar a cabeça com o queixo para cima”, “afilar o quadril (novo comportamento)”, “se agarrar a vegetação” e “urinar”. Dos 20 comportamentos defensivos observados na população do Brasil, pelos menos cinco destes são novos sem qualquer registro na literatura.

A comparação das matrizes comportamentais através de PERMANOVA ( $R^2=0.39$ ,  $p=0.001$ ) e PCA (Figura 4), demonstraram haver distinção dos comportamentos de defesa entre as duas populações de *B. geographica* do presente estudo.

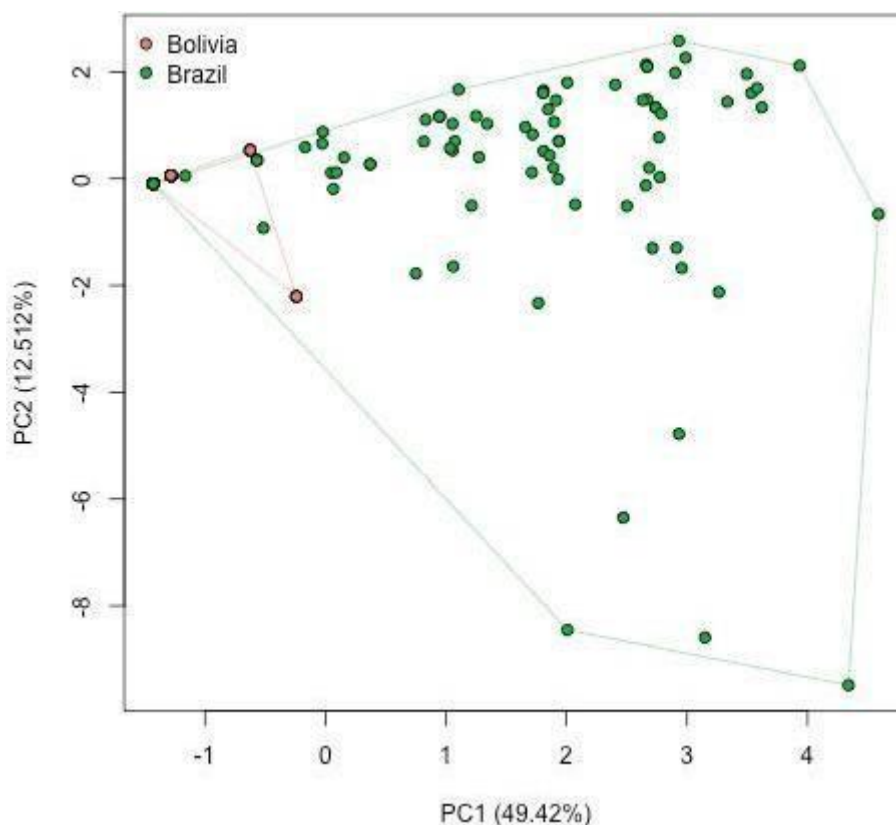


Figura 4. Análise de Componentes Principais (PCA) envolvendo as duas populações de *B. geographica*, Bolívia em vermelho e Brasil em verde.

A Análise de Componentes Principais demonstrou que apenas o eixo 1 explica em torno de 49.42% da variação dos displays de defesa entre as duas populações (Figura 4). O eixo 1 demonstrou que os comportamentos defensivos dos indivíduos pertencentes a população da Bolívia apresentou uma gama pequena de displays defensivos em relação a população do Brasil, sendo que este padrão comportamental demonstrou-se aninhado dentro do repertório de defesa apresentado pela população de *B. geographica* do Brasil.

## 5 DISCUSSÃO

Para a família Hylidae, a qual *Boana geographica* está inserida, comportamentos de defesa podem apresentar certa plasticidade dependendo do evento de predação (Ferrante et al., 2014). Para anuros na Amazônia central, foi verificado que a plasticidade de displays defensivos para repelir predadores tende a variar mesmo dentro de uma mesma espécie, onde juvenis, fêmeas e machos podem

apresentar variações em seus displays defensivos devido a diferença na comunidade de predadores nos ambientes ocupados por estas diferentes categorias (Ferrante et al. 2021). Estes eventos de predação, também foram influenciados pelo tamanho do predador em relação a presa (Menin et al. 2013, Ferrante et al. 2021).

A mortalidade em uma comunidade é influenciada pela gama de predadores (Paine 1994; Carpenter 1997; Hixon 1997). Entretanto, além das pressões de seleção natural exercida pelos predadores, a capacidade de resistir a eventos de predação, é uma capacidade herdada geneticamente, ou seja, determinada também por fatores hereditários que por sua vez serão selecionados pela eficácia destes mecanismos em repelir os diferentes predadores, tornando esta uma capacidade intrínseca a nível populacional (Lubchenco & Gaines 1981; Crawley 1983; Rhoades 1983). As análises estatísticas empregadas, PERMANOVA e PCA (Figura 4), destacaram claramente que as populações distintas de *B. geographica* exibem comportamentos de defesa significativamente diferentes, porém o conjunto de comportamentos defensivos apresentados pelos indivíduos da população da Bolívia demonstraram um aninhamento em relação ao grupo de comportamentos defensivos apresentados pelos indivíduos da população do Brasil. Esses resultados têm implicações profundas para a compreensão da ecologia comportamental, ecologia de populações, ecologia de comunidade e podem fornecer insights valiosos para estratégias de conservação.

Uma possível explicação para essas diferenças marcantes nos comportamentos de defesa entre as duas populações pode ser atribuída à pressão seletiva exercida pelos predadores em cada uma das localidades (Ferrante et al., 2021). A comunidade de predadores tende a variar em complexidade e diversidade em relação a estrutura do habitat (Thoisly et al. 2016). Desta forma, a população de *B. geographica* na Amazônia boliviana pode ter desenvolvido comportamentos de defesa específicos em resposta aos tipos de predadores prevalentes em sua região, enquanto a população na Amazônia central brasileira pode ter enfrentado diferentes predadores, levando a adaptações comportamentais mais distintas, uma vez que a Amazônia central apresenta estruturas florestais mais complexas e com maior biomassa o que influencia a comunidade de predadores (Thoisly et al. 2016). O Parque de Madidi na Bolívia, abriga uma das maiores biodiversidades do mundo (Gorman, 2018), entretanto a região se encontra em um ecótono de transição da floresta chuvosa e floresta Andina e parte das observações dos displays defensivos

de *B. geographica* observadas para a região foram realizados em florestas secundárias e em vegetações arbustivas (Angulo et al. 2007).

As diferentes estratégias de defesa podem ser particularmente importantes em ambientes tropicais devido à maior pressão de predação associada a estes ambientes (Paine 1966; Pianka 1966). Desta forma, as localidades das duas populações de *B. geographica*, uma na Amazônia boliviana e a outra na Amazônia central no Brasil, podem apresentar variações ecológicas substanciais, incluindo a composição de predadores e suas estratégias de caça. Isso poderia resultar em diferentes pressões seletivas sobre os comportamentos de defesa das populações de *B. geographica* em cada localidade. Por exemplo, a presença de predadores mais especializados em uma população poderia levar ao desenvolvimento de comportamentos defensivos mais específicos e eficazes contra esses predadores, enquanto que uma maior gama de predadores poderia influenciar em um maior repertório. A predação entre outros grupos taxonômicos também corrobora nossos achados, por exemplo, a herbivoria é significativamente maior nas florestas tropicais do que nas temperadas (Coley e Aide 1991), assim como as concentrações de defesas em plantas, como maior presença de alcaloides (Levin e York 1978) e fenólicos compostos (Coley e Aide 1991). Mesmo pequenos organismos aquáticos apresentam as mesmas tendências, onde algas tropicais parecem ser quantitativa e qualitativamente melhor defendidas do que algas que ocorrem em ambientes temperados, uma vez que algas tropicais apresentam maior número de metabólitos secundários (Fenical 1980; Faulkner 1984; Hay e Fenical 1988) e propriedades mais fortes para repelir predadores quando comparadas a algas que ocorrem em ambientes temperados (Bolser e Hay 1996). Por sua vez, esta maior diversidade de mecanismos de defesa em presas é resultado da maior diversidade de predadores nestes ambientes, como o maior número de peixes herbívoros recifes tropicais quando comparados a recifes em zonas temperadas (Meekan e Choat 1997), criando uma maior pressão de predação em recifes tropicais que explicaria a maior diversidade de mecanismos defensivos em algas nestas zonas (Hay 1991; Bolser e Ha, 1996).

Além disso, fatores ambientais, como a disponibilidade de abrigo e recursos alimentares, também podem contribuir para as diferenças nos comportamentos de defesa. Desta forma, além da comunidade de predadores, as diferentes condições de habitat entre as duas localidades, a Reserva Florestal Adolfo Ducke no Brasil e Parque Nacional Madidi na Bolívia, podem influenciar as estratégias de sobrevivência

apresentadas pelas suas respectivas populações de *B. geographica*, resultando em comportamentos de defesa variados.

Estudos futuros poderiam lançar maior luz sobre o tema ao identificar predadores presentes em cada região e a investigação de suas interações com os anuros. A realização de experimentos comportamentais em condições controladas também poderia ajudar a determinar como os diferentes predadores afetam os comportamentos de defesa das populações de *B. geographica* em cada localidade, contribuindo significativamente para a compreensão do comportamento defensivo em anuros.

## 6 CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem que as diferenças nos comportamentos de defesa entre as populações de *B. geographica* podem ser atribuídas à pressão seletiva exercida por predadores distintos em cada localidade. Esse estudo ressalta a importância de considerar os fatores ecológicos e ambientais ao investigar as diferenças comportamentais entre populações de uma mesma espécie, o que pode contribuir para estratégias de conservação mais eficazes e direcionadas.

## REFERÊNCIAS

ANGULO, A.; ACOSTA, A. R.; RUEDA-ALMONACID, J. V. Diversity and frequency of visual defensive behaviours in a population of *Hypsiboas geographicus*. **The Herpetological Journal**, v. 17, n. 2, p. 138-140, 2007.

ÁVILA-PIRES, T. C. S.; HOOGMOED, M. S.; VITT, L. J. Herpetofauna da Amazônia. **Herpetologia no Brasil II**. p. 13–43, 2005.

BACCARO, F. B.; DRUCKER, D. P.; VALE, J. DO; OLIVEIRA, M. L. DE; MAGALHÃES, C.; LEPSCH-CUNHA, N.; MAGNUSSON, W. E. A reserva Ducke. In: OLIVEIRA, M. L.; BACCARO, F. B.; BRAGA-NETO, R.; MAGNUSSON, W. E.

**Reserva Ducke: a biodiversidade amazônica através de uma grade.** Manaus: INPA. p. 11-20. 2011.

BLAUSTEIN, A. R.; KIESECKER, Joseph M. Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations. **Ecology letters**, v. 5, n. 4, p. 597608, 2002.

BOLSER, R.C., HAY, M.E. (1996) Are tropical plants better defended? Palatability and defenses of temperate vs tropical seaweeds. **Ecology** 77:2269–2286.

CANALE, G.; LINGNAU, R. *Hyla biobeba* (NCN). Predation. **Herpetological Review**, v. 34, p. 136-136, 2003.

CARDINALE, B. J. *et al.* Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 59-67, 2012.

CARPENTER, R.C. (1997) Invertebrate predators and grazers. In: Birkeland C (ed) *Life and death of coral reefs*. Chapman and Hall, New York, pp 198–229.

CRAWLEY, M.J. (1983) *Herbivory: the dynamics of animal-plant interactions*. Blackwell, Oxford.

COLEY, P.D., AIDE, T.M. (1991) Comparison of herbivory and plant defenses in temperate and tropical broad-leaved forests. In: Price PW, Lewinsohn TM, Fernandes GW, Benson WW (eds) *Plant-animal interactions: evolutionary ecology in tropical and temperate regions*. Wiley, New York, pp 25–49.

DASILVA, M. B. Áreas de endemismo: as espécies vivem em qualquer lugar, onde podem ou onde historicamente evoluíram. **Revista da Biologia**, v. 7, p. 12-17, 2011.

DIETL, G. P. Coevolution of a marine gastropod predator and its dangerous bivalve prey. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 80, n. 3, p. 409-436, 2003.

DORAZIO, B. G. Inventário herpetofaunístico de uma localidade no município de Porto Velho-RO. 2015.

DUELLMAN, W. E. Tropical herpetofaunal communities: patterns of community structure in neotropical rainforests. **Vertebrates in complex tropical systems**, p. 61-88, 1989.

DUELLMAN, W. E.; TRUEB, L. **Biology of amphibians**. JHU press, 1994.

DUELLMAN, W. E.; TRUEB, L. *Biology of amphibians*, reprint ed. John Hopkins. 1986.

EDMUNDS, M. **Defence in animals: a survey of anti-predator defences**. Longman Publishing Group, 1974.

FAULKNER, D.J. (2000) Marine Natural Products. **Nat Prod Rep** 17:7– 55.

FENICAL, W. (1980) Distributional and taxonomic features of toxinproducing marine algae. In: Abbott IA, Foster MS, Eklund LF (eds) *Pacific Seaweed Aquaculture*. California Sea Grant College Program, Institute of Marine Resources, University of California, La Jolla, Calif., pp 144–151.

FELDMAN, C. R. *et al.* The evolutionary origins of beneficial alleles during the repeated adaptation of garter snakes to deadly prey. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 32, p. 13415-13420, 2009.

FERRANTE, L.; NAJAR, T.; KAEFER, I. L. Four new anuran defense behaviors observed in the cane toad *Rhinella marina*. **Ethology Ecology & Evolution**, v. 32, p. 590-595, 2020.

FERRANTE, L.; NAJAR, T; BACCARO, F. B.; KAEFER, I. L. The behavioural ecology behind anti-predator mechanisms: diversity, ontogenetic changes and sexual differences in anuran defence behaviours. **Ethology Ecology & Evolution**, v. 4, p. 1-11, 2021.

FERRANTE, L.; SACRAMENTO, M.; ANGULO, A. Defensive behaviour in *Aplastodiscus leucopygius* (Cruz and Peixoto, 1985). (Anura: Hylidae). **Herpetology Notes**, v. 7, p. 135-138, 2014.

FROST, D. R. 2023. Amphibian Species of the World: an online reference. Version 6.1 (DATE OF ACCESS). Eletronic Data base accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/Amphibia/Anura/Hylidae/Hylinae/Boana>.

Acessado em 23 de fevereiro de 2023.

GARRETT, C. M.; BOYER, D. M. *Bufo marinus* (cane toad) predation.

**Herpetological Review**, v. 24, n. 4, p. 148, 1993.

Gorman, J. (2018) Is This the World's Most Diverse National Park? **The New York Times**. Available at: <https://www.nytimes.com/2018/05/22/science/bolivia-madidinal-park.html>

HADDAD, N. M. *et al.* Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science advances**, v. 1, n. 2, p. e1500052, 2015.

HAGUE, M. T. J *et al.* Conspicuous coloration of toxin-resistant predators implicates additional trophic interactions in a predator–prey arms race. **Molecular Ecology**, 2022.

HARVEY, P. H.; GREENWOOD, P. Anti-predator defence strategies: some evolutionary problems. **Behavioural ecology**, p. 129-151, 1978.

HAY, M.E., FENICAL, W. (1988) Marine plant-herbivore interactions: the ecology of chemical defense. **Annu Rev Ecol Syst** 19:111–145.

HAY, M.E. (1991) Fish-seaweed interactions on coral reefs: effects of herbivorous fishes and adaptations of their prey. In: Sale PF (ed) The ecology of fishes on coral reefs. **Academic, San Diego**, pp 96–119.

HIXON, M.A. (1997) Effects of reef fishes on corals and algae. In: Birkeland C (ed) Life and death of coral reefs. **Chapman and Hall, New York**, pp 230–248.

HOOGMOED, M. S. Censo da Biodiversidade da Amazônia. Anuros. Disponível em: <[http://censo.museu-goeldi.br:8080/museugoeldiweb1.2.0/paginas/especie\\_consultar.xhtml](http://censo.museu-goeldi.br:8080/museugoeldiweb1.2.0/paginas/especie_consultar.xhtml) />. Acesso em 23.02.2023. 2023.

HOPKINS, M. J. G. Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil. **Rodriguésia**, v. 56, p. 09-25, 2005.

JONES, M. S.; STILES, B. *Bufo boreas* (boreal toad). Predation. **Herpetological Review**, v. 30, n. 91, p. 56, 1999.

KAVALIERS, M., CHOLERIS, E. Antipredator responses and defensive behavior: ecological and ethological approaches for the neurosciences. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 25, n. 7-8, p. 577-586, 2001.

LEVIN, D.A., YORK, B.M. (1978) The toxicity of plant alkaloids: an ecographic perspective. **Biochem Syst Ecol** 6:61–76.

LIMA, A. P.; MAGNUSSON, W. E.; MEMIN, M; ERDTMANN, L. K.; RODRIGUES, D. J.; KELLER, C.; HODL, W. Guia de sapos da Reserva Adolpho Ducke, Amazônia Central. Áttema design editorial. Manaus, 168 pp. 2006.

LUBCHENCO, J., GAINES, S.D. (1981) A unified approach to marine plant-herbivore interactions. I. populations and communities. **Annu Rev Ecol Syst** 12:405–437.

MEEKAN, M.G., CHOAT, J.H. (1997) Latitudinal variation in abundance of herbivorous fishes: a comparison of temperate and tropical reefs. **Mar Biol** 128:373–383.

MILLER, L. A., SURLYKKE, A. How some insects detect and avoid being eaten by bats: Tactics and Countertactics of Prey and Predator: Evolutionarily speaking, insects have responded to selective pressure from bats with new evasive mechanisms, and these very responses in turn put pressure on bats to “improve” their tactics. **Bioscience**, v. 51, n. 7, p. 570-581, 2001.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Biodiversidade brasileira, avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade nos biomas brasileiros. Brasília: MMA/SBF, 2002.

MUELLER, Robert et al. Vegetación potencial de los bosques de Yungas en Bolivia, basado en datos climáticos. **Ecología en Bolivia**, v. 37, n. 2, p. 5-14, 2002.

NECKEL-OLIVERIA, S.; GORDO, M. 2004. Anfíbios, lagartos e serpentes do Parque Nacional do Jaú. In: Borges, S.H.; Iwanaga, S.; Durigan, C.C.; Pinheiro, M.R. (Eds.). **Janelas para a biodiversidade no Parque Nacional do Jaú – uma estratégia para o estudo da biodiversidade na Amazônia**. Fundação Vitória Amazônica, Manaus, p.161-176.

OLIVEIRA, Seixas *et al.* Predation on *Rhinella mirandaribeiroi* (Gallardo, 1965)(Anura; Bufonidae) by a snake from Central Brazil. **Herpetology Notes**, v. 10, p. 151-155, 2017.

OLIVEIRA, Márcio L. *et al.* **Reserva Ducke: A biodiversidade amazônica através de uma grade**. PPBio, 2011.

PAINE, R.T. (1966) Food web complexity and species diversity. **Am Nat** 100:65–75.

PAINE, R.T. (1994) Marine rocky shores and community ecology: an experimentalist's perspective. **Ecology Institute**, Oldendorf/ Luhe, Germany.

PANTOJA, D.; DE FRAGA, R. Herpetofauna of the Reserva Extrativista do Rio Gregório, Juruá Basin, southwest Amazonia, Brazil. **Check List**, v. 8, n. 3, p. 360374, 2012.

PIANKA, E.R. (1966) Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. **Am Nat** 100:33–46.

PHILLIPS, B.; SHINE, R. When dinner is dangerous: toxic frogs elicit species-specific responses from a generalist snake predator. **The American Naturalist**, v. 170, n. 6, p. 936-942, 2007.

POUGH, F. H.; JANIS, C.M.; HEISER, J. B. **A vida dos vertebrados**. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

PROVETE, D. B. *et al.* Knowledge gaps and bibliographical revision about descriptions of free-swimming anuran larvae from Brazil. **North-Western Journal of Zoology**, v. 8, n. 2, p. 283-286, 2012.

RIBEIRO, M. N. G.; VILLA, N. N. A. Estudos climatológicos da Reserva Florestal Ducke, Manaus, AM. III: Evapotranspiração. **Acta Amazonica**, 9 (2): 305– 309. 1979.

RIBERA, M. O., M. LIBERMANN, S. BECK, & M. A. MORAES. Vegetação da Bolívia. Pp. 169-2 In: K. Mihotek (ed.). Comunidades, Territórios Indígenas e Biodiversidade na Bolívia. Centro do Pesquisa e Gestão de Recursos Naturals, Universidade Autónoma Gabriel Rene Moreno, Santa Cruz. 1996.

RHOADES, D.F. (1983) Herbivore population dynamics and plant chemistry. In: Denno RF, McClure MS (eds) *Variable plants and herbivores in natural and managed systems*. **Academic, New York**, pp 155–220.

SCHERER, A. E., SMEE, D. L. A review of predator diet effects on prey defensive responses. **Chemoecology**, v. 26, p. 83-100, 2016.

SCHMITZ, O. Predator and prey functional traits: understanding the adaptive machinery driving predator–prey interactions. **F1000Research**, v. 6, 2017.

SEGALLA, M. V.; CARAMASCHI, U.; CRUZ, C. A. G.; GRANT, T.; HADDAD, C. F. B.; GARCIA, P. C. A.; BERNECK, B. V. M.; LANGONE, J. A. Brazilian amphibians: list of species. **Herpetologia brasileira**, v. 3, n. 2, p. 37-48, 2014.

TOCHER, M. Diferenças na composição de espécies de sapos entre três tipos de floresta e campo de pastagem na Amazônia central. **Floresta Amazônica: Dinâmica, regeneração e manejo (C. Gascon & P. Moutinho, eds.)**. Ministério da Tecnologia e Ciência, Manaus, p. 219-232, 1998.

TOCHER, MANDY D.; GASCON, CLAUDE; MEYER, J. (2021) Community composition and breeding success of Amazonian frogs in continuous forest and matrix habitat aquatic sites. **Lessons from Amazonia: The ecology and conservation of a fragmented forest**, p. 235-247.

THOISY, B., FAYAD, I., CLÉMENT, L., BARRIOZ, S., POIRIER, E., GOND, V. (2016) Predators, Prey and Habitat Structure: Can Key Conservation Areas and Early Signs of Population Collapse Be Detected in Neotropical Forests? **PLoS ONE** 11(11): e0165362. doi:10.1371/journal.pone.0165362

TOLEDO, L. F. Predation of juvenile and adult anurans by invertebrates: current knowledge and perspectives. **Herpetological Review**, v. 36, n. 4, p. 395-399, 2005.

TOLEDO, L. F.; SAZIMA, I.; HADDAD, C. F. B. Behavioural defences of anurans: an overview. **Ethology Ecology & Evolution**, v. 23, n. 1, p. 1-25, 2011.

WALDEZ, F.; MENIN, M.; VOGT, RICHARD, C. Diversidade de anfíbios e répteis Squamata na região do baixo rio Purus, Amazônia Central, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 13, p. 300-316, 2013.

WELLS, K. D. The ecology and behavior of amphibians. In: **The Ecology and Behavior of Amphibians**. University of Chicago press, 2010.

WIRSING, A. J., CAMERON, K. E., HEITHAUS, M. R. Spatial responses to predators vary with prey escape mode. **Animal Behaviour**, v. 79, n. 3, p. 531-537, 2010.

ZIPKIN, E. F. *et al.* Tropical snake diversity collapses after widespread amphibian loss. **Science**, v. 367, n. 6479, p. 814-816, 2020.