

# HERPETOLOGIA PARA TODOS

---

ORGANIZADORES  
THIAGO SILVA-SOARES, MARINA MONJARDIM, RODRIGO GIESTA FIGUEIREDO

VOLUME I  
HERPETORAMA  
2019 - 2021

---

EDITORA INSTITUTO BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL



# HERPETOLOGIA PARA TODOS

VOLUME I  
HERPETORAMA  
2019 - 2021

EDITORA INSTITUTO BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL





# HERPETOLOGIA PARA TODOS

VOLUME I

## COMO CITAR A OBRA

Silva-Soares, T., Monjardim, M., Figueiredo, R.G. (eds.). 2023. Herpetologia para todos. Editora Instituto Biodiversidade Neotropical. 218 pp.

## COMO CITAR CAPÍTULO

Silva-Soares, T. & Figueiredo, R.G. 2023. HERPETORAMA: o congresso de anfíbios e répteis do Brasil. Pp. 13-36. In Silva-Soares, T., Monjardim, M., Figueiredo, R.G. (eds.), Herpetologia para todos. Editora Instituto Biodiversidade Neotropical.

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Herpetologia para todos [livro eletrônico] : o tema que virou lema / organizadores Thiago Silva-Soares, Marina Monjardim, Rodrigo Giesta Figueiredo. -- Guarapari, ES : Instituto Biodiversidade Neotropical, 2023. -- (Herpetologia para todos ; v. 1)  
PDF

Vários autores.  
Bibliografia.  
ISBN 978-65-980291-0-4

1. Animais (Zoologia) 2. Anfíbios 3. Herpetologia  
4. Répteis I. Silva-Soares, Thiago. II. Monjardim,  
Marina. III. Figueiredo, Rodrigo Giesta. IV. Série.

23-163311

CDD-598.1

### Índices para catálogo sistemático:

1. Herpetologia : Zoologia 598.1

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

## **INSTITUTO BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL**

### **Presidente**

THIAGO SILVA-SOARES

### **Diretora Executiva**

MARINA MONJARDIM

### **Diretora Administrativa**

BEATRIZ DA SILVA BRITO

### **Diretor Financeiro**

SÉRGIO ROBERTO FERREIRA SOARES

### **Conselho Fiscal**

RODRIGO GIESTA FIGUEIREDO

CARLOS AUGUSTO FERREIRA SOARES

RIVELINO THARCILIO SANTOS GALVÃO

### **Coordenação de Pesquisa, Avaliação e Monitoramento de Biodiversidade**

TOMAS LIMA ROCHA, ERLAN PIROVANI SILVA, DIEGO HENRIQUE SANTIAGO

### **Coordenação de Comunicação, Assessoramento Técnico e Administrativo**

SAMANTHA ZORZI SOUSA RESENDE, ALINE PEREIRA COSTA, GIORDANA

BOVARETO PERIM, EMILI MARIA DE LIMA

### **Coordenação-Geral de Estratégias para Conservação e Gestão da Informação**

CAIO MARINHO MELLO, DÉBORA CRISTINA BAPTISTA MEDEIROS DE OLIVEIRA

SANTOS, THAIS DE ASSIS VOLPI

## **PROJETO HERPETO CAPIXABA**

### **Coordenação Geral**

THIAGO SILVA-SOARES

RODRIGO GIESTA FIGUEIREDO

MARINA MONJARDIM

BEATRIZ DA SILVA BRITO

# HERPETOLOGIA PARA TODOS - Volume I

## Autores

THIAGO SILVA-SOARES<sup>1</sup>

MARINA MONJARDIM<sup>1</sup>

RODRIGO GIESTA FIGUEIREDO<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Biodiversidade Neotropical, Rua Sanhaço, 562, bairro Nova Guarapari, Guarapari, 29206-400, Espírito Santo, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Biologia, Alegre, Espírito Santo, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Museu de História Natural do Sul do Estado do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil

## Projeto Gráfico, Diagramação, Foto da Capa e Contracapa

LEONARDO MERÇON | INSTITUTO ÚLTIMOS REFÚGIOS

## Comitê editorial e de revisão

MA. DÉBORA CRISTINA MEDEIROS

ME. JOSÉ HENRIQUE DE ANDRADE LIMA

BRUNO ALESSANDRO AUGUSTO PEÑA CORRÊA

DRA. ERIKA MARQUES SANTANA

DR. CAIO MARINHO MELLO

DRA. THAÍS DE ASSIS VOLPI

MA. ALINE PEREIRA COSTA

DRA. MARINA MONJARDIM

DR. RODRIGO GIESTA FIGUEIREDO

DR. THIAGO SILVA-SOARES

# HERPETOLOGIA PARA TODOS - Volume I

**Herpetorama: o Congresso de Anfíbios e Répteis do Brasil.  
“Herpetologia para Todos”**

## **Comitê Organizador**

### **I Herpetorama, 2019**

[Presidentes] Dr. Thiago Silva-Soares & Dr. Rodrigo Giesta Figueiredo; [Comissão] Tainara de Alencar, Dra. Sarah Maria Vargas, Me. Iago Silva Ornellas, Nicolas Augustin L. Neves, Beatriz da S. Brito, Amanda Del’ Maestro, Erlan Pirovani Silva, Juciana L. Andrade, Luis Fernando de S. Vilar, Amanda Fernandes Gimenez, Maiara Goltara, Théo C. M. Queiros, Lucas Rosado Mendonça, Thais Wanguestel Lunz, Matheus Pimentel, Emili Lima e Thomas Lima Rocha.

### **II Herpetorama, 2020**

[Presidentes] Dr. Thiago Silva-Soares & Dr. Rodrigo Giesta Figueiredo; [Comissão] Beatriz da Silva Brito, Me. Tomas Lima Rocha, Maiara Goltara, Letícia Keiko Watanabe, Ethél Viana da Silva, Erlan Pirovani Silva, Amanda Fernandes Gimenez, Gabriel Falquetto, Pedro Henrique Carvalho Costa, Théo Carlos Monteiro Queiros, Matheus de Souza Pimentel da Silva, Aline Pereira Mota, Rafael Mathielo, Jéssyca Feitosa Paulon, Nicolas Augustin Leonardo Neves, Jovana Gonçalves Bicalho, Luis Fernando de Sousa Vilar.

### **III Herpetorama, 2021**

[Presidentes] Dr. Thiago Silva-Soares & Dr. Rodrigo Giesta Figueiredo; [Comissão] Beatriz da Silva Brito, Erlan Pirovani Silva, Rafael Gonçalves da Silva Quadros, Me. Marina Monjardim, Aline Pereira Costa, Théo Carlos Monteiro Queiros, Ethél Viana da Silva, Shalomir Ruth Saunders, Jéssica Mascarello Graciano, Samantha Zorzi Sousa Resende, Leticia Keiko Watanabe, Matheus de Souza Pimentel da Silva, Rubia Rempalski Cordeiro da Silva, Isabella Marçal Silva, Augusto Vinhas Tozani, Giovana Cordioli, Beatriz Caldeira Fagundes, Antonio ‘Tonny’ Soares Júnior, Adaís Salles, Daniela Sifuentes, Ednalva Santos, Gabriel Falquetto e Jovana Gonçalves Bicalho.



Perereca-de-bromélia *Phyllodytes luteolus*  
Foto: Leonardo Merçon | Instituto Últimos Refúgios.

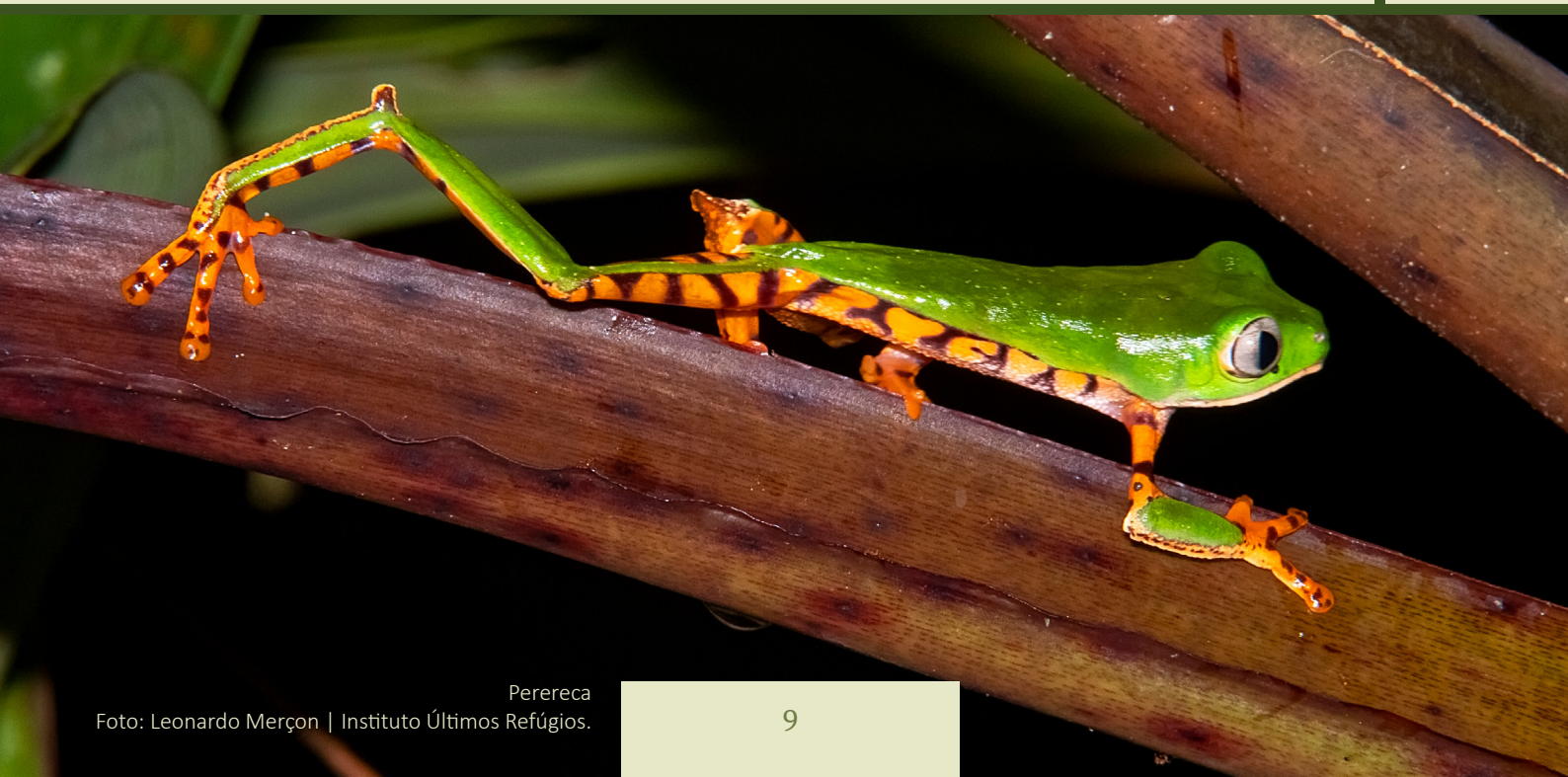
**“Levanta, sacode a poeira, e dá a volta por cima...”**

Paulo Emílio Vanzolini 1924 – 2013



## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
PREFÁCIO	12
HERPETORAMA: O CONGRESSO DE ANFÍBIOS E RÉPTEIS DO BRASIL	13
SANGUE FRIO, MUNDO QUENTE? OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA HERPETOFAUNA	38
UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS GIRINOS	52
SALAMANDRAS DO BRASIL	80
ANFISBÊNIOS DO BRASIL	97
ANFÍBIOS EM ILHAS BRASILEIRAS	111
CHAVE TAXONÔMICA DE IDENTIFICAÇÃO DE QUELÔNIOS CONTINENTAIS BRASILEIROS	121
UMA ABORDAGEM MULTICARÁTER DA ECOLOGIA DE NINHOS E DO COMPORTAMENTO REPRODUTIVO DA TARTARUGA PODOCNEMIS UNIFILIS	135
JACARÉS URBANOS NO BRASIL	149
DESAFIOS DA MANUTENÇÃO DE SERPENTES PEÇONHENTAS: O biotério do Laboratório de Herpetologia do Instituto Butantan	160
COMPORTAMENTO DE OFÍDIOS NO TESTE DO LABIRINTO COMPLEXO PARA SERPENTES E RESPOSTAS ANTIPREDATÓRIAS DE PRESAS AMEAÇADAS POR PREDADOR	170
COMPORTAMENTO DEFENSIVO DE URUTU-CRUZEIRO ( <i>Bothrops alternatus</i> ) EM UM MODELO PSICOBIOLOGICO DE ANSIEDADE E MEDO: O TESTE DA ARENA POLIGONAL ENRIQUECIDA PARA SERPENTES	185
O QUE TEM NESSA BROMÉLIA? Uma Curiosa Abordagem Sobre Anuros Bromelígenos	197
A HERPETOLOGIA NA CONSULTORIA AMBIENTAL	204
A DIFUSÃO CIENTÍFICA E A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE EM TEMPOS DE PANDEMIA: UMA PERSPECTIVA A PARTIR DA HERPETOLOGIA	211
FUTURO, CONEXÃO E AMOR	218





## APRESENTAÇÃO

O Herpeto Capixaba tem a honra de apresentar o seu primeiro livro. É muito gratificante ver anos de trabalho voluntário sendo, mais uma vez materializados, porém, agora em uma nova forma. Essa obra é fruto da Herpetorama, o bem quisto Congresso de Anfíbios e Répteis do Brasil. Para fazer jus ao nome, nós sempre buscamos oferecer um verdadeiro espetáculo herpetológico e, assim, acreditamos que essa obra não será diferente.

Por três anos consecutivos a Herpetorama reuniu centenas de ilustres pesquisadores, profissionais, além de milhares de entusiasmados ouvintes para debatermos sobre herpetologia e assuntos afins. Ao final, convidamos todos os palestrantes a transformarem suas falas em linhas e, assim, nós, organizadores e membros do Herpeto Capixaba, compilamos essas valiosas informações que vocês estão prestes a contemplar.

Tanto o Herpeto Capixaba, quanto a Herpetorama, hoje, estão abraçados pelo Instituto Biodiversidade Neotropical, uma organização não governamental fundada pelo próprio Time Herpeto Capixaba, que surge para unirmos esforços à outros pesquisadores e ampliarmos nossa atuação em prol da pesquisa, educação e conservação da natureza.

Um time que outrora tinha uma visão mais focada na herpetologia, hoje, amplia seus horizontes e se fortifica com a inclusão de mais pesquisadores, buscando juntos uma visão mais integradora, resgatando valores do naturalismo. Seguiremos passos dos grandes naturalistas que hoje nos inspiram, como Charles Robert Darwin, Maria Sibylla Merian e Maximilian Alexander Philipp zu Wied-Neuwied.

O IBN, assim chamado Instituto Biodiversidade Neotropical, irá além da herpetofauna, contribuindo ao máximo com a ciência. Por que não, em uma região magnificamente megadiversa, estudar também planárias, caracóis, minhocas, bichos-pau, aranhas papa-mosca, esperanças, peixes, aves e mamíferos? O que nos limita de ir à campo, quizás longínquo, e aproveitar ao máximo aquele momento, talvez único, em prol de descobertas científicas? Esse é um dos propósitos do Instituto Biodiversidade Neotropical.

Seguiremos ampliando nossos horizontes, mas continuaremos sendo Time HC e nos Herpetoramando! Somos todos apaixonados por anfíbios e répteis, e o conhecimento herpetológico não pode parar. Ainda há tanto por se descobrir...

E isso, herpet@s, é o que vocês farão a seguir: descobrir!

Descubra o fascinante mundo dos anfíbios e répteis no primeiríssimo Herpetologia para Todos!

*Thiago Silva-Soares, Marina Monjardim e Rodrigo Giesta Figueiredo*  
Instituto Biodiversidade Neotropical



## PREFÁCIO

O que anfíbios de ilhas e de bromélias, manutenção em cativeiro e comportamento de serpentes, o estudo de girinos, salamandras, anfisbenídeos e de jacarés urbanos, a identificação de quelônios, o comportamento do traçajá, boas práticas em consultoria ambiental em herpetologia, mudança climática, conservação da herpetofauna e divulgação científica tem a ver com futuro, conexões e amor? Tudo!

A natureza é uma grande rede de conexões, como afirma o físico Werner Heisenberg “O mundo aparece como um complicado tecido de eventos no qual conexões de diferentes tipos se alternam, se sobrepõem ou se combinam e, por meio disso, determinam a textura do todo”. E isso fica claro ao ler este livro, com capítulos que abordam todos esses temas de maneira clara e didática. O que inicialmente parece uma colcha de retalhos reúne, de fato, conhecimentos em diversas áreas e para diferentes taxa de anfíbios e répteis que, em conjunto, possibilitam uma visão ampliada da herpetologia brasileira.

Ao antigo ditado “Só se ama o que se conhece” acrescento: e é preciso conhecer para preservar.

E o futuro? Depende, como nunca na história, do presente, ou seja, das ações que conseguirmos tomar, apoiar e cobrar dos responsáveis hoje! Em tempos de pandemia, negacionismo científico e mudança climática, nunca foi tão urgente divulgar o conhecimento, preservar e restaurar ambientes.

E o amor? Esse conjunto de conhecimentos é aqui partilhado em função da paixão pela herpetofauna e pelo conhecimento, que moveu a criação desse evento espetacular que é o Herpetorama e que já está caminhando para sua 4ª. edição. De acordo com o neurobiólogo e pensador chileno Humberto Maturana, “todo conhecer é uma ação efetiva que permite a um ser vivo continuar sua existência no mundo que ele mesmo traz à tona ao conhecê-lo”. Mais ainda, segundo ele, o verdadeiro conhecimento não leva ao controle ou à tentativa de controle, mas leva ao entendimento, à compreensão, a uma ação harmônica e ajustada aos outros e ao meio. Pergunto: o que é o “verdadeiro” conhecimento?

Obviamente não tenho a resposta, mas acredito que apenas quando envolve emoção, quando toca nosso sistema límbico, o conhecimento tem o poder de transformar ações destrutivas em ações conscientes, de respeito por todas as formas de vida. Também é o amor que pode transformar conhecimento em ação. Há que haver amor!!

“All you need is love”, já cantavam sabiamente os Beatles.

**Denise de C. Rossa-Feres**

*Profa. Dra. Denise de C. Rossa-Feres,*

*Presidente da Sociedade Brasileira de Herpetologia - 2022-2023*

*Docente voluntária da UNESP - Câmpus de S.J. do Rio Preto*

*Depto de Ciências Biológicas | PPG Biodiversidade*

*13 de fevereiro de 2023*

# HERPETORAMA: O CONGRESSO DE ANFÍBIOS E RÉPTEIS DO BRASIL

Thiago Silva-Soares<sup>1,\*</sup> & Rodrigo Giesta Figueiredo<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Biodiversidade Neotropical, Herpeto Capixaba project, Rua Sanhaço, 562, bairro Nova Guarapari, Guarapari, 29206-400, Espírito Santo, Brazil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Biologia, Alegre, Espírito Santo, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Museu de História Natural do Sul do Estado do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil.

\*Autor para correspondência: thiagosilvasoares@hotmail.com



## “Respeitável público...!”

O maior espetáculo científico da herpetologia. Assim foi anunciado o primeiro congresso de anfíbios e répteis do Brasil. Do grego *Herpein*, que significa rastejar, e *Orama*, que por sua vez significa “espetáculo”, surge a HERPETORAMA. Em uma tradução literal, Herpetorama que quer dizer “espetáculo herpetológico”, o nosso Congresso de Anfíbios e Répteis do Brasil, idealizado e organizado pelo Herpeto Capixaba, projeto que atua em prol do conhecimento e conservação dos anfíbios e répteis do Brasil.

A primeira edição foi realizada em 2019 juntamente ao lema “Herpetologia para Todos”. Desde então, nos anos seguintes, duas outras edições foram realizadas. Com base em nosso lema, a Herpeto-

rama foi criada com a finalidade de disseminar conhecimento herpetológico de forma acessível e prática para todo o Brasil.

Inicialmente um evento híbrido, foi realizado de forma online e presencial em 2019, mas teve sua versão presencial interrompida pela pandemia em 2020 e 2021. A data de lançamento da primeira edição não foi escolhida em vão: no dia 01 de outubro celebra-se o aniversário do Herpeto Capixaba, que foi fundado em 2017. Essa data se tornou oficial para o dia de abertura das Herpetoramas. Você pode conferir como foi cada edição acessando [www.herpetocapixaba.com.br/eventos](http://www.herpetocapixaba.com.br/eventos).



Figura 1. Logo do Projeto Herpeto Capixaba.



Figura 2. Bolo de aniversário do Herpeto Capixaba celebrando mais um ano e a I Herpetorama.

Desde sua primeira edição, a Herpetorama conta diversas instituições parceiras, algumas das quais cederam sua infraestrutura para o desenvolvimento presencial da Herpetorama em suas dependências, sendo elas: Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) *campi* Goiabeiras (Figura 4a, b) e Alegre; Centro Universitário FAESA campus Vitória (Figura 5a, b);

Universidade Federal de Viçosa (UFV) – Viçosa, MG; Universidade Federal do Delta do Parnaíba (UFDPAR) – Parnaíba, PI. Como mencionado, nos anos seguintes tivemos somente edições on-line, tendo ambas sido desenvolvidas, no município de Guarapari, Espírito Santo. Dali, através da internet, vários palestrantes difundiram seu conhecimento herpetológico.



**Figura 3.** Palestra na UFES durante a I Herpetorama em 2019.



**Figura 4.** Premiações durante a I Herpetorama em 2019.



Figura 5. Palestra na FAESA durante a I Herpetorama em 2019.



Figura 6. Palestra na FAESA durante a I Herpetorama em 2019.

## Edições

### *I Herpetorama, 2019 - Herpetologia para Todos*

A primeira edição foi realizada durante sete dias de evento: dois (29 e 30/09 e 03 a 05/10) ocorreram on-line através de uma plataforma Webinar, enquanto dois dias (01 e 02/10) de forma presencial na Ufes, FAESA, UFV e UFDPAR. Foram 18 palestras on-line e 27 atividades presenciais que contemplaram palestras, minicursos e oficinas com temas como taxonomia, sistemática, evolução, genética, ecologia, etnobiologia, paleontologia, bioacústica, biogeografia, educação ambiental, fotografia de natureza, entre outros temas herpetológicos ou proximamente relacionados ao tema. Confira a programação completa em <https://www.herpetocapixaba.com.br/herpetorama2019>.



Figura 7. Folder de divulgação da I Herpetorama em 2019.

## II Herpetorama, 2020 - Herpetologia para Todos

Na segunda edição, o subtítulo “Herpetologia para todos” se tornou lema e se manteve. Para tanto, buscamos palestrantes de todas as regiões do país, de norte a sul, de leste a oeste, todas as regiões brasileiras tiveram professores representando o conhecimento herpetológico regional, porém, trazendo informações de âmbito nacional. Nesta, os dias foram em menor quantidade, todavia, mais longos! Uma frase recorrentemente mencionada no chat da Webinar: "Estou maratonando a Herpetorama!". Entre 01 e 04 de outubro de 2020, as palestras começaram às 8h da manhã e terminavam, em teoria, às 21:30. Todavia, algumas mesas redondas acabaram por terminar perto das 23h, com muitos participantes firmemente on-line. Embora tenhamos tido recorde de público e participação massiva do começo ao fim, entendemos que a próxima programação deveria ser menos intensa. Um total de 36 palestrantes ministraram 36 palestras com assuntos amplos, com foco em englobar a nacionalidade herpetológica. À título de exemplo, tivemos palestras como Anfíbios e Répteis do Brasil, separadamente. Da mesma forma tivemos para cada subgrupo de herpetofauna que ocorre no Brasil: palestras específicas de quelônios, crocodilianos, anfíbios, salamandras, gimnofionos, lagartos e serpentes foram contempladas em âmbito nacional. Tivemos também três mesas-redondas, as denominadas “Reprodução Explosiva” ou REX, às quais contaram com 18 palestrantes. Os “Amplexos” foram nossos debates em duplas, os quais contaram com seis palestrantes nos três debates realizados. Nosso quadro de palestrantes contou com 43 doutoras e doutores, todos brasileiros, três mestres e diversos outros especialistas de áreas herpetológicas ou proximamente relacionadas. Confira a programação completa em: [www.herpetocapixaba.com.br/herpetorama2020](http://www.herpetocapixaba.com.br/herpetorama2020)



Figura 8. Folder de divulgação da II Herpetorama em 2020.

## III Herpetorama, 2021 - Biomas do Brasil

Na terceira edição trouxemos o tema “Biomas do Brasil”. Desta forma, mesmo que outrora tivéssemos o entendimento de que a programação deveria ser menos intensa, houve a necessidade de torná-la mais extensa. Com isso, a Herpetorama voltou a ter sete dias de realização, tendo sido desenvolvida no dia 30/09 para minicursos e entre 01 e 06 de outubro para as palestras, havendo um dia por bioma. Como forma de reduzir o formato “maratona”, e em atenção aos fusos horários do Brasil, o número de palestras foi estrategicamente pensado, e a programação seguia das 9h às 19h, havendo duas horas de intervalo para o almoço. Encontramos então um formato leve e completo. Dessa forma, “voamos” a cada dia, do bioma litô-râneo ao interior, logo, saindo da Mata Atlântica e passando pelo Pampa, Caatinga, Cerrado, Pantanal e, finalmente, a Amazônia. Ao total, especialistas de diversos níveis acadêmicos e técnicos nos agradeceram com seu conhecimento herpetológico ou afim, todos relacionados aos seus respectivos biomas de expertise, havendo também algumas estratégicas palestras de âmbito nacional. Foram 37 palestras (39 palestrantes), cinco mesas-redondas (27 palestrantes) e oito minicursos (oito professores). Para tanto, contamos com 47 doutores brasileiros, um doutor estrangeiro, nove mestres e demais, mas não menos importantes, profissionais que agregaram valor herpetológico à Herpetorama. Confira a programação completa em: [www.herpetocapixaba.com.br/herpetorama2021](http://www.herpetocapixaba.com.br/herpetorama2021)



Figura 9. Folder de divulgação da III Herpetorama em 2021.



## O tema que virou lema

O tema “Herpetologia para todos” surgiu da necessidade de se levar, através da I Herpetorama, conhecimento herpetológico para todos os brasileiros interessados. Muitas vezes, os eventos presenciais podem pesar no orçamento para a maioria da população brasileira (o que não os torna menos importantes), visto que uma série de fatores precisam ser considerados (inscrição, locomoção, hospedagem, alimentação, etc.). É nessa perspectiva que a Herpetorama somente oferece taxas simbólicas, as quais servem para cobrir custos pontuais do congresso em si. Todo e qualquer eventual lucro é destinado exclusivamente para arcar com gastos do desenvolvimento das pesquisas do Herpeto Capixaba.

Ainda nessa premissa, nos últimos dias de inscrição da I e II Herpetorama, o Herpeto Capixaba publicou uma nota para aqueles que, por motivos financeiros, não pudessem se inscrever, entrassem em contato explicando sua situação, pois eles não ficariam de fora(!). Quatro alunos de graduação requisitaram essa oportunidade. O HC está enormemente grato por todos os inscritos pagantes que compreenderam e até mesmo apoiaram essa iniciativa. É “Her-

petologia para todos” e assim tinha que ser. O tema se tornou lema, e todas as versões seguintes buscaram se manter acessíveis, claro, dentro da realidade de cada organização e seus gastos. Neste contexto, segue abaixo informações de valores, lotes, número de vagas e afins.

*I Herpetorama, 2019* - Lote de taxa simbólica: R\$10,00 (100 vagas); Lote final: R\$15,00 válido até o dia da inscrição. Total de inscritos: 260 participantes.

*II Herpetorama, 2020* - Lote Promocional: R\$ 15,00 (30 vagas; esgotado); Lote 1 R\$ 25,00 (200 vagas; esgotado); Lote 2 R\$ 35,00 (200 vagas; esgotado); Lote 3 R\$ 45,00, válido até o dia do evento. Total de 817 inscritos.

*III Herpetorama, 2021* - Graduandos e Recém-formados (em 2019 e 2020): Lote Promocional R\$ 25,00 (30 vagas; esgotado); Lote 1 R\$ 45,00 (250 vagas; esgotado); Lote 2 R\$ 65,00 (válido até o dia do evento). Pós-graduandos e: Valor único R\$ 65,00. Total de 375 inscritos.



**Figura 10.** Logotipo do lema: Herpetologia para Todos!

## Público

Dentre os inscritos das três Herpetoramas estão graduandos, recém-formados ou profissionais experientes, mestres, doutores, professores, profissionais técnicos, pesquisadores e até leigos apaixonados por herpetologia. E não apenas da área de ciências biológicas, como também, de outras áreas ambientais e da medicina veterinária e saúde animal. Os números de inscritos por edição seguem abaixo, dispostos descritivamente.

*I Herpetorama, 2019* - Ao todo 260 participantes se inscreveram na I Herpetorama, das quais 135 (51,9%) participaram exclusivamente das palestras online. O público foi bem variado e contou com a participação de pessoas de fora da academia à mestres e doutores. Ainda na premissa do “Herpetologia para todos”, o palestrante mais novo foi um graduando de 19 anos, o que fortalece o lema, uma vez que até mesmo os mais jovens cientistas podem contribuir para a ciência.

A maior parte dos inscritos corresponde a participantes da região Sudeste (63,6%). O Espírito Santo liderou o “ranking” de inscrições (29,9%), seguido por Rio de Janeiro (13,1%) e, na mesma posição, Minas Gerais e São Paulo (10,3%). Vale ressaltar que as regiões Nordeste e Centro-Oeste também tiveram parcela expressiva de inscritos, sendo 18,7% para o Nordeste e 9,3% para a região Centro-Oeste. As regiões Sul e Norte foram menos representativas, com 5,7 e 2,8%, respectivamente.

Apesar dos esforços da equipe em incluir, pelo menos, uma pessoa de cada estado, este objetivo não foi alcançado. Entretanto, das 27 unidades federativas do país, obteve-se inscrição de 20 delas. Apenas AC, AL, AP, MS, PA, RR e TO não tiveram inscrições efetivadas.

*II Herpetorama, 2020* - Ao todo 809 participantes se inscreveram na II Herpetorama em 2020. A segunda edição contou com representantes de todas as 27 unidades federativas, ou seja, houveram inscritos dos 26 estados brasileiros e do Distrito Federal. Não obstante, tivemos seis inscritos estrangeiros dos seguintes países: Equador, Peru, Venezuela (1 cada) na América do Sul, Estados Unidos (1) e Porto Rico-EUA (1) na América do Norte e Espanha (1) na Europa.

Semelhante à I Herpetorama, a maior parte dos inscritos pertencem à região Sudeste (51,4%). Desta vez, São Paulo e Minas Gerais lideraram o “ranking” de inscrições com 158 e 104 inscritos (19,5 e 12,9%, respectivamente), seguido por Espírito Santo com 96 inscritos (11,9%) e Rio de Janeiro com 58 (7,2%). O Nordeste também teve alta representatividade (18,4%), tendo a Bahia o maior número de participantes, com 40 inscritos. Em seguida temos a região Sul (11,6%) com números bem equilibrados dentre os três estados; Na região Centro-Oeste (9,6%) Brasília trouxe o maior número de participantes com 29 inscritos; e então a região Norte com 67 inscritos (8,3%), tendo o Pará e o Amazonas as maiores representatividades (24 e 18 inscritos, respectivamente). Em especial temos Tocantins e Roraima, onde tivemos apenas uma inscrição em cada. Desta forma, gostaríamos de agradecer especialmente Ynaínma S. R. Santana e Raiany Cristine C. Silva: a paixão de vocês por aprender herpetologia fez com que nosso espetáculo fosse completo e rodasse todo o Brasil!

*III Herpetorama, 2021* - Na terceira e última Herpetorama realizada até então, tivemos um total de 375 inscritos. Destes, tivemos representantes de 26 unidades federativas, à exceção do estado de Roraima. Não obstante, tivemos, assim como na edição anterior, seis inscritos estrangeiros, os quais são provenientes dos seguintes países: Canadá (1) e Estados Unidos (3) na América do Norte, e Portugal (1) e Grécia (1) na Europa.

Assim como nas duas edições anteriores, quase metade dos inscritos (48,3%) vieram da região Sudeste, porém, pela primeira vez, esse número foi menor do que a metade.

São Paulo e Espírito Santo trouxeram mais participantes com 63 e 58 inscritos (16,8% e 15,5%, respectivamente), seguido por Minas Gerais com 35 inscritos (9,3%) e Rio de Janeiro com 25 (6,7%). O Nordeste trouxe também alta representatividade (17,3%), tendo Pernambuco e Bahia o maior número de participantes, com 15 e 14 inscritos (4% e 3,7%), respectivamente. Em seguida temos a região Sul (11,6%) com 29 inscritos do Rio Grande do Sul, 20 do Paraná e 9 de Santa Catarina e (7,7%, 9% e 5,3%,

respectivamente); da região Centro-Oeste (8,8%) tivemos um número equilibrado de inscritos dentre as unidades federativas, com uma média de 8 inscritos; e então a região Norte (8,3%) que com, 31

inscritos e ausência de representantes do estado de Roraima, nos demonstra a necessidade de viabilizar ainda mais o conhecimento para a maior e mais biologicamente rica região do país, a Amazônia.

## Formato e Dificuldades

Embora a I Herpetorama tenha sido realizada com êxito, sim, houveram dificuldades. A maior delas foi o tempo. A proposta para organizar o evento foi lançada apenas três semanas antes da abertura e em três semanas a equipe do Herpeto Capixaba criou um cronograma, buscou parcerias com instituições para a realização das atividades presenciais, convidou dezenas de palestrantes, preparou artes de divulgação e toda a parte audiovisual, entre outras várias micro-funções que permitissem a Herpetorama ser realizada com sucesso.

O Herpeto Capixaba poderia realizar o evento no ano seguinte e comemorar o aniversário de três anos, mas “por que não fazer agora!? Às vezes é melhor feito do que bem feito!”. E, ainda sim, consideramos que a primeira edição foi bem feita(!). Apesar das dificuldades com relação ao tempo, com base no feedback de parceiros pesquisadores, outras instituições ou projetos, e dos participantes e palestrantes da I Herpetorama, o evento obteve êxito no que se propôs, podendo ser considerado uma realização científica de sucesso.

O formato da primeira edição moldou-se de acordo com o objetivo central: levar o I Herpetorama para todas as regiões do Brasil, i.e., Herpetologia para todos. Inicialmente o evento se chamaria “HerpetoSemana” e aconteceria em dois dias de forma presencial. Entretanto, o nome não condizia com a duração do evento nem com o bordão “Herpetologia para todos”. Desta forma, fora ampliada a duração do mesmo para, de fato, uma semana.

Um dos problemas havia sido resolvido, mas um evento 100% presencial dificilmente alcançaria todas as regiões ou estados do país. Foi nesta perspectiva que a comissão organizadora examinou a possibilidade de ampliar com atividades on-line que, certamente, poderiam abranger muito mais pessoas e regiões. E assim, a Herpetorama se tor-

nou um evento híbrido: presencial e on-line. Ao final, o nome mudou, mas os princípios continuaram. Eventualmente, em uma reunião do grupo pouco antes de começarmos a divulgação, surgiu o nome Herpetorama, o qual foi abraçado por todos.

Figura 11. 2019 logo oficial.



Frente ao exposto, foi desta forma que o Herpeto Capixaba conseguiu levar o I Herpetorama para todas as regiões e à quase totalidade dos estados brasileiros.

Nos dois anos consecutivos veio a Pandemia da Covid-19. E por dois anos tivemos que adotar exclusivamente o modelo on-line para que o espetáculo não parasse. Da mesma forma, adotamos medidas rígidas para que a comissão organizadora pudesse se encontrar e realizar a transmissão das palestras.



**Figura 12.** Presidentes da Herpetorama mediando palestras on-line em 2020.



**Figura 13.** Palestras on-line em 2021 durante a III Herpetorama.

Desse modo, a realização das edições seguintes, a II e III Herpetorama, tiveram como maior dificuldade, sem dúvidas, a logística de se organizar um evento durante a pandemia da COVID-19. Ainda

que a participação de palestrantes e do próprio público atendente fosse 100% online, os organizadores precisavam estar juntos presencialmente para realizar as atividades de transmissão das palestras. Naquele momento, infelizmente, as vacinas ainda não estavam completamente disponíveis, especialmente durante a realização da II Herpetorama. Assim, o cuidado para que todos os participantes pudessem cumprir quarentena e realizar a testagem antes de se encontrarem foi essencial para que todos estivessem seguros! Nenhum caso de COVID-19 ocorreu durante ou a posteriori à organização dos eventos dentre os membros da comissão organizadora.



**Figura 14.** Comissão organizadora nos bastidores das palestras on-line em 2020 durante a II Herpetorama.

## Parcerias e apoiadores

Ao longo das três edições, contamos com apoiadores que colaboraram de alguma forma com que a Herpetorama fosse realizada. Deste modo, mencionamos e agradecemos mais uma vez todos que abraçaram a realização da Herpetorama conosco.

Na *I Herpetorama, 2019* - FAESA, Universidade Federal do Espírito Santo, campi Vitória e Alegre; Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo; Museu de Zoologia João Moojen, Universidade Federal de Viçosa; Bioeducação Digital, Instituto Boitatá, Amazoo, Universidade Federal do Delta do Parnaíba, Universidade Regional Integrada (Uri) Santo Ingo. Ademais, vários pesquisadores doaram livros para que fossem sorteados aos inscritos, tanto para os presenciais, quanto para os on-line. Foram cerca de 30 livros sorteados, tendo sido possível dessa forma divulgar e disseminar ainda mais o conhecimento herpetológico.



Na *II Herpetorama, 2020* - Últimos Refúgios, Anolis Books, Harry Beer, WildingTone, Projeto Marsupiais, Instituto Boitatá, Vitae Trend, Cacauatl, Biólogo Tai, Victor Fávoro Ganchos, Bicho Solto, Herpeto em Foco, Projeto Caiman e Cobrones.



Figura 15. Apoiadores das três edições da Herpetorama.

Na *III Herpetorama, 2021* - Biotropica Consultoria, BioEducação Digital, Cobrones, Vitae Trend, Wilding Tones, Harry Beer, Papo de Cobra, Anolis Books, Bicho Solto.



## Palestrantes

*I Herpetorama, 2019* - O Herpeto Capixaba agradece enormemente todos profissionais que palestraram e ministraram minicursos presenciais na Herpetorama 2019, sua primeira edição: [PRESENCIAL] Dra. Sarah M. Vargas; Dr. José Erickson; Ms. Laís Amorim; Amanda Del'Maestro; Tainara de Alencar; Igor Maia; Monique Nunes; Tomas de L. Rocha; Gabriela S. C. Bispo; Leticia Watanabe; Beatriz Brito; Marcela A. Ishihara; Eduardo Lázaro; Bryan da C. Martins; João Pedro Z. de Andrade; Juciana Andrade; Eliza Hehr; Erlan Pirovani; Augusto Tozani; Leandro Avelar; Mariana Ambrosim; Ms. Joaquim Ribeiro; Lucas Rosado; e Luis Fernando de S. Vi-

lar. [ON-LINE] Dr. Thiago S. Soares; Dra. Roberta A. Murta da Fonseca; Ms. Jessica Rhaiza Mudrek; Dr. Iberê Farina Machado; Dr. Fabio Maffei; Dra. Ana L. C. Prudente; Renato Gaiga; Dr. Norberto C. Coimbra; Dr. Werther P. Ramalho; Dra. Sarah Mângia; Leonardo Merçon; Dra. Daniella França; Rodrigo Tinoco; Dra. Thais B. Guedes; Carlos Henrique de O. Nogueira; Dr. Rodrigo G. Figueiredo; Beatriz Morais; e Gustavo Bauer.

*II Herpetorama, 2020* - Agradecemos também todos os profissionais que palestraram, participaram das mesas-redondas e ministraram minicursos on-line durante a II Herpetorama em 2020: [PALESTRAS] Dr. Thiago Silva-Soares, Dra. Luisa Diele-Viegas, Dr. Antônio Sebben, Dra. Bianca Von Muller Berneck, Dr. Diego J. Santana, Dra. Priscila da Silva Lucas, Dr. Otávio A. V. Marques, Dr. José P. Pombal Junior, Me. Yeda Bataus, Dr. Norberto Cysne Coimbra, Dr. Tiago Simões, Renato Gaiga, Leonardo Merçon, Beatriz Morais, Dr. Marcio Roberto Pie, Dr. Renato Silveira Bérnils, Dra. Rafaella Garbin, Dra. Rita Mascarenhas, Dr. Cristiano de Campos Nogueira, Me. Iago Silva Ornellas, Dr. Marcelo Renan de Deus Santos, Dra. Síria Ribeiro, Dr. Luis Bassetti, Dr. Guarino Colli, Dr. Sávio Stefanini Sant'Anna, Dra. Denise C. Rossa-Feres, Dr. Adriano Oliveira Maciel, Marcos Dubeux, Paulo Christiano de A. Garcia, Dra. Isabela Brcko, Dr. João Victor Lacerda, Dr. Rogério Bastos, Dr. Euvaldo Marciano, Dr. Felipe Toledo; Dr. Rodrigo Giesta Figueiredo [AMPLEXTO – DEBATES em DUPLA] Dra. Paula Valdujo, Dr. Iberê Machado, Dra. Kalena Barros da Silva, Eduardo Morango, Dra. Roberta Murta-Fonseca, Dra. Angele Martins; [REPRODUÇÃO EXPLOSIVA – MESSAS-REDONDAS] Dr. Thiago Silva-Soares [mediador], Dra. Sarah Vargas, Dra. Jane C. F. Oliveira, Dr. Rodrigo Barbosa Ferreira, Dra. Juliane Pereira-Ribeiro, Dr. Renato Silveira Bérnils, Dr. Rodrigo Giesta Figueiredo; Leticia Watanabe [mediadora], Dra. Daniela França, Dra. Luciana Nascimento, Dra. Lucy Souza, Dra. Sarah Mângia; Dr. Rodrigo Giesta Figueiredo [mediador], Beatriz Brito, Henrique Nogueira, Beatriz Morais, Dr. Rafael Rigolon, Me. Gabryella Mesquita, Dr. Cláudio Machado.



**Figura 16.** Exemplos de folder de divulgação dos palestrantes da I Herpetorama em 2019.



# PALESTRA

*Répteis do Brasil*

---

## Dr. Renato Silveira Bérnils

---

Doutor em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor na Universidade Federal do Espírito Santo e atua no Instituto Nacional da Mata Atlântica. Atua no projeto de "Revisão da Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção do Espírito Santo".

01 de outubro




# II HERPETORAMA

## CONHEÇA NOSSOS PALESTRANTES



Cristiano Nogueira



Sírnia Ribeiro



Roberta Murta



Angele Martins



Guarilo Colli



Iago Ornelas



Luis Bassetti

02/10/2020  
Tarde




# PALESTRA

*Ecologia de comunidades*

---

## Denise Rossa-Feres

---

Doutora em Zoologia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Mestre em Ecologia pela Unicamp e graduação em Ciências Biológicas pela Unesp. Atualmente é prof. adjunto da UNESP. Tem experiência na área de Ecologia, com ênfase em Ecologia de Comunidades, atuando principalmente com o grupo Anura nos temas: estruturação de comunidades, padrões de diversidade, distribuição espacial e conservação ambiental.

03 de outubro




# II HERPETORAMA

## CONHEÇA NOSSOS PALESTRANTES



Felipe Toledo



Cybele Sabino



Eduardo Morango



Kalena Barros



Antônio Sebben



Ewaldo Marciano



Sávio Sant'Anna

03/10/2020  
Tarde



Figura 17. Exemplos de folder de divulgação dos palestrantes da II Herpetorama em 2020.



III Herpetorama, 2021 - Quanto à última edição, agradecemos enormemente todos os profissionais que palestraram, participaram das mesas-redondas e ministraram minicursos on-line durante a II Herpetorama em 2020: [PALESTRAS] Dra. Clarissa Cane-do, Dr. Rodrigo Lingnau, Dr. Luiz N. Weber, Dra. Erika M. Santana, Dr. Raoni Rebouças, Dr. Carlos Abrahão, Dr. Márcio Borges-Martins, Dra. Laura Verrastro, Dr. Tiago Gomes dos Santos, Dra. Camila Both, Dra. Caroline Zank, Dr. Alexandro Marques Tozetti, Dra. Marcela Meira Ramos Abrantes, Me. José Ricardo de Oliveira Santos, Dra. Tainá Barboza Ferrari, Dr. Marcio Frazão Chaves, Dr. Daniel Oliveira Mesquita, Dr. Reuber Albuquerque Brandão, Dra. Daniella P. F. França, Dra. Paula Cabral Eterovick, Me. Yeda Bataus, Dr. Cristiano de Campos Nogueira, Dra. Jessica Fenker, Dra. Liliana Piatti, Dr. Andre Pansonato, Esp. Gustavo Figueiroa, Dra. Tainá Figueras Dorado Rodrigues, Dr. Matheus Neves, Dr. Fabio Hepp, Dra.

Albertina Pimentel Lima, Dr. Paulo Sérgio Bernarde, Dra. Fernanda P. Werneck, Dr. Marcos E. Coutinho, Dr. Laurie Vitt; [MESAS-REDONDAS] Dra. Denise Rosa-Feres, Dra. Paula Valdujo, Dra. Bianca Von Muller Berneck, Me. Karina R. S. Banci, Dra. Ariadne F. Sabbag, Me. Marina Monjardim [mediadora]; Dra. Luisa Diele-Viegas [Mediadora] Dra. Pauline Blaimont, Eric Gangloff, Dr. Donald Miles, Dra. Emily Taylor, Me. Ivy Miranda; Me. Paulo Braga Mascarenhas Júnior, Esp. Barthira Rezende de Oliveira, Dra. Jessica Rhaiza Mudrek, Dr. Ricardo Freitas Filho, Diogo Dutra Araújo, Dr. Rodrigo Giesta Figueiredo [Mediador]; Daniela Sifuentes [Mediadora], Esp. Gustavo Lara Canella, Me. Renata Valls Pagotto, Renato Gai-ga, Dr. Thiago Silva-Soares; Dr. Fábio Andrew Gomes Cunha, Dra. Marcela dos Santos Magalhães, Me. Rafael Balestra, Dra. Camila R. Ferrara, Dr. Thiago Silva-Soares [Mediador].



Figura 18. Exemplos de folder de divulgação dos palestrantes da III Herpetorama em 2021.



## Embaixadores

Na 2ª edição da Herpetorama, em 2020, lançamos a novidade de termos conosco 15 embaixadores, todos voluntários, convidados pelo HC para representar a Herpetorama em suas respectivas regiões. Tivemos embaixadores em todos os extremos, de norte a sul, e de leste a oeste do Brasil, evidenciando toda a nossa cultura, pluralidade e diversidade brasileira! A novidade agora se torna tradição, e na edição seguinte contamos com mais 14 embaixadores, os quais receberam a “faixa” dos antigos embaixadores na cerimônia de abertura da III Herpetorama. Que possamos manter a tradição e conexão com esses voluntários que abraçam a Herpetorama conosco, se superando e nos emocionando com suas ações ao levantarem e carregarem a bandeira da Herpetorama! Seremos eternamente gratos aos embaixadores: [2020] Antonio “Tonny”

Soares Júnior, Bruno Eduardo Pires de Camargos Lopes, Cezar Augusto Dos Santos, Daniela Sifuentes Batista, Douglas Nonato Amorim Estevão, Ednalva da Silva Santos, Gabriel Salles Masseli, Gislaine Cristina Scodeler, Maria Madalena Salviano Santana, Mateus Reis Milagres, Monique Nunes, Rubia Rempalski Cordeiro da Silva, Ocivana Araujo Pereira, Adaís Batista da Silva Sales e Matheus de Oliveira Neves; [2021] Thabata Cavalcante dos Santos, Milla Rayssa Martins Dutra Nunes, Juliana Cuoco Badari, Sebastião Venancio Neto, Kathellen Gomes Magalhães, Luiz Guilherme Oliveira Lima, Indaiá Maria Martins Pinheiro Rosa, Isac Santana Menezes, Beatriz Borba de Moraes Ribeiro Silva, Lucas Cavear, Christian Raboch Lempek, Beatriz Vasconcelos, Thalia da Silva e ngelo Gabriel Felício dos Santos Barroso.



**Figura 19.** Mapa de distribuição dos embaixadores II Herpetorama em 2020.

## Minicursos

Ao longo das três edições, contamos com a parceria de 31 especialistas e realizamos 8 + 12 + 8 28 minicursos que tiveram quatro horas de duração. Tivemos mais de duas centenas de inscritos ao longo das três Herpetoramas. Na primeira edição os minicursos custaram R\$ 25,00 reais e foram presenciais. Também realizamos oficinas de educação ambiental presenciais com duração de duas horas e no valor de R\$ 15,00. Os valores foram simbólicos, com o intuito de custear o minicurso em si e reverter o lucro para as pesquisas do Herpeto Capixaba. Nas edições seguintes os minicursos foram on-line devido a Pandemia da Covid-19. Deste modo, estes foram realizados através das plataformas Zoom em 2020 e Discord em 2021. Na segunda edição a duração foi de três ou seis horas e custaram R\$ 20,00 e R\$40,00, respectivamente. Os cursos de seis horas foram realizados parte no horário matutino e parte no horário vespertino. Abaixo segue a relação dos minicursos ministrados ao longo das três Herpetoramas. Na terceira Herpetorama definimos que somente profissionais na pós-graduação iriam ministrar minicursos com 3 a 6 horas de duração. Tivemos então mestrandos, mestres e doutorandos. Não obstante, os minicursos que inicialmente teriam o valor de 15 a 30 reais foram abraçados pelo lema "Herpetologia para Todos", e assim se tornaram gratuitos para todos os inscritos, seja quaisquer minicursos que eles se interessassem. Somos gratos pela dedicação e entusiasmo de todos especialistas que abraçaram essa missão de capacitar graduandos e profissionais brasileiros.

*I Herpetorama, 2019* - Total de 7 minicursos, 3 oficinas e 8 especialistas: **Fixação de herpetofauna atropelada em meio líquido para coleções científicas**, (ministrado) por Amanda Maestro e Tainara Alencar; **Desenhando herpetologia** ministrado por Igor Maia; **Técnicas em Ilustração científica: nanquim e aquarela** por Leandro Avelar e Mariana Ambrosim; **Identificação de anfíbios e répteis da herpetofauna capixaba** por Juciana Andrade; **Uma noite na mata: a caça aos sapos** por Lucas Rosado e Marcelo Augusto; **Confecção de brinquedos com materiais recicláveis (oficina)** por Augusto Tozani; **Origami herpetológico (oficina)** por Juciana Andrade; **Introdução à Ilustração Herpetológica (oficina)** por Emili Lima.

*II Herpetorama, 2020* - Total de 12 minicursos com 13 especialistas: **Métodos de identificação e taxonomia de serpentes** (duração 3h) por Gabriel Salles Masseli; **Introdução à Herpetologia - Prepare-se pro espetáculo "Herpetorama"** (3h) por Pedro Henrique Carvalho Costa; **Ecologia, Identificação e Manejo de Serpentes da Caatinga** (6h) por Antônio Eimar Moura Filho; **Delineamento de monitoramento acústico em herpetofauna** (3h) por Gabriel Salles Masseli; **Introdução a ecologia do movimento aplicada a herpetofauna** (6h) por William Medeiros da Silva; **Vivendo com o perigo: uma abordagem geral de associações entre anuros e invertebrados** (3h) por André de Lima Barros; **Iniciação a Metodologia a Ilustração Científica / Naturalista** (3h) por Cristiane Gardim; **Genômica na herpetologia: usos e implicações no estudo de cromossomos de sapos** (3h) por Marcelo João da Silva; **História Natural de Serpentes** (6h) por Silara Fatima Batista e Karina Rodrigues da Silva Banci; **"Deus não deu asa a cobra" - Serpentes: conhecer para desmistificar** (6h) por Aída Pereira Giozza; **Introdução à Morfometria Geométrica** (6h) por Natália Malaquias Souto; **Como alimentar seu dragão: Os cuidados na hora de alimentar seu Réptil Pet** (3h) por Tairacan- "Biólogo Tai".

*III Herpetorama, 2021* - Total de 8 minicursos com 8 especialistas: **Serpentes de Importância Médica do Brasil** (3h) por Me. Nathalie Citeli; **Herpetoparasitologia: do campo à análise de dados de parasitos de anfíbios** (6h) por Me. Elvira D'Bastiani; **Ecofisiologia em répteis e anfíbios: estratégias, variações e adaptações metabólicas para conquistar ambientes extremos** (3h) por Me. Marjoriane Amaral; **O uso de répteis e anfíbios em estudos ecotoxicológicos** (3h) por Me. Leonardo Airton Ressel Simões; **Introdução à morfologia hemipeniana e sua importância nos estudos taxonômicos de Squamatas** (6h) por Me. Fernanda Silva; **A herpetofauna e as cidades** (6h) por Me. Miguel Relvas Ugalde; **Delineamento amostral: Sua importância e como fazer** (6h) por Me. Gabriel Masseli; **A emergência climática sob a ótica da herpetofauna** (3h) por Isabela M. Gil Ramos.

## Resumos

Não tendo sido realizado na primeira edição, durante a II Herpetorama, 2020, pela primeira vez em 2020, a Herpetorama recebeu também trabalhos acadêmicos, abrindo espaço para jovens pesquisadores e estudantes de graduação e pós-graduação de todo o país apresentarem os resultados de suas pesquisas. Ao total, contamos com 41 contribuições que foram apresentadas e debatidas de forma on-line através da plataforma discord. Não obstante, abrimos para a apresentação oral, a qual a comissão organizadora denominou de Sibilos: neste bloco de apresentações on-line e ao vivo, os participantes, na maioria graduandos ou recém-formados, tiveram a oportunidade de apresentar seus trabalhos para

todos os participante da Herpetorama. III Herpetorama, 2021- No ano seguinte mantivemos a subcomissão de resumos, a qual recebeu um total de 23 contribuições. Da mesma forma, todos os resumos aceitos foram apresentados e debatidos pela mesma plataforma Discord. Semelhante à uma apresentação de banner em congresso presencial, cada participantes teve uma sala exclusiva on-line com o seu banner e os ouvintes migraram de sala em sala para debates. Provemos modelos de resumos e banners para os participantes. Os resultados de ambas edições, ou seja, todos os resumos aceitos até então, serão publicados nos Anais da Herpetorama.

**Herpeto Capixaba: pelo conhecimento e conservação dos anfíbios e répteis capixabas**

Primeiro Autor<sup>1,2</sup>, Segundo Autor<sup>3</sup>, ..., Penúltimo Autor<sup>1,3</sup> & Último Autor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituição Afilhada  
<sup>2</sup>Instituição Afilhada  
<sup>3</sup>Instituição Afilhada

\*emailautorcorrespondencia@gmail.com

O Espírito Santo abriga uma grande diversidade de anfíbios e répteis e, mesmo em áreas intensivamente amostradas, novas espécies são descobertas com frequência, algumas já com algum grau de ameaça. Aliado ao fato da existência de muitas lacunas no conhecimento da herpetofauna capixaba, e das adversidades a que está sujeita, devido as ações antrópicas, em 2017 foi fundado o projeto intitulado 'Estado da Arte da Herpetologia no Espírito Santo: Desbravando da Diversidade as Adversidades', i.e., o Herpeto Capixaba. A atuação do projeto consiste em três pilares: O primeiro é a produção científica feita através de projetos de pesquisa científica e de conservação, em diversas áreas do Espírito Santo e outras regiões do Brasil. O segundo pilar é a formação de jovens pesquisadores a partir de orientações, tutorias, cursos e de eventos sobre a herpetofauna. O terceiro é a difusão científica, em que há a divulgação de conteúdo científico autoral para a comunidade em geral. Como resultado, promovemos o conhecimento da herpetofauna capixaba através de diversidade, taxonomia, sistemática, aspectos ecológicos e de história natural. Ao longo dos três anos de projeto, foram realizados: Curso de Vertebrados em 2017; Curso de Répteis em 2018; I Estágio de Verão; I Estágio de Inverno; Anfíbios, o curso e Herpetorama em 2019, que contaram com a participação de jovens de várias regiões brasileiras. Além disso, disponibilizamos conteúdo científico nas mídias sociais, como em nosso próprio site, Instagram, YouTube e Twitter. Assim, aproximamos a comunidade da herpetofauna que, muitas vezes, é cercada de mitos e preconceitos.

**Agradecimentos:** Gostaríamos de agradecer as agências de fomento FAPES/ VALE/ FAPERJ No. 01/2015, número de processo 527/2016 e CAPES, número de processo 88887.480433/2020-00 pelo apoio.



**TÍTULO DO TRABALHO EM FONTE ARIAL MÁJUSCULA E EM NEGRITO, TAMANHO ENTRE 40 A 60, CENTRALIZADO, E ESPAÇAMENTO SIMPLES**

SOBRE NOME, NOME DO AUTOR, Arial Negrito, tamanho entre 24 a 30, centralizado  
INSTITUIÇÃO DE ORIGEM, Arial Normal, tamanho 24, centralizado  
E-mail de contato

---

**INTRODUÇÃO**

Texto em fonte Arial, com alinhamento justificado, tamanho da fonte entre 28 a 40. Espaçamento entrelinha 1.5.  
Recomenda-se textos objetivos e com poucos parágrafos.



Figura 1: Título da Figura em fonte Arial Negrito, tamanho de 8 a 10, alinhamento centralizado.

**OBJETIVOS**

Texto em fonte Arial, com alinhamento justificado, tamanho da fonte entre 28 a 40. Espaçamento entrelinha 1.5.  
Recomenda-se textos objetivos e com poucos parágrafos.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Texto em fonte Arial, com alinhamento justificado, tamanho da fonte entre 28 a 40. Espaçamento entrelinha 1.5.  
Recomenda-se textos objetivos e com poucos parágrafos.

**MATERIAL E MÉTODOS**

Texto em fonte Arial, com alinhamento justificado, tamanho da fonte entre 28 a 40. Espaçamento entrelinha 1.5.  
Recomenda-se textos objetivos e com poucos parágrafos.

**CONCLUSÃO**

Texto em fonte Arial, com alinhamento justificado, tamanho da fonte entre 28 a 40. Espaçamento entrelinha 1.5.  
Recomenda-se textos objetivos e com poucos parágrafos.

**AGRADECIMENTOS (opcional)**

Inserir texto ou imagem.



**Figura 20.** Modelos de resumo e banner, respectivamente.

## Certificados

O Herpeto Capixaba certifica todos que participam de qualquer atividade da Herpetorama: ouvintes, palestrantes, mesas-redondas, debates, minicursos, apresentação de resumos e banners, partici-

pantes e vencedores de concursos, comissão organizadora, enfim, contempla todos que abraçaram de alguma forma esse espetáculo de conhecimento da Herpetologia.



Figura 21. Modelos de certificados das três edições da Herpetorama.

## Comissão Organizadora

Embora a Herpetorama, o Congresso de Anfíbios e Répteis do Brasil seja realizado pelo projeto Herpeto Capixaba, em todas as edições tivemos uma comissão responsável por tomar essa frente a cada ano.

Deste modo, agradecemos todos os integrantes de cada edição. Sem vocês, nenhuma Herpetorama teria sido realizada!

*I Herpetorama, 2019* - Dr. Thiago Silva-Soares, Dr. Rodrigo Giesta Figueiredo, Tainara de Alencar, Dra. Sarah Maria Vargas, Me. Iago Silva Ornellas, Nicolas Augustin L. Neves, Beatriz da S. Brito, Amanda Del' Maestro, Erlan Pirovani Silva, Juciana L. Andrade, Luis

Fernando de S. Vilar, Amanda Fernandes Gimenez, Maiara Goltara, Théo C. M. Queiros, Lucas Rosado Mendonça, Thais Wanguestel Lunz, Matheus Pimentel, Emili Lima e Thomas Lima Rocha.



**Figura 22.** Celebração do 3º aniversário do Herpeto Capixaba durante a I Herpetorama em 2019.

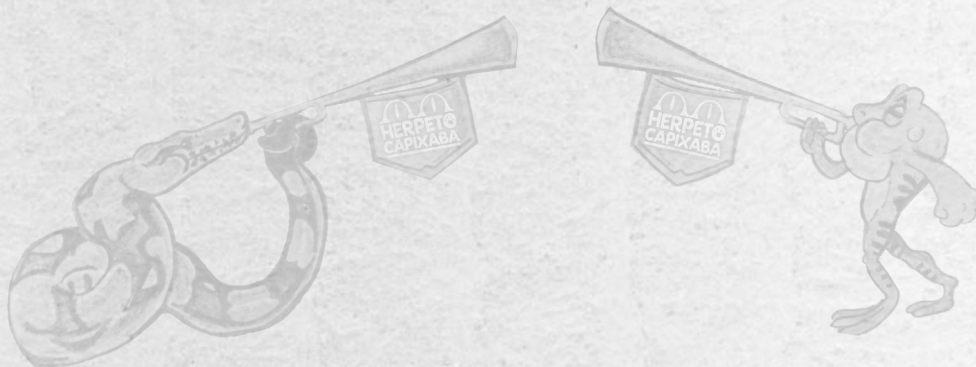


II Herpetorama, 2020 - Dr. Thiago Silva-Soares, Dr. Rodrigo Giesta Figueiredo, Beatriz da Silva Brito, Me. Tomas Lima Rocha, Maiara Goltara, Letícia Keiko Watanabe, Ethél Viana da Silva, Erlan Pirovani Silva, Amanda Fernandes Gimenez, Gabriel Falchetto,

Pedro Henrique Carvalho Costa, Théo Carlos Monteiro Queiros, Matheus de Souza Pimentel da Silva, Aline Pereira Mota, Rafael Mathielo, Jéssyca Feitosa Paulon, Nicolas Augustin Leonardo Neves, Jovana Gonçalves Bicalho, Luis Fernando de Sousa Vilar.



**Figura 23.** Comissão organizadora ao final da II Herpetorama em 2020.



III Herpetorama, 2021 - Dr. Thiago Silva-Soares, Dr. Rodrigo Giesta Figueiredo, Beatriz da Silva Brito, Erlan Pirovani Silva, Rafael Gonçalves da Silva Quadros, Me. Marina Monjardim, Aline Pereira Costa, Théo Carlos Monteiro Queiros, Ethél Viana da Silva, Shalomir Ruth Saunders, Jéssica Mascarello Graciano, Samantha Zorzi Sousa Resende, Leticia Keiko

Watanabe, Matheus de Souza Pimentel da Silva, Rubia Rempalski Cordeiro da Silva, Isabella Marçal Silva, Augusto Vinhas Tozani, Giovana Cordioli, Beatriz Caldeira Fagundes, Antonio 'Tonny' Soares Júnior, Adais Salles, Daniela Sifuentes, Ednalva Santos, Gabriel Falchetto e Jovana Gonçalves Bicalho.



**Figura 24.** Comissão organizadora da III Herperorama em 2021.



## O próximo espetáculo

Hoje, 30 de março de 2023, enquanto nós organizadores, Thiago, Marina e Rodrigo, revisamos pela última vez o manuscrito da presente obra que vocês leem- seja a data do futuro que for-, há muito acontecendo para que a próxima Herpetorama seja realizada. Neste momento, nós estamos no Instituto Últimos Refúgios, ao lado do fotógrafo de natureza Leonardo Merçon, nosso amigo, que gentilmente elabora o projeto gráfico do primeiro livro da Herpetorama. Paralelamente, estamos prestes a lançar publicamente o Instituto Biodiversidade Neotropical (IBN), que foi fundado por membros do Herpeto Capixaba, o projeto realizador da Herpetorama. O IBN surge para potencializar os esforços de produção da Herpetorama, o Congresso de Anfíbios e Répteis do Brasil que tanto amamos.

O que mais? Decidimos não fazer a Herpetorama em 2022 para ter um “respiro” após três anos consecutivos do evento, e tampouco em 2023 por ser o ano do 10º Congresso Brasileiro de Herpetologia (X CBH).

O X CBH será realizado em Porto Seguro, estado da Bahia, aos cuidados do Presidente do CBH Dr. Luiz N. Weber e toda excelente comissão organizadora: e nós estaremos presentes! Após dois anos e pouco de pandemia, será a vez de toda comunidade herpetológica brasileira unir-se novamente- presencialmente- em prol da pesquisa, conservação, e educação, dentre tantos outros valores que um congresso agrega em nossas vidas. E como o espetáculo não

pode parar... Esperamos divulgar a IV Herpetorama durante o X Congresso Brasileiro de Herpetologia.

Ao que tudo indica, a 4ª Herpetorama será realizada em Guarapari, Espírito Santo! Todavia, ainda há outras possibilidades de locais, mas certamente será no Espírito Santo e, o mais importante de tudo, ela retornará à sua origem, e será novamente um evento híbrido: presencial e on-line!

Nossa Comissão Organizadora trabalhará para realizar novamente o Maior Espetáculo da Herpetologia! E que você, da forma que lhe for permitido, possa estar junto conosco, seja pessoalmente, pela tela do computador ou celular, mas que estejamos juntos! E a Herpetorama você já conhece: será no mesmo estilo, com o mesmo lema, buscando trazer herpetologia para todos com muita qualidade e carisma!

Tantas sonhos e metas para o futuro... Será que chegamos lá? Iremos do CBH, na Bahia para a Herpetorama, no Espírito Santo em nossos próximos encontros herpetológicos? Será que estaremos juntos mais uma vez em 2024?

Todos nós do time do Herpeto Capixaba e do Instituto Biodiversidade Neotropical acreditamos que sim!

Desse modo.... Nos vemos na IV Herpetorama!

**HERPETORAME-SE!**







*Tropidurus semitaniatus*  
Foto: Thiago Silva-Soares

# SANGUE FRIO, MUNDO QUENTE? OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA HERPETOFAUNA

Luisa Maria Diele-Viegas<sup>1</sup>, Anandha Almeida<sup>2</sup> & Ivy Miranda Amaral-Alves<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, Salvador, Bahia, Brasil

<sup>2</sup> Universidade de Brasília, Dpt. de Ecologia, Brasília, Distrito Federal, Brasil

<sup>3</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Dpt. de Ecologia, Rio de Janeiro, Brasil

Autor para correspondência: [luisa.mviegas@gmail.com](mailto:luisa.mviegas@gmail.com)

Leia ou clique no código  
para assistir a palestra desse  
capítulo na Herpetorama!



## Resumo

Os impactos das mudanças climáticas causadas pelo aumento das emissões de gases do efeito estufa desde a revolução industrial já estão sendo observados ao redor do mundo. Como consequência, a biodiversidade vem sendo bastante afetada, fenômeno chamado de sexta extinção em massa. Por serem ectotérmicos, répteis e anfíbios acabam sendo mais vulneráveis a estas alterações climáticas, uma vez que dependem da temperatura do ambiente para regular a sua temperatura corpórea e assim manter o seu metabolismo ativo. Neste capítulo, trazemos o estado da arte acerca dos impactos das mudanças climáticas na herpetofauna global, ressaltando as lacunas do conhecimento na herpetologia brasileira. Entender a fisiologia térmica destes organismos é crucial para que possamos prever os impactos das mudanças climáticas e assim promover medidas de mitigação destes impactos e a conservação da herpetofauna. Porém, apesar da importância do Brasil em termos de riqueza e abundância de espécies, estudos sobre a temática ainda são incipientes. O momento é crítico, portanto, precisamos agir rápido para evitar que mais espécies sejam impactadas de maneira irreversível.

Palavras-chave: emergência climática, ectotermia, anfíbios, répteis, fisiologia térmica.

## Abstract

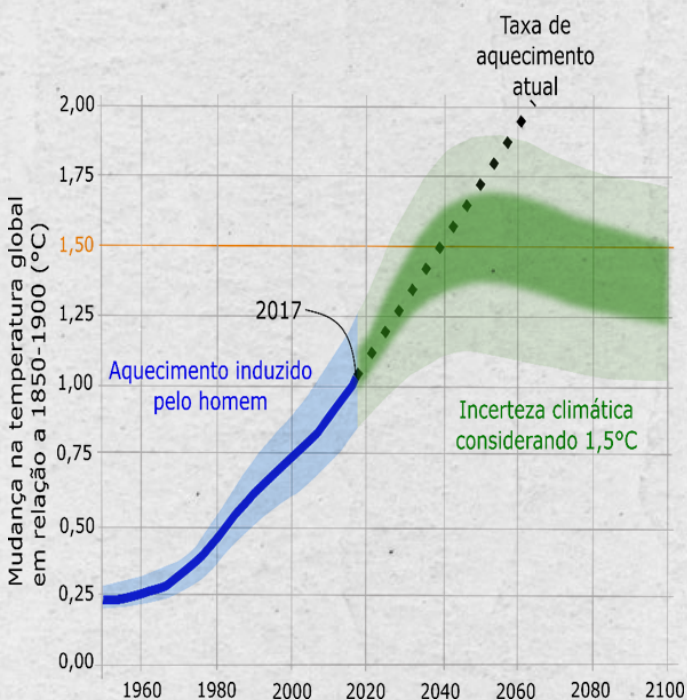
The impacts of climate change caused by the increase in greenhouse gas emissions since the industrial revolution are already being observed worldwide. Biodiversity has been greatly affected, which has been called the sixth mass extinction. Reptiles and Amphibians depend on the environmental temperature to regulate their body temperature and thus keep their metabolism active. This ectothermy makes them more vulnerable to climate changes. This chapter brings the state of art about the impacts of climate change on global herpetofauna, highlighting the gaps in knowledge in Brazilian herpetology. Understanding the thermal physiology of these organisms is crucial to predict the impacts of climate change and thus promote mitigation measures for such impacts, as also to promote the conservation of herpetofauna. However, despite the importance of Brazil in terms of species richness and abundance, studies on the subject are still incipient. Timing is critical, so we need to act quickly to prevent more species from being irreversibly impacted.

Keywords: Climate emergency, ectothermy, amphibians, reptiles, thermal physiology.

## Introdução

Qualquer alteração nos padrões climáticos que persiste ao longo do tempo é chamada de mudança climática, e pode ocorrer devido a fatores naturais ou por processos desencadeados pela ação humana (Cubasch et al. 2013). Enquanto as mudanças climáticas naturais usualmente levam algumas centenas de milhares de anos para se estabelecerem, as mudanças climáticas recentes, causadas pelas ações antrópicas, se tornaram evidentes em apenas dois séculos (IPCC 2018).

As emissões de gases do efeito estufa têm se intensificado desde a revolução industrial, o que acarretou em um aumento de 1,1°C na temperatura média da Terra em 2017 em relação ao período pré-revolução (IPCC 2018). A concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera hoje é a maior vista na história da vida humana, e a previsão é de que continue aumentando nos próximos anos (IPCC 2018). Modelos climáticos preveem que atingiremos a marca de 1,5°C de aumento até 2040, o que representa o ponto de inflexão da curva de aquecimento global (Figura 1). Isto significa que, ao atingirmos esta mar-



**Figura 1.** Mudança na temperatura média global em relação ao período pré-revolução industrial. Ponto de inflexão da curva (=1,5°C de aumento) realçado em amarelo.

ca, não será possível retornar aos padrões climáticos pré-revolução industrial, tornando as alterações climáticas e seus impactos irreversíveis e imprevisíveis (IPCC 2018). Mantendo a taxa de aquecimento atual,

prevê-se ainda um aumento de cerca de 5°C até o final do século XXI, além do aumento da precipitação anual em altas latitudes e no Pacífico equatorial e a redução da precipitação nas regiões de latitudes médias e subtropicais secas (Collins et al. 2013).

Flutuações naturais mais extremas nos padrões climáticos da Terra foram responsáveis por levar diversas linhagens à extinção ao longo do tempo, sendo uma das principais causas das cinco grandes extinções em massa ocorridas na história do planeta (Cooper et al. 2015). Quanto à crise climática estabelecida hoje, já são observados os seus impactos nos sistemas naturais e humanos ao redor do mundo, o que é intensificado pela expansão agrícola e urbana. Tais fatores são os principais responsáveis pela atual crise global da biodiversidade, a qual chamamos de sexta extinção em massa (Bellard et al. 2012).

As respostas das espécies às mudanças climáticas são guiadas sobretudo pela adaptação genotípica, plasticidade fenotípica e a habilidade de mover-se para ambientes mais termicamente adequados. Se nenhuma destas opções é viável, a espécie tende a se extinguir local ou globalmente (Sinervo et al. 2010). Para animais ectotérmicos como os anfíbios e os répteis, essa situação tende a ser ainda mais marcante. Dado que eles dependem da temperatura do ambiente para regular a sua temperatura corpórea e manter seu metabolismo ativo, são especialmente vulneráveis a mudanças nas condições ambientais (Diele-Viegas e Rocha 2018). Por serem sensíveis às alterações climáticas, é possível encontrar espécies cuja temperatura corpórea ultrapassa seu ótimo fisiológico nas florestas tropicais devido ao aumento da temperatura ambiental observado nos últimos anos (Huey et al. 2009, Diele-Viegas e Rocha 2018). Algumas particularidades dos anfíbios, como a pele permeável e a dependência de ambientes úmidos para reprodução, os torna também susceptíveis à variações na umidade relativa do ar, o que pode ter influência direta na resiliência destes animais (Winter et al. 2016). Diante da relevância das mudanças climáticas para a herpetofauna, neste capítulo nós sintetizamos o estado atual do conhecimento acerca do seu impacto neste grupo de animais, realçando as peculiaridades e as principais ameaças para cada grupo e ressaltando algumas lacunas de conhecimento a respeito da herpetofauna brasileira.

## Anfíbios

A preocupação acerca do impacto das mudanças climáticas sobre os anfíbios surgiu a partir de 1987, com a queda na abundância de uma população de anuros da Costa Rica causada possivelmente por flutuações do clima (Pounds e Crump 1994). Atualmente, os anfíbios constituem um dos grupos mais vulneráveis às alterações ambientais e climáticas, uma vez que a execução de funções biológicas básicas (como reprodução, metabolismo e locomoção) está fortemente associada com a temperatura ambiental e condições de umidade relativa do ar (Deutsch et al. 2008).

### *Período reprodutivo*

A variação de condições climáticas como temperatura e precipitação pode influenciar o período reprodutivo de anfíbios, adiantando-o ou atrasando-o, além de afetar sua migração para seus sítios reprodutivos (Beebee e Griffiths 2005). Por exemplo, um estudo realizado no Japão reportou um adiantamento no período de desova de três espécies de anfíbios devido ao aumento da temperatura ambiente (Kusano e Inoue 2008). Em outra perspectiva, um trabalho conduzido por Todd e colaboradores (2010) na Carolina do Sul (EUA) ao longo de 30 anos (1978-2008) reportou um atraso na chegada aos sítios reprodutivos. Esse evento foi relacionado ao aumento da temperatura mínima ambiental para duas espécies de urodelos que se reproduzem no outono. O mesmo trabalho mostrou que duas outras espécies que se reproduzem no inverno apresentaram chegada adiantada aos sítios devido ao aumento na temperatura ambiental e do aumento nos padrões de precipitação. As mudanças no clima também podem afetar o desenvolvimento de embriões e larvas, uma vez que temperaturas mais altas podem reduzir a concentração de oxigênio em poças, podendo atrasar ou adiantar o desenvolvimento e eclosão de algumas espécies (Blaustein et al. 2010). Em vista destes tipos de alteração na fenologia de algumas espécies devido à temperatura e precipitação, espécies que normalmente não se reproduziriam ou se desenvolveriam simultaneamente em determinado período e sítio reprodutivo, podem fazê-lo, resultando em uma sobreposição de nicho das espécies (Blaustein et al. 2010).

Eventos extremos de chuva ou de seca também podem trazer algumas consequências para os sítios reprodutivos. Por exemplo, eventos de chuva extrema

podem levar à inundação de áreas onde ocorre a desova ou o desenvolvimento de larvas, transportando-as para locais potencialmente inadequados para sua sobrevivência. Já a escassez de chuva pode contribuir para a seca dos sítios propícios para a reprodução, desova e desenvolvimento larval (Blaustein et al. 2010). Portanto, o risco de aumento destes eventos extremos representa uma grande ameaça para os anfíbios (Seneviratne et al. 2012).

### *Fisiologia térmica*

Embora algumas espécies sejam capazes de algum tipo de estratégia comportamental para manter sua temperatura (Hutchison e Dupré 1992), a maioria dos anfíbios não se termorregula ativamente (Navas et al. 2008). O grupo também apresenta baixa capacidade de aclimação (Gunderson e Stillman 2015), o que pode não ser suficiente para suportar condições climáticas futuras, considerando que a frequência de eventos extremos vem aumentando com o passar do tempo (Diffenbaugh e Field 2013). Outro fator que traz preocupação é a permeabilidade da pele dos anfíbios em espécies aquáticas e terrestres. Apesar de ser responsável por grande parte das trocas gasosas, a pele permeável torna estes animais sensíveis à dessecação, aumentando sua vulnerabilidade à mudanças nas condições de precipitação e temperatura (Winter et al. 2016). No entanto, esta permeabilidade pode desempenhar um papel importante para algumas espécies, tornando-as capazes de realizar um resfriamento evaporativo e assim evitando um possível superaquecimento (Navas et al. 2008).

Por serem um grupo muito diverso, anfíbios podem experimentar temperaturas ambientais muito baixas ou extremamente altas de acordo com o local que habitam e com seu período de atividade (Navas 1996). Por exemplo, espécies noturnas e terrestres de áreas montanhosas nos trópicos enfrentam temperaturas extremamente baixas; já espécies diurnas experimentam uma grande flutuação térmica durante o seu período de atividade (Navas 1997). Outro aspecto de importância trata-se do desempenho locomotor de anfíbios, que pode servir como um indicador de sua aptidão (fitness; Navas et al. 2016). O desempenho locomotor é sinergicamente afetado de acordo tanto com o estado de temperatura corpórea como com a

hidratação destes indivíduos (Titon et al. 2010). Sendo assim, a ocorrência de eventos extremos por mudanças no clima que alterem drasticamente as condições de temperatura, umidade e precipitação de um determinado habitat, podem trazer efeitos letais a este grupo.

Ainda existe uma grande divergência quanto a maior ou menor vulnerabilidade de espécies temperadas em relação às tropicais. Diversos estudos sugerem uma menor vulnerabilidade de espécies de zonas temperadas, uma vez que sua margem de segurança térmica seria mais ampla (Deutsch et al. 2008). No entanto, outros sugerem uma maior vulnerabilidade destas espécies pois sua variabilidade térmica seria mais alta que a de espécies tropicais, não havendo uma margem de plasticidade para elevar seus limites térmicos (Sinclair et al. 2016).

### Doenças

Ao abordarmos o efeito das mudanças climáticas, é importante apontar que eventos climáticos extremos podem favorecer a infecção de anfíbios por patógenos. O principal exemplo de patógeno de anfíbios é o fungo *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), que já foi detectado em diversos continentes e hoje é tomado como um dos principais responsáveis pelo declínio global de populações de anfíbios (Scheele et al. 2019). A quitridiomiose, causada pelo Bd, pode trazer diversos prejuízos aos anfíbios, alterando funções como hidratação e regulação de oxigênio e podendo ser letal ao indivíduo infectado (Voyles et al. 2007).

Temperatura e precipitação são os principais fatores que influenciam na ocorrência de Bd e sua relação com o hospedeiro (Bosch et al. 2001, Turner et al. 2021). Embora a temperatura ótima para este fungo varie de 17 a 25°C (Piotrowski et al. 2004), algumas evidências mostram que em baixas temperaturas o fungo causa uma maior mortalidade (Raffel et al. 2013). Declínios de populações em elevadas altitudes levaram a associações dos efeitos letais da ação do Bd com elevadas altitudes e baixas temperaturas (Fisher et al. 2009). Em contrapartida, há uma hipótese que propõe que espécies adaptadas ao calor são mais vulneráveis à infecção por patógenos quando em temperaturas mais frias (Rohr et al. 2018). Sendo assim, cada espécie responderá de forma diferente à infecção por Bd, porém para aquelas sob risco de declínio iminente se torna

imperativa a discussão acerca dos regimes climáticos em suas regiões (Turner et al. 2021).

### Distribuição e dispersão

É conhecido que os regimes climáticos representam um fator que influencia fortemente a distribuição e riqueza de diversos animais (Currie 2001). Deste modo, espera-se que muitas espécies sofram alterações em suas distribuições em resposta às mudanças climáticas causadas por eventos climáticos extremos (Hughes 2000, Parmesan 2006). Para os anfíbios isso não é diferente, uma vez que este grupo depende de condições como temperatura e precipitação para executar suas atividades em geral (Deutsch et al. 2008) e suas populações se encontram em declínio (Reading 2007). Um estudo recente prevê que, com base em modelos de nicho ecológico, algumas espécies de anuros terão suas distribuições diminuídas com as mudanças climáticas (Schivo et al. 2019). Este mesmo trabalho argumenta que as condições bioclimáticas adequadas para tais espécies podem migrar para áreas que não atendam a todas as necessidades destas espécies.

De maneira geral, anfíbios possuem baixa capacidade de dispersão (Sinsch 1990) e os eventos climáticos extremos podem forçar animais a se moverem para regiões climáticas mais adequadas para sua sobrevivência (Enriquez-Urzelai et al. 2019). No entanto, esta limitação pode tornar este movimento desafiador, ou até impossível. Uma alternativa para transpor a dificuldade de dispersão do grupo é a permanência destes animais nas suas áreas originais por meio de alguma estratégia comportamental ou plástica (Enriquez-Urzelai et al. 2019).



## Répteis

O impacto das mudanças climáticas pode ser observado em diferentes aspectos biológicos dos répteis, incluindo sua fisiologia térmica, biologia reprodutiva, comportamento e fatores genéticos (Diele-Viegas e Rocha 2018). Alterações na distribuição das espécies são consequência desse impacto, que pode levá-las a ampliar, manter ou reduzir a sua distribuição (Diele-Viegas e Rocha 2018, Diele-Viegas et al. 2020). A diversidade de répteis reconhecida hoje chega a 11.570 espécies, sendo 96.7% (11.053) composta por répteis Lepidosauria (Uetz et al. 2021). Destas, apenas cerca de 18% foram avaliadas acerca dos possíveis impactos causados pelas mudanças climáticas (Diele-Viegas et al. 2020). Apesar de ainda incipientes, os estudos na área têm demonstrado que a maioria das espécies de répteis será ou já está sendo afetada negativamente por tais alterações nas condições ambientais, o que está diretamente relacionado com a dependência destes animais a fatores externos para regular a sua temperatura corpórea (Huey 1982).

### **Distribuição geográfica**

As espécies podem alterar a sua faixa de distribuição em busca de um nicho climático adequado (Bestion et al. 2015a). Desta forma, as mudanças climáticas podem levar ao aumento na distribuição de uma espécie que tenha uma elevada capacidade de dispersão e uma tolerância térmica alta, no caso do aumento da disponibilidade de ambientes termicamente adequados. Por outro lado, tais alterações podem levar a uma redução na distribuição de espécies cuja tolerância térmica é menor ou cuja capacidade de dispersão é baixa, no caso de haver uma diminuição na disponibilidade de ambientes termicamente adequados (Alvarez et al. 2017, Bezeng et al. 2018, Yuan et al. 2018). Em ambas as situações, os deslocamentos podem gerar uma sobreposição de nicho no novo ambiente ocupado, aumentando a competição interespecífica (Bombi et al. 2011).

Modelos de nicho ecológico vem sendo utilizados como forma de avaliar a adequabilidade térmica dos ambientes e assim definir o risco de extinção global ou extirpação das espécies naquele local (Böhm et al. 2016). Além disso, tais modelos podem servir

como uma ferramenta para detecção de áreas prioritárias para a conservação das espécies, com base na relação entre hotspots de vulnerabilidade às mudanças climáticas e hotspots de riqueza de espécies ameaçadas (Bombi et al. 2011, Bezeng et al. 2018).

### **Fisiologia térmica**

Populações expostas a alterações no ambiente podem colapsar quando a maioria dos indivíduos deteriora a ponto de não conseguirem manter a homeostase (Naya et al. 2011). Estudos a respeito do efeito das mudanças climáticas sobre a ecofisiologia dos répteis têm focado na avaliação de quanto as temperaturas ambientais podem exceder a tolerância térmica das espécies e quais as possíveis respostas que tais espécies poderiam desenvolver (Diele-Viegas e Rocha 2018). Organismos mais tolerantes podem apresentar baixa plasticidade, o que poderia significar uma maior vulnerabilidade frente às mudanças climáticas caso a temperatura do ambiente exceda seus limites de tolerância (Gunderson e Stillman 2015). Esta previsão contra-intuitiva foi suportada em alguns estudos (por exemplo Kirchhof et al. 2017) e rejeitada em outros (por exemplo Li et al. 2017).

O comportamento de termorregulação ativa representa a maior parte da energia consumida em um ambiente desafiador, uma vez que os animais precisam de mais esforço para termorregular, limitando o acesso aos recursos distribuídos no espaço (Basson et al. 2017). Dessa forma, espécies que apresentam termorregulação ativa devem gastar mais energia com as mudanças climáticas para a manutenção das altas temperaturas corporais, mantendo-se em atividade por mais tempo (Levy et al. 2017).

Gradientes latitudinais e altitudinais também são importantes para a biologia térmica das espécies. Espécies de zonas temperadas usualmente se restringem a ambientes com temperaturas operativas altas e heterogêneas, enquanto espécies tropicais e subtropicais possuem um comportamento termorregulatório mais variável (Muñoz et al. 2016). Apesar disso, espécies de ambientes temperados, tropicais e subtropicais estão vulneráveis num cenário

de mudanças climáticas (Diele-Viegas et al. 2020).

### **Biologia reprodutiva**

Cada estágio do ciclo de vida de uma espécie é passível de ser afetado pelas mudanças climáticas de maneira independente (Levy et al. 2016). Temperaturas de incubação mais quentes usualmente diminuem o período de incubação e podem influenciar diversas características fenotípicas, tais quais comportamento, fisiologia e sobrevivência (Noble et al. 2018). Além disso, algumas espécies possuem a determinação do sexo dependente da temperatura (TSD), onde a temperatura de incubação durante um período específico do desenvolvimento embrionário determina o sexo do embrião (Bull 1980). Consequentemente, uma maior variação interanual na temperatura do ambiente pode levar a uma flutuação significativa na proporção entre machos e fêmeas, impactando na dinâmica populacional caso leve ao viés da razão entre os sexos em adultos (Mitchell et al. 2010). Tanto a modificação comportamental de postura de ovos quanto respostas adaptativas da temperatura pivotal podem alterar as taxas sexuais de répteis com TSD, aumentando o risco de extinção local e global destas espécies (Mitchell et al. 2010).

Espécies com ninhos comunais podem apresentar baixa plasticidade na seleção materna dos locais de postura, reduzindo a sobrevivência da prole caso os ninhos ocupem ambientes desafiadores (Dayananda et al. 2016). Ninhos mais quentes podem alterar o desempenho locomotor e a aprendizagem dos filhotes, e consequentemente diminuir suas taxas de dispersão e sobrevivência (Amiel e Shine 2012, Dayananda et al. 2017). Além disso, a exposição a temperaturas estressantes pode ainda influenciar a morfologia, volume e tamanho absoluto do cérebro dos filhotes (Amiel et al. 2017).

Os padrões de precipitação também podem determinar a performance reprodutiva dos répteis. Uma precipitação intensa pode levar a uma produção de neonatos com maior taxa de sobrevivência, mas tamanho corpóreo reduzido, enquanto uma baixa precipitação, ou aumento das secas, pode afetar negativamente o período gestacional, o resultado da reprodução e a taxa entre os sexos (Wang et al. 2016). Algumas espécies utilizam como estratégia o acasalamento com machos adicionais, uma vez que

a competição pelo esperma poderia aumentar a viabilidade dos filhotes e sua sobrevivência no primeiro ano de vida (Olsson et al. 2011).

Para espécies vivíparas, as condições térmicas durante diferentes estágios da gestação podem afetar desde a viabilidade do embrião até o tamanho da gestação e fenótipo dos filhotes (Lourdais et al. 2004). Quando expostos a maiores oportunidades de termorregulação ativa por dia, algumas espécies podem dar à luz a filhotes mais resilientes a ambientes mais quentes (Dubey e Shine 2011). Por outro lado, uma maior cobertura de nuvens pode influenciar na dinâmica populacional a longo prazo, uma vez que os filhotes tendem a apresentar um crescimento mais lento (Hare e Cree 2010). Fêmeas expostas a estressores térmicos durante a reprodução podem alterar os fenótipos dos embriões por manipulação hormonal, o que influencia tanto na propensão à dispersão quanto no recrutamento populacional e subseqüentes características de história de vida da prole (Meylan et al. 2012).

### **Interações biológicas**

As mudanças nas relações intra e interespecíficas causadas pelas alterações climáticas podem ter efeitos ecológicos bem profundos, apesar de serem difíceis de prever (DeGregorio et al. 2015). A maioria dos estudos que relacionam interações ecológicas de répteis e mudanças climáticas focam na predação. Predadores de ninhos podem se beneficiar tornando-se ativos mais cedo no ano, possivelmente aumentando a predação em estações mais quentes (DeGregorio et al. 2015). Espécies termofílicas podem otimizar seu desempenho de forrageio e, consequentemente, a frequência com que se alimentam (Capula et al. 2016). Por outro lado, alterações na migração sazonal de presas podem tornar seus predadores indiretamente mais vulneráveis (Ujvari et al. 2011).

### **Energética**

Temperaturas ambientais estressantes podem aumentar os custos energéticos da manutenção do metabolismo durante a dormência ou inatividade noturna, ou reduzir a qualidade do refúgio de termorregulação (Flesch et al. 2017). Desta forma, as espécies podem apresentar compensação fisiológica, plasticidade e aclimação como mecanismos suplementares para

lidar com tais temperaturas (Putman e Clark 2017, Theisinger et al. 2017). Algumas espécies utilizam-se de proteínas de choque térmico (HSPs) para reduzir sua tolerância ao calor em condições climáticas adversas (Dayananda et al. 2017). Além disso, elas também podem reduzir a secreção de corticosteróides, desregulando os níveis de atividade para evitar perda d'água (Dupoué et al. 2018).

### **Morfologia**

Alterações no morfotipo e no tamanho corpóreo podem estar relacionadas à capacidade de termorregulação (Huang et al. 2014). Indivíduos maiores são passíveis de sobreviver mais tempo apesar da temperatura do inverno, e estações de crescimento maiores podem compensar as perdas por permitir um crescimento adicional e armazenamento de energia (Zani 2008). Temperaturas mais quentes também podem causar um rápido crescimento corporal, que pode ser associado a maiores tamanhos de ninhada e a um output reprodutivo total (Chamaillé-Jammes et al. 2006). Temperaturas mais altas podem também causar uma antecipação do início reprodutivo e aumento de voltinismo, levando a um ciclo de vida acelerado e a uma diminuição da sobrevivência de adultos (Bestion et al. 2015b).

### **Dinâmica populacional**

A atividade na superfície, o período de alimentação e a hibernação são aspectos importantes para a dinâmica populacional de serpentes (Rugiero et al. 2013), e podem variar como uma resposta compensatória ao aquecimento global. O aumento na temperatura do ar pode causar uma antecipação do início da atividade na superfície e do período de alimentação, atrasar a hibernação, e reduzir a intensidade da atividade durante o período mais quente e úmido do ano (Rugiero et al. 2013, Capula et al. 2016). Tais estratégias podem amenizar os efeitos do aumento da temperatura nas espécies cujas previsões seriam de que a variação na temperatura não afetaria negativamente sua dinâmica populacional, apesar da exposição das espécies a ambientes mais quentes (Lelièvre et al. 2013).

### **Genética**

A divergência fenotípica está alinhada com a divergência genômica em resposta às mudanças climáticas (Prates et al. 2016), devido à conexão entre adaptação evolutiva a um agente ambiental seletivo a longo prazo e à resposta a um estressor em organismos individuais a curto prazo (Rodríguez et al. 2017). Uma rede genômica funcional para termorregulação pode ser regulada por vias evolutivas semelhantes entre várias linhagens de vertebrados, validando uma abordagem comparativa para o entendimento da adaptação térmica (Rodríguez et al. 2017). Além disso, o comprimento de telômeros é um biomarcador promissor para ampliar o alarme a respeito do declínio populacional antecipado, uma vez que o atrito entre telômeros acelera o envelhecimento após uma exposição recorrente a estressores ambientais (Dupoué et al. 2017).

Espécies cujas populações estão distribuídas em ambientes fragmentados devem apresentar alta vulnerabilidade frente às mudanças climáticas, especialmente se o isolamento entre as populações gerar descontinuidade genética e se os locais que contêm a maior parte da variação genética estiverem entre os locais mais afetados (Dubey et al. 2013). Quando a conectividade entre os fragmentos termicamente adequados à espécie é reduzida e há baixo fluxo gênico entre eles, a distância entre os fragmentos aumenta. Neste cenário, duas consequências podem emergir: 1) vicariância através da fragmentação, o que demandaria um aumento no tamanho populacional e necessidades ecológicas; 2) extinções locais, o que é mais passível de ocorrer em um cenário de mudanças climáticas (Tolley et al. 2009). Sendo assim, espécies especialistas são passíveis de serem constrangidas em suas respostas evolutivas às mudanças climáticas futuras (Afonso Silva et al. 2017).





## Lacunas de conhecimento na Herpetologia Brasileira

Representantes da herpetofauna são comumente usados em experimentos de ecofisiologia (Taylor et al. 2020). Por serem ectotérmicos, a variação da temperatura do ambiente em que estão inseridos é um fator determinante para o desempenho das espécies, podendo impactar inclusive sua sobrevivência em determinada região (Pontes-da-Silva et al. 2018). Por isso, os estudos com ecofisiologia térmica se apresentam como ferramentas valiosas para auxiliar nas pesquisas que avaliam o impacto das mudanças climáticas na herpetofauna. Os dados resultantes de tais estudos devem ser utilizados de modo a fornecer arcabouço teórico em prol de políticas públicas para conservação da biodiversidade, assim como de serviços ecossistêmicos. A escolha de melhores áreas para criação de Unidades de Conservação, por exemplo, pode ser embasada a partir dos mapas de adequabilidade, que são gerados a partir de informações ecofisiológicas dos indivíduos. Utilizando esses dados, é possível potencializar as ações em conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos, minimizando conflitos de uso e ocupação do território.

Apesar de sua importância, a ecofisiologia térmica da herpetofauna ainda é pouco estudada em ambientes tropicais, especialmente no Brasil. Até 2020, foram publicados 43 artigos relacionados, sendo o primeiro datado de 1989 (Rocha e Bergallo 1989). A temática começou a ser mais abordada a partir de 2018, apesar de ainda termos uma grande lacuna no conhecimento em comparação com as espécies de ambientes temperados. Dessa forma, é evidente que precisamos investir em pesquisas com espécies tropicais, especialmente as brasileiras, para preencher essa lacuna no conhecimento.

No que diz respeito à amostragem por biomas, todos os biomas nacionais já foram amostrados pelo menos uma vez. A Mata Atlântica, com 18 artigos, é o bioma mais amostrado do Brasil, seguida pelo Cerrado com 16 trabalhos, Amazônia e Caatinga com oito cada, Pampa com dois, e por fim o Pantanal com apenas uma pesquisa publicada. Considerando que a região Sul do país é a terceira em recurso financeiro recebido para a pesquisa (CNPq 2015), e que o Pampa é inteiramente disposto nesta região, o baixo número de trabalhos publicados

para o bioma pode ser reflexo dos poucos espaços remanescentes de vegetação natural (Santos et al. 2008). O resultado para o Pantanal indica, principalmente, a falta de investimentos para a região (CNPq 2015). O bioma está presente em dois estados brasileiros, o Mato Grosso e o Mato Grosso do Sul, e que juntos receberam menos bolsas de fomento à pesquisa que o estado de São Paulo no ano de 2014 (CNPq 2015).

Este é um cenário muito preocupante, pois as áreas úmidas tropicais são fundamentais para manutenção dos ciclos hidrológicos e biogeoquímicos em nível regional e global (Calheiros e Fonseca 1996). É essencial salientar que o Pantanal é uma zona de transição entre ambientes terrestres e aquáticos, sendo a maior planície tropical inundável do mundo (Petts 1990). Primordialmente, o bioma necessita de informações técnico-científicas rigorosas, além de abordagens bem instrumentalizadas, uma vez que as atividades antrópicas já vem causando grande destruição e perdas irreparáveis ao bioma (Calheiros e Fonseca 1996, Libonati et al. 2020).

As regiões de origem dos trabalhos são resultado direto da distribuição desigual de recursos financeiros no Brasil. Segundo a série histórica do CNPq, a Universidade de São Paulo (USP) recebeu mais investimento do que qualquer outra universidade do Brasil (CNPq 2015). Além disso, de acordo com um levantamento feito pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, entre 1985 e 1996, a região Sudeste acumulava em torno de 70% de todo investimento financeiro do país. Isso pode explicar alguns fatos, como: 1) a produção científica nacional com ecofisiologia de répteis e anfíbios se concentra nesta região, em um valor (coincidentemente) de também 70%, 2) que o Estado de São Paulo tenha mais que o triplo de publicações se comparado com o estado segundo colocado, o Rio de Janeiro e 3) que as instituições dos demais estados e regiões apresentem tão baixo número de publicações.

Na literatura da ecofisiologia da herpetofauna brasileira, foram amostradas um total de 17 famílias e 118 espécies. Considerando a riqueza de espécies no país (aproximadamente 795 espécies de répteis e no mínimo mil espécies de anfíbios), podemos

afirmar que não conhecemos a diversidade ecofisiológica da nossa herpetofauna. Além disso, há uma grande discrepância de amostragem: o grupo dos lagartos foi amplamente mais pesquisado (29 trabalhos sobre 103 espécies), seguido dos anuros (nove trabalhos sobre 11 espécies) e de serpentes (cinco trabalhos sobre quatro espécies). Jacarés, anfisbenas, testudines (Répteis), Caudata e Gymnophiona (Anfíbios) não foram estudados em nenhum trabalho publicado até então.

A família Gymnophthalmidae (Squamata) apresenta o maior número de espécies amostradas (28 no total) e possui mais de 50 espécies registradas no Brasil com ampla distribuição, o que indica um grupo promissor para investigações e comparações (Revista Brasileira de Herpetologia 2019). Tropiduridae (Squamata) foi a família mais frequente nos artigos (17 no total) e a segunda mais amostrada em número de espécies, com 20 no total. Em relação aos anfíbios, a família Bufonidae foi a mais representada, aparecendo em seis trabalhos e contendo cinco

espécies avaliadas. Dentro dos biomas, a Amazônia contabiliza o maior número de famílias amostradas (11), seguida respectivamente por: Mata Atlântica (9), Cerrado e Caatinga (6), Pampa (2) e Pantanal (1).

Apenas oito das 118 espécies estudadas em ecofisiologia no Brasil estão na lista de espécies ameaçadas segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e todas são de lagartos. Seis estão avaliadas como em perigo (EN) (*Ameiva parecis*, *Calyptommatus leirolepis*, *Calyptommatus nicterus*, *Calyptommatus sinebrachiatus*, *Liolaemus arambarensis* e *Procellosaurinus tetradactylus*) e duas como vulneráveis (VU) (*Tropidurus hygomi*, *Tropidurus psamonastes*) (Duarte 2018). Isso aponta em direção a necessidade de focarmos nossos esforços nas espécies ameaçadas, além de ampliarmos as abordagens experimentais e analíticas referente a fisiologia e distribuição desses organismos, para que assim consigamos caracterizar mais precisamente o grau de risco que se encontram.

## Considerações finais

As alterações climáticas parecem estar conduzindo rapidamente o planeta à sexta extinção em massa e, para os anfíbios e répteis, estes impactos negativos são ainda mais fortes (Diele-Viegas et al. 2020). Apesar da importância do Brasil em termos de riqueza e abundância de espécies, estudos sobre a temática ainda são incipientes. Como consequência, ainda é escasso o número de ações conservacionistas voltadas para a preservação das espécies ameaçadas especificamente pelas mudanças climáticas.

Para além de buscarmos fechar essas lacunas do conhecimento, também se faz necessário um maior enfoque na divulgação científica, uma vez que o negacionismo científico dificulta o desenvolvimento das discussões sobre temas importantes, que incluem a conservação e as mudanças climáticas globais. Enquanto cientistas, é chegada a hora de promovermos cada vez mais discussões sobre a temática dentro e fora das nossas instituições de pesquisa. Enquanto cidadãos, é chegada a hora de lutarmos por uma reformulação nas políticas ambientais, de modo a promover a conservação da

biodiversidade e evitar a sexta extinção em massa. Enquanto espécie, é chegada a hora de nos colocarmos no nosso lugar e percebermos que não somos donos da natureza, mas sim parte dela.

"O que podemos fazer para assegurar que os esforços de hoje não desaparecerão – de igual forma – dos livros de história que lerão nossos filhos e nossos netos?"

Joan Scott

## Referências

- Afonso Silva, A. C., Bragg, J. G., Potter, S., Fernandes, C., Coelho, M. M. e Moritz, C. 2017. Tropical specialist vs. climate generalist: Diversification and demographic history of sister species of *Carlia* skinks from northwestern Australia. *Molecular Ecology* 26:4045–4058.
- Alvarez, G., Salas, E. A. L., Harings N. M. e Boykin, K. G. 2017. Projections of Future Suitable Bioclimatic Conditions of Parthenogenetic Whiptails. *Climate* 5(2):34.
- Amiel, J. J., Bao, S. e Shine, R. 2017. The effects of incubation temperature on the development of the cortical forebrain in a lizard. *Animal Cognition* 20:117–125.
- Amiel, J. J. e Shine, R. 2012. Hotter nests produce smarter young lizards. *Biology Letters* 8(3):372–374.
- Basson, C. H., Levy, O., Angilletta Jr., M. J. e Clusella-Trullas, S. 2017. Lizards paid a greater opportunity cost to thermoregulate in a less heterogeneous environment. *Functional Ecology* 31(4):856–865.
- Beebee, T. J. C. e Griffiths, R. A. 2005. The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? *Biological Conservation* 125(3):271–285.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. e Courchamp, F. 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity: Biodiversity and climate change. *Ecology Letters* 15:365–377.
- Bestion, E., Clobert, J. e Cote, J. 2015a. Dispersal response to climate change: scaling down to intraspecific variation. *Ecology Letters* 18(11):1226–1233.
- Bestion, E., Teyssier, A., Richard, M., Clobert, J. e Cote, J. 2015b. Live Fast, Die Young: Experimental Evidence of Population Extinction Risk due to Climate Change. *PLoS Biology* 13(10):e1002281.
- Bezeng, B. S., Tesfamichael, S. G e Dayananda, B. 2018. Predicting the effect of climate change on a range-restricted lizard in southeastern Australia. *Current Zoology* 64(2):165–171.
- Blaustein, A. R., Walls, S. C., Bancroft, B. A., Lawler, J. J., Searle, C. L. e Gervasi, S. S. 2010. Direct and Indirect Effects of Climate Change on Amphibian Populations. *Diversity* 2(2):281–313.
- Böhm, M., Cook, D., Ma, H., Davidson, A. D., García, A., Tapley, B., Pearce-Kelly, P. e Carr, J. 2016. Hot and bothered: Using trait-based approaches to assess climate change vulnerability in reptiles. *Biological Conservation* 204(A):32–41.
- Bombi, P., Akani, G. C., Eberé, N. e Luiselli, L. 2011. Potential effects of climate change on high- and low- abundance populations of the Gaboon viper (*Bitis gabonica*) and the nose-horned viper (*B. nasicornis*) in southern Nigeria. *21(1):59–64.*
- Bosch, J., Martínez-Solano, I. e García-París, M. 2001. Evidence of a chytrid fungus infection involved in the decline of the common midwife toad (*Alytes obstetricans*) in protected areas of central Spain. *Biological Conservation* 97(3):331–337.
- Bull, J. J. 1980. Sex Determination in Reptiles. *The Quarterly Review of Biology* 55(1):3–21.
- Calheiros, D. F. e Fonseca, W. C. 1996. *Perspectivas de estudos ecológicos sobre o Pantanal*. Corumbá: EMBRAPA-CPAP.
- Capula, M., Rugiero, L., Capizzi, D., Franco, D., Milana, G. e Luiselli, L. 2016. Long-term, climate-change-related shifts in feeding frequencies of a Mediterranean snake population. *Ecological Research* 31(1):49–55.
- Chamaillé-Jammes, S., Massot, M., Aragón, P. e Clobert, J. 2006. Global warming and positive fitness response in mountain populations of common lizards *Lacerta vivipara*. *Global Change Biology* 12(2):392–402.
- CNPq. 2015. Séries Históricas, 2001-2014. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (Acesso: 05/05/2022). Disponível em: <http://memoria.cnpq.br/en/series-historicas>.
- Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J.-L., Fichet, T., Friedlingstein, P., Gao, X., Gutowski, W. J., Johns, T., Krinner, G., Shongwe, M., Tebaldi, C., Weaver, A. J., e Wehner, M. 2013. Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility. Pp. 1029–1136 In Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. e Midgley, P. M. (eds.), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge and New York. Cambridge University Press.
- Cooper, A., Turney, C., Hughen, K. A., Brook, B. W., McDonald, G. e Bradshaw, C. J. 2015. Abrupt warming events drove Late Pleistocene Holarctic megafaunal turnover. *Science* 349(6248):602–606.
- Cubasch, U., Wuebbles, D., Chen, D., Facchini, M. C., Frame, D., Mahowald, N. W. J. G., e Winther, J. G. 2013. Introduction. in 'climate change 2013: The physical science basis. contribution of working group i to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Pp. 119–158 In Plattner, K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., e Midgley, P. M. (eds.) Cambridge and New York. Cambridge University Press.
- Currie, D. J. 2001. Projected Effects of Climate Change on Patterns of Vertebrate and Tree Species Richness in the Conterminous United States. *Ecosystems* 4:216–225.
- Dayananda, B., Gray, S., Pike, D. e Webb, J. K. 2016. Communal nesting under climate change: fitness consequences of higher incubation temperatures for a nocturnal lizard. *Global Change Biology* 22(7):2405–2414.
- Dayananda, B., Murray, B. R. e Webb, J. K. 2017. Hotter nests produce hatchling lizards with lower thermal tolerance. *Journal of Experimental Biology* 220(12):2159–2165.
- DeGregorio, B. A., Westervelt, J. D., Weatherhead, P. J. e Sperry, J. H. 2015. Indirect effect of climate change: Shifts in ratsnake behavior alter intensity and timing of avian nest predation. *Ecological Modelling* 312:239–246.

- Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Huey, R. B., Sheldon, K. S., Ghalambor, C. K., Haak, D. C., e Martin, P. R. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(18):6668–6672.
- Diele-Viegas, L. M. e Rocha, C. F. D. 2018. Unraveling the influences of climate change in Lepidosauria (Reptilia). *Journal of Thermal Biology* 78:401–414.
- Diele-Viegas, L. M., Figueroa, R. T., Vilela, B. e Rocha, C. F. D. 2020. Are reptiles toast? A worldwide evaluation of Lepidosauria vulnerability to climate change. *Climatic Change* 159(581–599).
- Diffenbaugh, N. S. e Field, C. B. 2013. Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions. *Science* 341(6145):486–492.
- Duarte, E. (ed.). 2018. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília. ICMBio. 4162 pp.
- Dubey, S. e Shine, R. 2011. Predicting the effects of climate change on reproductive fitness of an endangered montane lizard, *Eulamprus leuraensis* (Scincidae). *Climatic Change* 107:531–547.
- Dubey, S., Pike, D. A. e Shine, R. 2013. Predicting the impacts of climate change on genetic diversity in an endangered lizard species. *Climatic Change* 117:319–327.
- Dupoué, A., Rutschmann A, Le Galliard, J. F., Clobert, J., Angelier, F., Marciau, C., Ruault, S., Miles, D. e Meylan, S. 2017. Shorter telomeres precede population extinction in wild lizards. *Scientific Reports* 7:16976.
- Dupoué, A., Rutschmann, A., Le Galliard, J. F., Clobert, J., Blaimont, P., Sinervo, B., Miles, D. B., Haussy, C. e Meylan, S. 2018. Reduction in baseline corticosterone secretion correlates with climate warming and drying across wild lizard populations. *Journal Animal Ecology* 87(5):1331–1341.
- Enriquez-Urzelai, U., Kearney, M. R., Nicieza, A. G. e Tingley, R. 2019. Integrating mechanistic and correlative niche models to unravel range-limiting processes in a temperate amphibian. *Global Change Biology* 25(8):2633–2647.
- Fisher, M. C., Garner, T. W. J. e Walker, S. F. 2009. Global Emergence of *Batrachochytrium dendrobatidis* and Amphibian Chytridiomycosis in Space, Time, and Host. *Annual Review of Microbiology* 63(1):291–310.
- Flesch, A. D., Rosen, P. C. e Holm, P. 2017. Long-term changes in abundances of Sonoran Desert lizards reveal complex responses to climatic variation. *Global Change Biology* 23(12):5492–5508.
- Gunderson, A. R. e Stillman, J. H. 2015. Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from global warming. *Proceedings of the Royal Society B* 282 (1808):20150401.
- Hare, K. M. e Cree, A. 2010. Exploring the consequences of climate-induced changes in cloud cover on offspring of a cool-temperate viviparous lizard. *Biological Journal of the Linnean Society* 101(4):844–851.
- Huang, S.-P., Porter, W. P., Tu, M.-C. e Chiou, C.-R. 2014. Forest cover reduces thermally suitable habitats and affects responses to a warmer climate predicted in a high-elevation lizard. *Oecologia* 175:25–35.
- Huey, B. 1982. Temperature, Physiology and the Ecology of Reptiles. Pp. 25-91 In Gans C. e Pough, F. H. (eds), *Biology of the Reptilia: physiological ecology*. New York. Academic Press.
- Huey, R. B., Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Vitt, L. J., Hertz, P. E., Álvarez-Pérez, H. J. e Garland, T. 2009. Why tropical forest lizards are vulnerable to climate warming. *Proceedings of the Royal Society B* 276(1664):1939–1948.
- Hughes, L. 2000. Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology & Evolution* 15(2):56-61.
- Hutchison, V. H., e Dupré, R. K. 1992. Thermoregulation. Pp. 206-249 In Feder, M. E. e Burggren, W. W. (eds.), *Environmental physiology of amphibians*. Chicago. The University of Chicago Press.
- IPCC. 2018. Summary for policymakers. Pp. 32 In Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J. B. R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., e Waterfield, T. (eds.), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, Geneva. World Meteorological Organization.
- Kirchhof, S., Hetem, R. S., Lease, H. M., Miles, D. B., Mitchell, D., Müller, J., Rödel, M.-O., Sinervo, B., Wassenaar, T. e Murray, I.W. 2017. Thermoregulatory behavior and high thermal preference buffer impact of climate change in a Namib Desert lizard. *Ecosphere* 8(12): e02033.
- Kusano, T. e Inoue, M. 2008. Long-Term Trends toward Earlier Breeding of Japanese Amphibians. *Journal of Herpetology* 42(4):608–614.
- Lelièvre, H., Rivalan, P., Delmas, V., Ballouard, J.-M., Bonnet, X., Blouin-Demers, G. e Lourdaux, O. 2013. The thermoregulatory strategy of two sympatric colubrid snakes affects their demography. *The Society of Population Ecology* 55:585–593. <https://doi.org/10.1007/s10144-013-0388-z>
- Levy, O., Borchert, J. D., Rusch, T. W., Buckley, L. B. e Angilletta, M. J. 2017. Diminishing returns limit energetic costs of climate change. *Ecology* 98:1217–1228. <https://doi.org/10.1002/ecy.1803>
- Levy, O., Buckley, L. B., Keitt, T. H. e Angilletta, M. J. 2016. Ontogeny constrains phenology: opportunities for activity and reproduction interact to dictate potential phenologies in a changing climate. *Ecology Letters* 19:620–628. <https://doi.org/10.1111/ele.12595>
- Li, S.-R., Wang, Y., Ma, L., Zeng, Z.-G., Bi, J.-H. e Du, W.-G. 2017. Thermal ecology of three coexistent desert lizards: Implications for habitat divergence and thermal vulnerability. *Journal of Comparative Physiology B* 187:1009–1018. <https://doi.org/10.1007/s00360->

017-1087-4

- Libonati, R., DaCamara, C. C., Peres, L. F., Carvalho, L. A. S. e Garcia, L. C. 2020. Rescue Brazil's burning Pantanal wetlands. *Nature* 588:217–219. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-03464-1>
- Lourdais, O., Shine, R., Bonnet, X., Guillon, M. e Naulleau, G. 2004. Climate affects embryonic development in a viviparous snake, *Vipera aspis*. *Oikos* 104:551–560. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12961.x>
- Meylan, S., Miles, D. B. e Clobert, J. 2012. Hormonally mediated maternal effects, individual strategy and global change. *Philosophical Transactions of The Royal Society B* 367:1647–1664. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0020>
- Mitchell, N. J., Allendorf, F. W., Keall, S. N., Daugherty, C. H. e Nelson, N. J. 2010. Demographic effects of temperature-dependent sex determination: will tuatara survive global warming? *Global Change Biology* 16:60–72. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01964.x>
- Muñoz, M. M., Langham, G. M., Brandley, M. C., Rosauer, D., Williams, S. E. e Moritz, C. 2016. Basking behavior predicts the evolution of heat tolerance in Australian rainforest lizards: Physiological Evolution in Australian Skinks. *Evolution* 70:2537–2549. <https://doi.org/10.1111/evo.13064>
- Navas, C. A. 1996. Implications of microhabitat selection and patterns of activity on the thermal ecology of high elevation neotropical anurans. *Oecologia* 108:617–626. <https://doi.org/10.1007/BF00329034>
- Navas, C. A. 1997. Thermal extremes at high elevations in the Andes: Physiological ecology of frogs. *Journal of Thermal Biology* 22:467–477. [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(97\)00065-X](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(97)00065-X)
- Navas, C. A., Gomes, F. R. e Carvalho, J. E. 2008. Thermal relationships and exercise physiology in anuran amphibians: Integration and evolutionary implications. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 151:344–362. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2007.07.003>
- Navas, C. A., Gomes, F. R. e Domenico, E. A. 2016. Physiological ecology and conservation of anuran amphibians. Pp. 155–188 In: *Amphibian and Reptile Adaptations to the Environment. Interplay Between Physiology and Behavior*.
- Naya, D. E., Veloso, C., Sabat, P. e Bozinovic, F. 2011. Physiological flexibility and climate change: The case of digestive function regulation in lizards. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 159:100–104. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2011.02.005>
- Noble, D. W. A., Stenhouse, V. e Schwanz, L. E. 2018. Developmental temperatures and phenotypic plasticity in reptiles: a systematic review and meta-analysis. Incubation temperature and plasticity. *Biological Reviews* 93:72–97. <https://doi.org/10.1111/brv.12333>
- Olsson, M., Schwartz, T., Wapstra, E., Uller, T., Ujvari, B., Madsen, T. e Shine, R. 2011. Climate change, multiple paternity and offspring survival in lizards. *Evolution* 65:3323–3326. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2011.01387.x>
- Parmesan, C. 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 37:637–669. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100>
- Petts, G. E. 1990. Forrested alluvial corridors: a lost resource. Pp. 12–34 In: *Water, engineering and landscape: water control and landscape transformation in the modern period*. Belhaven, London.
- Piotrowski, J. S., Annis, S. L. e Longcore, J. E. 2004. Physiology of *Batrachochytrium dendrobatidis*, a chytrid pathogen of amphibians. *Mycologia* 96(1):9–15.
- Pontes-da-Silva, E., Magnusson, W. E., Sinervo, B. R., Caetano, G. H., Miles, D. B., Colli, G. R., Diele-Viegas, L. M., Fenker, J., Santos, J. C. e Werneck, F. P. 2018. Extinction risks forced by climatic change and intraspecific variation in the thermal physiology of a tropical lizard. *Journal of Thermal Biology* 73:50–60. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.01.013>
- Pounds, J. A. e Crump, M. L. 1994. Amphibian Declines and Climate Disturbance: The Case of the Golden Toad and the Harlequin Frog. *Conservation Biology* 8:72–85. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1994.08010072.x>
- Prates, I., Xue, A. T., Brown, J. L., Alvarado-Serrano, D. F., Rodrigues, M. T., Hickerson, M. J. e Carnaval, A. C. 2016. Inferring responses to climate dynamics from historical demography in neotropical forest lizards. *The Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 113:7978–7985. <https://doi.org/10.1073/pnas.1601063113>
- Putman, B. J. e Clark, R. W. 2017. Behavioral thermal tolerances of free-ranging rattlesnakes (*Crotalus oreganus*) during the summer foraging season. *Journal of Thermal Biology* 65:8–15. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.01.012>
- Raffel, T. R., Romansic, J. M., Halstead, N. T., McMahon, T. A., Venesky, M. D. e Rohr, J. R. 2013. Disease and thermal acclimation in a more variable and unpredictable climate. *Nature Climate Change* 3:146–151. <https://doi.org/10.1038/nclimate1659>
- Reading, C. J. 2007. Linking global warming to amphibian declines through its effects on female body condition and survivorship. *Oecologia* 151:125–131. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0558-1>
- Revista Brasileira de Herpetologia. 2019. Listas de Espécies de Répteis. (Acesso: 05/052022). Disponível em: <http://www.sbherpetologia.org.br>
- Rocha, C. F. D. e Bergallo, H. G. 1989. Thermal biology and flight distance of *Tropidurus oreadicus* in an area of Amazonian Brazil. *Ethology Ecology & Evolution* 2:263–268
- Rodríguez, A., Rusciano, T., Hamilton, R., Holmes, L., Jordan, D. e Valero, K. C. W. 2017. Genomic and phenotypic signatures of climate adaptation in an *Anolis* lizard. *Ecology and Evolution* 7:6390–6403. <https://doi.org/10.1002/ece3.2985>
- Rohr, J. R., Civitello, D. J., Cohen, J. M., Roznik, E. A., Sinervo, B. e Dell, A. I. 2018. The complex drivers of thermal acclimation and breadth

- in ectotherms. *Ecology Letters* 21:1425–1439. <https://doi.org/10.1111/ele.13107>
- Rugiero, L., Milana, G., Petrozzi, F., Capula, M. e Luiselli, L. 2013. Climate-change-related shifts in annual phenology of a temperate snake during the last 20 years. *Acta Oecologica* 51:42–48. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2013.05.005>
- Santos, T. G., Kopp, K., Spies, M. R., Trevisan, R. e Cechin S. Z. 2008. Distribuição temporal e espacial de anuros em área de Pampa, Santa Maria, RS. *Iheringia, Série Zoologia* 98:244–253. <https://doi.org/10.1590/S0073-47212008000200013>
- Scheele, B. C., Pasmans, F., Skerratt, L. F., Berger, L., Martel, A., Beukema, W., Acevedo, A. A., Burrowes, P. A., Carvalho, T., Catenazzi, A., De la Riva, I., Fisher, M. C., Flechas, S. V., Foster, C. N., Frías-Álvarez, P., Garner, T. W. J., Gratwicke, B., Guayasamin, J. M., Hirschfeld, M., Kolby, J. E., Kosch, T. A., La Marca, E., Lindenmayer, D. B., Lips, K. R., Longo, A. V., Maneyro, R., McDonald, C. A., Mendelson III, J., Palacios-Rodriguez P., Parra-Olea, G., Richards-Zawacki, C. L., Rödel, M.-O., Rovito, S. M., Soto-Azat, C., Toledo, L. F., Voyles, J., Weldon, C., Whitfield, S. M., Wilkinson, M., Zamudio, K. R. e Canessa, S. 2019 Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity. *Science* 363:1459–1463. <https://doi.org/10.1126/science.aav0379>
- Schivo, F., Bauni, V. e Quintana, R. D. 2019. Distribution and richness of amphibians under different climate change scenarios in a subtropical region of South America. *Applied Geography* 103:70–89. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.01.003>
- Seneviratne, S. I., Nicholls, N., Easterling, D., Goodess, C. M., Kanae, S., Kossin, J., Luo, Y., Marengo, J., McInnes, K., Rahimi, M., Reichstein, M., Sorteberg, A., Vera, C., Zhang, X., Rusticucci, M., Semenov, V., Alexander, L. V., Allen, S., Benito, G., Cavazos, T., Clague, J., Conway, D., Della-Marta, P. M., Gerber, M., Gong, S., Goswami, B. N., Hemer, M., Huggel, C., van den Hurk, B., Kharin, V. V., Kitoh, A., Klein Tank, A. M. G., Li, G., Mason, S., McGuire, W., van Oldenborgh, G. J., Orłowsky, B., Smith, S., Thiaw, W., Velegakis, A., Yiou, P., Zhang, T., Zwiers, F. W. 2012. Changes in Climate Extremes and their Impacts on the Natural Physical Environment. Pp. 109–230 In: Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F. e Dahe, Q. (eds) *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sinclair, B. J., Marshall, K. E., Sewell, M. A., Levesque, D. L., Willet, C. S., Slotsbo, S., Dong, Y., Harley, C. D. G., Mashall, D. J., Helmuth, B. S. e Huey, R. B. 2016. Can we predict ectotherm responses to climate change using thermal performance curves and body temperatures? *Ecology Letters* 19:1372–1385. <https://doi.org/10.1111/ele.12686>
- Sinervo, B., Mendez-de-la-Cruz, F., Miles, D. B., Heulin, B., Bastiaans, E., Villagrán-Santa Cruz, M., Lara-Resendiz, R., Martínez-Méndez, N., Calderón-Espinosa, M. L., Meza-Lázaro, R. N., Gadsden, H., Avila, L. J., Morando, M., De la Riva, I., Sepulveda, P. V., Rocha, C. F. D., Ibarguengoytia, N., Puntriano, C. A., Massot, M., Lepetz, V., Oksanen, T. A., Chapple, D. G., Bauer, A. M., Branch, W. R., Clobert, J. e Sites, J. W. Jr. 2010. Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. *Science* 328:894–899. <https://doi.org/10.1126/science.1184695>
- Sinsch, U. 1990. Migration and orientation in anuran amphibians. *Ethology Ecology & Evolution* 2:65–79. <https://doi.org/10.1080/08927014.1990.9525494>
- Taylor, E. N., Diele-Viegas, L. M., Gangloff, E. J., Hall, J. M., Halpern, B., Massey, M. D., Rödder, D., Rollinson, N., Spears, S., Sun, B.-J. e Telemeco, R. S. 2020. The thermal ecology and physiology of reptiles and amphibians: A user's guide. *Journal of Experimental Zoology* jez.2396. <https://doi.org/10.1002/jez.2396>
- Theisinger, O., Berg, W. e Dausmann, K. H. 2017. Compensation of thermal constraints along a natural environmental gradient in a Malagasy iguanid lizard (*Oplurus quadrimaculatus*). *Journal of Thermal Biology* 68:21–26. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.01.005>
- Titon, B. Jr., Navas, C. A., Jim, J. e 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: Molecular & Integrative Physiology* 156:129–135. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2010.01.009>
- Todd, B., Willson, J. e Gibbons, J. 2010. The Global Status of Reptiles and Causes of Their Decline. Pp. 47-67 In: Sparling D, Linder G, Bishop C, Krest S (eds) *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles*, Second Edition. CRC Press.
- Tolley, K. A., Makokha, J. S., Houniet, D. T., Swart, B. L. e Matthee, C. A. 2009. The potential for predicted climate shifts to impact genetic landscapes of lizards in the South African Cape Floristic Region. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 51:120–130. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2008.11.017>
- Turner, A., Wassens, S., Heard, G. e Peters, A. 2021. Temperature as a driver of the pathogenicity and virulence of amphibian chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis*: a systematic review. *Journal of Wildlife Diseases* 57(3):477-494. <https://doi.org/10.7589/JWD-D-20-00105>
- Uetz, P., Freed, P. e Hošek, J. 2021 The Reptile Database. (Acesso:05/05/2022). Disponível em: <http://www.reptile-database>
- Ujvari, B., Shine, R., Luiselli, L. e Madsen, T. 2011. Climate-induced reaction norms for life-history traits in pythons. *Ecology* 92:1858–1864. <https://doi.org/10.1890/11-0129.1>
- Voyles, J., Berger, L., Young, S., Speare, R., Webb, R., Warner, J., Rudd, D., Campbell, R. e Skerratt, L. F. 2007. Electrolyte depletion and osmotic imbalance in amphibians with chytridiomycosis. *Disease of Aquatic Organisms* 77(2):113–118. <https://doi.org/10.3354/dao01838>
- Wang, Y., Zeng, Z.-G., Li, S.-R., Bi, J.-H. e Du, W.-G. 2016. Low precipitation aggravates the impact of extreme high temperatures on lizard reproduction. *Oecologia* 182:961–971. <https://doi.org/10.1007/s00442-016-3727-x>
- Winter, M., Fiedler, W., Hochachka, W. M., Koehncke, A., Meiri, S. e De la Riva, I. 2016. Patterns and biases in climate change research on amphibians and reptiles: a systematic review. *Royal Society Open Science* 3:160158. <https://doi.org/10.1098/rsos.160158>
- Yuan, F. L., Freedman, A. H., Chirio, L., LeBreton, M. e Bonebrake, T. C. 2018. Ecophysiological variation across a forest-ecotone gradient produces divergent climate change vulnerability within species. *Ecography* 41:1627–1637. <https://doi.org/10.1111/ecog.03427>
- Zani, P. A. 2008. Climate Change Trade-Offs in the Side-Blotched Lizard (*Uta stansburiana*): Effects of Growing-Season Length and Mild Temperatures on Winter Survival. *Physiological and Biochemical Zoology* 81:797–809. <https://doi.org/10.1086/588305>



*Macrogenioglottus alipioi*  
Foto: Marcos Dubeux

# UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS GIRINOS

Marcos Jorge Matias Dubeux<sup>1,2</sup> & Filipe Augusto Cavalcanti do Nascimento<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Centro de Biociências, Recife, Pernambuco, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Alagoas, Setor de Herpetologia, Museu de História Natural, Maceió, Alagoas, Brasil

Autor para correspondência: marcosdubeux.bio@gmail.com

Leia ou clique no código para assistir a palestra desse capítulo na Herpetorama!



## Resumo

Os anfíbios são únicos entre os vertebrados terrestres por apresentarem um ciclo de vida complexo, tendo como uma de suas principais características a presença de um estágio larval no seu desenvolvimento. As larvas dos anuros (girinos) são as que possuem as formas mais desviantes de sua contraparte adulta, sendo geralmente aquáticas e herbívoras. Esse aspecto dual, com duas fases de vida extremamente distintas, tornam os girinos uma interessante fonte de conhecimento para a compreensão de aspectos ecológicos e evolutivos dos anuros, complementando as informações provenientes dos adultos. Nesse capítulo, iremos abordar de forma introdutória aspectos gerais da morfologia dos girinos, seguido de uma explanação sobre alguns dos métodos de estudo desses organismos, incluindo procedimentos de coleta em campo, preservação, identificação, dissecação e preparo químico para estudos específicos, passando por aspectos sobre como realizar uma ilustração ou um registro fotográfico para fins científicos e de divulgação.

Palavras-chave: Anfíbios, anuros, estágio larval, morfologia, anatomia oral, condrocânio, métodos.

## Abstract

Amphibians are unique among terrestrial vertebrates for having a complex life cycle, having as one of their main characteristics the presence of a larval stage in their development. The anuran larvae (tadpoles) have the most deviant forms from their adult counterparts, being in general aquatic and herbivorous. This dual aspect, with two extremely distinct life stages, makes tadpoles an interesting source of information for understanding ecological and evolutionary aspects of anurans, complementing information from adults. In this chapter, we will introduce general aspects of the morphology of tadpoles in an introductory way, followed by an explanation of some methods to study these organisms, including procedures for field collection, storage, identification, dissection and chemical procedures for specific studies, covering aspects on how to make an illustration or a photographic record for scientific and divulgation purposes.

Keywords: Amphibians, anurans, larval stage, morphology, oral anatomy, chondro-cranium, methods.

## Introdução

Os anfíbios são únicos entre os vertebrados terrestres por apresentarem o chamado ciclo de vida complexo (Wilbur 1980, Moran 1994), tendo como uma de suas principais características a presença de um estágio larval no seu desenvolvimento que, após certo momento, sofre uma metamorfose, passando por profundas transformações morfológicas, fisiológicas e comportamentais, acompanhada por uma mudan-

ça de habitat, dando início a fase adulta. Das três ordens de anfíbios (Anura, Caudata e Gymnophiona), as larvas dos anuros (girinos) são as que possuem as formas mais desviantes de sua contraparte adulta (Duellman e Trueb 1994). Os girinos são geralmente aquáticos e herbívoros, sendo profundamente divergentes dos adultos: geralmente terrestres e carnívoros.



A presença de um estágio larval nos anuros tem sido apontada como uma adaptação desses animais para usufruir de oportunidades únicas de crescimento e dispersão (Wilbur 1980). Especificamente, os girinos garantiriam uma taxa de crescimento rápida aos anuros por ocupar ambientes com produção primária transitória, porém alta (Wassersug 1975). Girinos são altamente especializados em ingestão, digestão e armazenamento de energia, o que fez com que o desenvolvimento de outros atributos morfológicos e fisiológicos fosse sacrificado ou adiado. Seus membros não são funcionais e os órgãos reprodutivos estão ausentes. Comparativamente, o sistema urogenital dos adultos estaria topograficamente fora da cavidade corporal dos girinos, o que requer uma profunda reorganização estrutural do animal para se tornar reprodutivo (ou seja, tem que passar obrigatoriamente por uma metamorfose), o que explicaria, em parte, a inexistência de anuros pedomórficos (indivíduos reprodutivamente ativos mas que retem as características larvais; Wassersug e Wilbur 1974, veja Dubois et al. 2009), como ocorrem em algumas espécies de salamandras (Caudata). Por outro lado, a presença de especializações únicas desenvolvidas pelos girinos, como as estruturas bucais queratinizadas (bico córneo e dentes labiais) e algumas modificações esqueléticas, como a orientação horizontal do palato-quadrado e a presença das cartilagens suprarostrais e infrarostrais (Cannatella 1999), os tornam altamente diferenciados de sua presumida ontogenia ancestral.

Esse aspecto dual dos anuros, com duas fases de vida extremamente distintas, levantaram interessantes questões sobre a evolução e persistência de um ciclo de vida complexo. Segundo Raff (1987), adaptações evolutivas sofridas no estágio adulto poderiam produzir respostas não adaptativas no seu respectivo estágio larval e vice-versa. Assim, na medida em que características não adaptativas fossem surgindo, uma seleção ocorreria simultaneamente no sentido de “desacoplar” evolutivamente esses dois estágios, tornando-os parcialmente independentes e aumentando a taxa de especialização em ambos (Harris 1999). Embriologicamente, Alberch (1987) já havia demonstrado que há uma compartimentalização de alguns conjuntos de células embrionárias, com um grupo se diferenciando em estruturas larvais e outro grupo se mantendo indiferenciado até a metamorfose, quando daria início à formação das estruturas do adulto. Recentemente, essa hipótese do “desacoplamento

adaptativo” foi corroborada por dados morfológicos e genéticos (Sherratt et al. 2017, Valero et al. 2017).

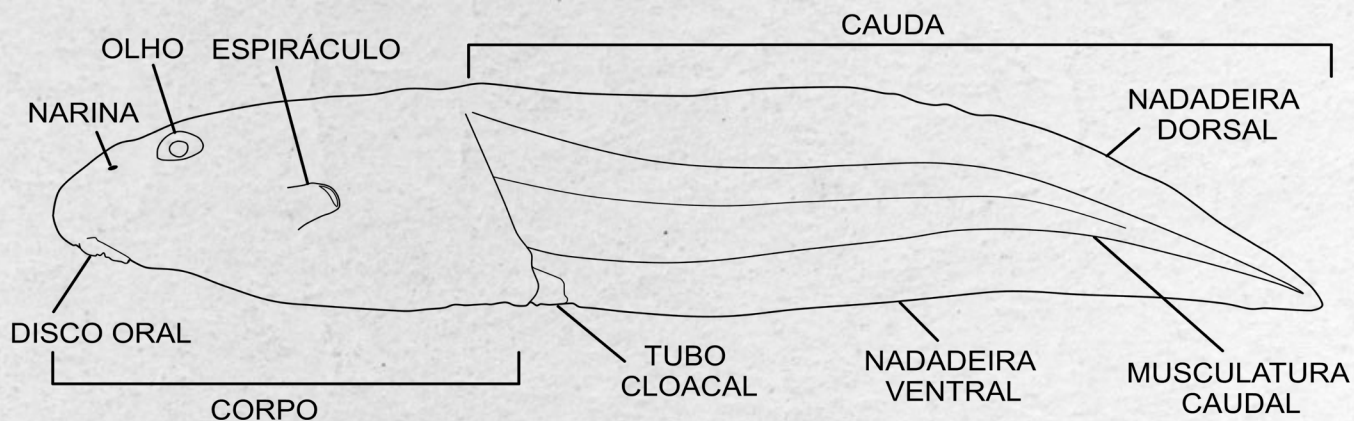
Todas essas características tornam os girinos uma interessante fonte de informação para a compreensão da evolução dos anuros, uma vez que pode ser potencialmente independente, mas complementar, daquela proveniente dos adultos. De fato, as larvas de anuros desde muito tempo já chamam a atenção acerca de seu potencial valor sistemático. Em seus trabalhos clássicos, Orton (1953, 1957), estudando cerca de 600 espécies, agrupou as formas larvais de anuros em quatro grandes tipos principais (Tipos I–IV), baseados na estrutura da câmara opercular e sua abertura externa (espiráculo) e na estrutura do disco oral, propondo como critérios para definição de grupos de anuros. Desde o final do século XX até a atualidade o conhecimento da diversidade morfológica dos girinos cresceu significativamente (por exemplo, Wassersug 1980, Wassersug e Heyer 1988, Altig e McDiarmid 1999, d’Heursel e Haddad 2007, Kolenc et al. 2008, Vera-Candioti 2008, Krings et al. 2017, Vera-Candioti et al. 2020, Dias et al. 2021a). Todo esse escopo de informações, atrelado ao uso moderno das técnicas de análises filogenéticas, tem ampliado o entendimento do papel dos caracteres larvais na evolução e nas relações sistemáticas dos anuros (por exemplo, Larson e De-Sá 1998, Maglia et al. 2001, Haas 2003, Pugener et al. 2003, Roelants et al. 2011).

Nesse capítulo iremos abordar de forma introdutória aspectos gerais da morfologia dos girinos, seguido de uma explanação sobre alguns dos métodos de estudo desses organismos, incluindo procedimentos de coleta em campo, preservação, identificação, dissecação e preparo químico para estudos específicos, passando por aspectos sobre como realizar uma ilustração ou um registro fotográfico para fins científicos e de divulgação.

## Morfologia e principais caracteres

### *Morfologia externa*

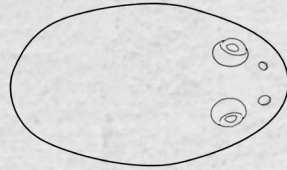
O plano corporal de um girino é relativamente simples, dividido em um corpo curto seguido por uma cauda alongada (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema da morfologia externa de um girino generalizado destacando as principais estruturas. Figura adaptada de Dubeux et al. (2020a). Abaixo, exemplos de alguns girinos mostrando um pouco da diversidade morfológica e de sítios de desenvolvimento.

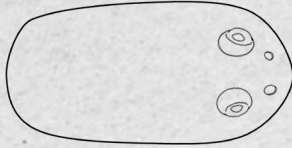
**Elíptico**

Em forma de elipse, com as duas extremidades ovais de largura semelhante



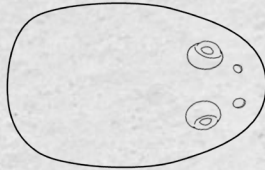
**Elíptico-alongado**

Em forma de elipse, alongado, com as duas extremidade arredondadas de largura semelhante



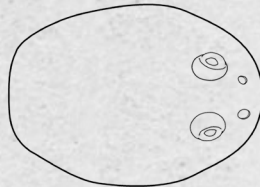
**Ovoide**

Em forma de ovo, com uma das extremidades mais larga que a outra



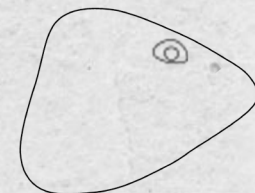
**Arredondado**

Em formato circular, com largura e comprimento semelhantes



**Triangular**

Em forma de triângulo, com altura máxima e comprimento semelhantes



**Triangular-deprimido**

Em forma de triângulo, com altura máxima menor que o comprimento



**Triangular-obtuso**

Em forma de triângulo, com face dorsal quase paralela ao eixo longitudinal do corpo



**Globular**

Levemente arredondado, com faces dorsal e ventral convexas



**Globular-deprimido**

Levemente arredondado, com altura máxima menor que o comprimento



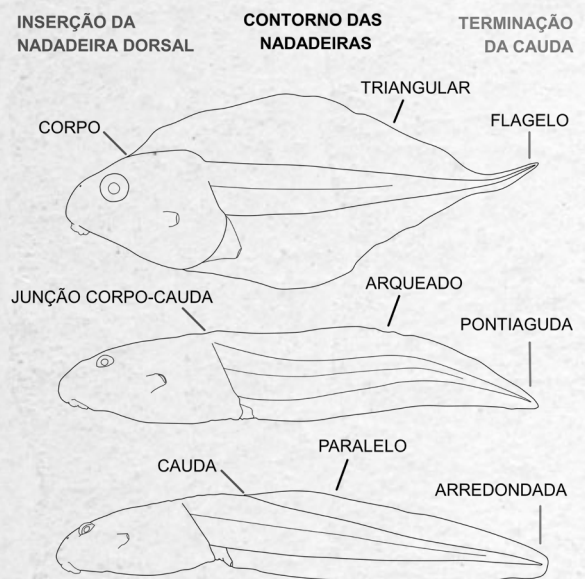
**Figura 2.** Esquema exemplificando os principais formatos de corpo de girinos em vista dorsal e lateral. Figura adaptada de Dubeux et al. (2020a).

**Corpo**

O corpo pode ter vários formatos, tanto em vista dorsal quanto lateral, levando-se em conta suas relações morfométricas. Existem vários termos que conceituam essas relações, por exemplo: elíptico, ovoide, globular, triangular, triangular-deprimido (veja Dubeux et al. [2020a] para uma exemplificação desses e outros formatos; Figura 2). Quando a altura corporal é maior que a largura, fala-se em corpo comprimido, e quando a largura é maior que a altura, o corpo é deprimido. Se essas duas medidas forem equivalentes, então o corpo é tido como equidimensional (Altig e McDiarmid 1999). Expressões contraditórias ou redundantes devem ser evitadas, como “corpo comprimido lateralmente” ou “corpo deprimido dorso-ventralmente”.

**Cauda**

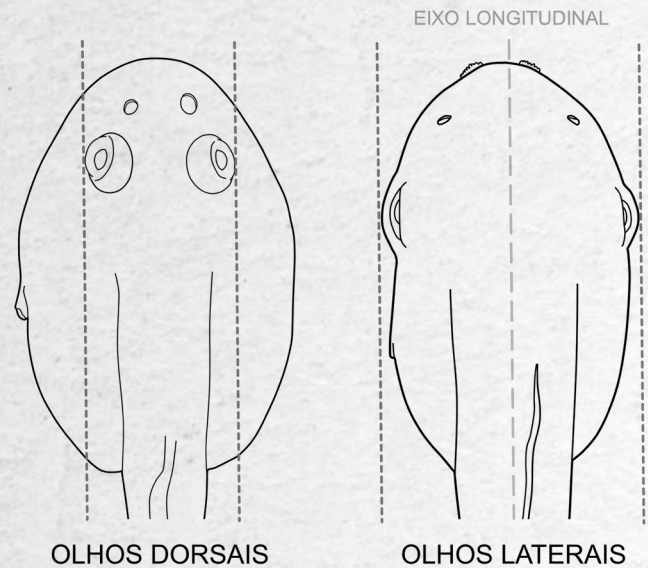
A cauda do girino é alongada e comprimida. Formada por uma musculatura mediana e por nadadeiras dorsal e ventral. Aspectos que variam, além de seu comprimento em relação ao corpo, são o grau de desenvolvimento da musculatura, as alturas e contornos das nadadeiras, a altura e o grau de inserção do início da nadadeira dorsal. Esse último caráter pode ocorrer em várias alturas no corpo, na região da junção corpo-cauda ou na própria cauda. Outro aspecto importante é a terminação caudal, que pode ter vários formatos, desde arredondada, pontiaguda, e até em forma de flagelo (Figura 3).



**Figura 3.** Esquema exemplificando (de cima para baixo) os principais locais de inserção da nadadeira dorsal, contornos das nadadeiras e formatos de terminação da cauda em girinos. Figura adaptada de Dubeux et al. (2020a).

## Olhos

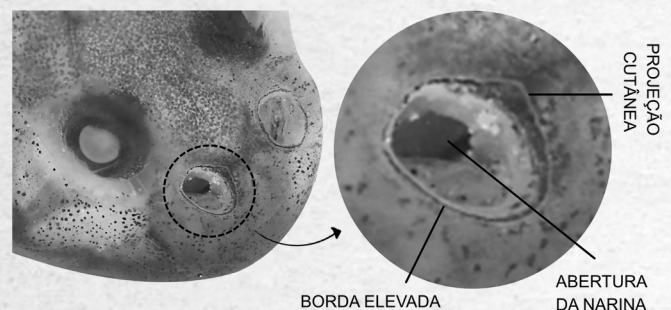
Os olhos dos girinos são desprovidos de pálpebras. Variam em tamanho em relação ao corpo, em posição e em direcionamento. Em vista dorsal, os olhos podem ter posição lateral, fazendo parte da margem da silhueta do corpo, ou dorsal, quando estão localizados internamente a silhueta, não fazendo parte da margem corporal (Altig e McDiarmid 1999; Figura 4). O direcionamento, por outro lado, pode variar continuamente, desde olhos direcionados lateralmente, passando por variadas direções dorsolaterais, até quase que dorsalmente.



**Figura 4.** Esquema exemplificando as diferentes posições dos olhos em girinos. Ao traçar uma linha na margem externa do globo ocular e paralela ao eixo longitudinal do corpo, podemos determinar com precisão se os olhos compõem ou não a silhueta do corpo. Esquemas em vista dorsal. Figura adaptada de Dubeux et al. (2020a).

## Narinas

A imensa maioria dos girinos possuem aberturas nasais externas, porém para um pequeno número de espécies essas aberturas só aparecem próximo ou durante a metamorfose (por exemplo, na família Microhylidae). As aberturas também podem variar em tamanho, posição e direcionamento. Podendo ser dispostas em várias regiões do focinho: dorsalmente, frontalmente, lateralmente ou, mais frequentemente, em um contínuo entre essas posições, como dorsofrontalmente, dorsolateralmente, etc. O formato das aberturas nasais também pode variar, sendo o mais comum o formato circular ou oval (é possível extrapolar as definições de formatos de corpo para o formato das narinas, veja Figura 2). Várias espécies também possuem ornamentos nas margens das narinas, como projeções cutâneas ou uma borda marginal mais elevada (Figura 5). Em algumas espécies, essa projeção cutânea se projeta sobre a abertura nasal, o que confere a ela um contorno reniforme (em forma de rim).

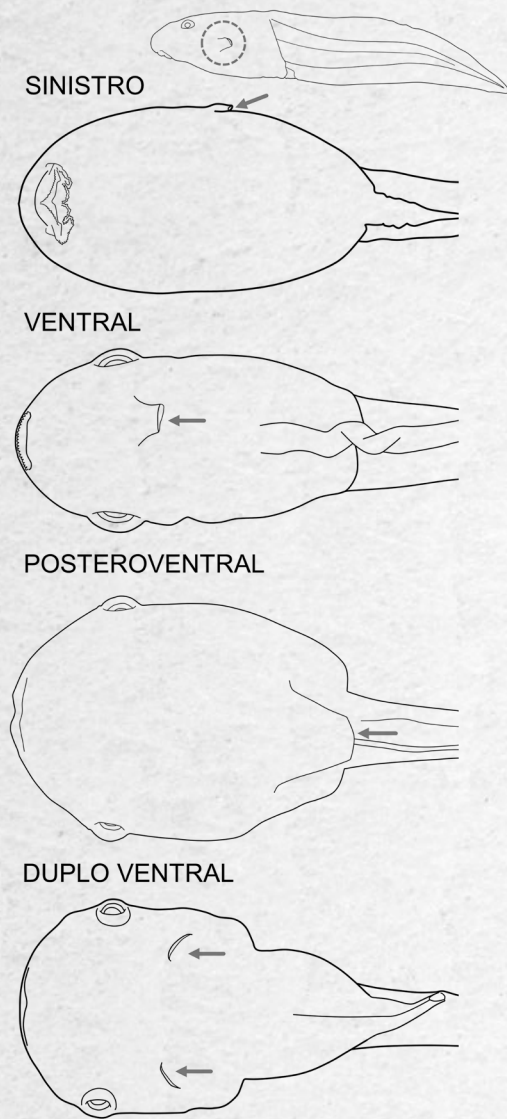


**Figura 5.** Exemplo de algumas estruturas que podem estar presentes na narina de um girino.

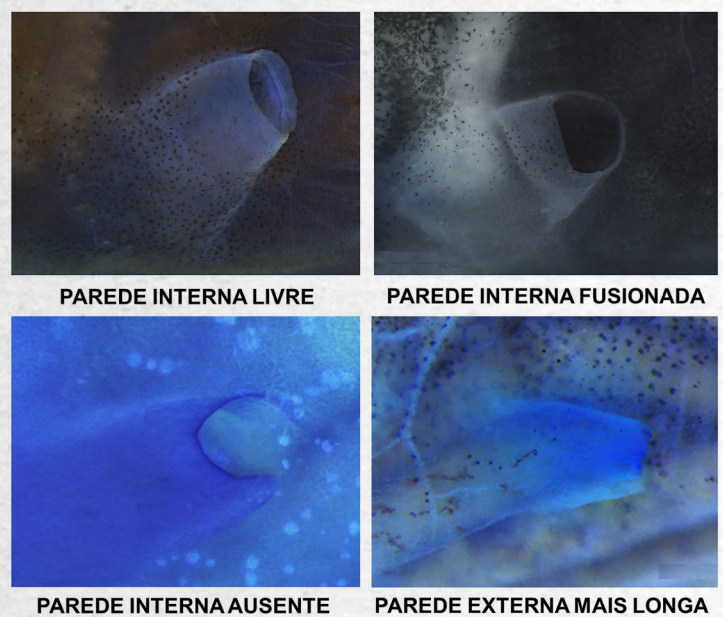
## Espiráculo

Nos girinos, as brânquias são internas e envolvidas pela parede opercular. A água proveniente do sistema respiratório sai do organismo por meio de uma abertura do corpo de formato tubular chamado espiráculo. Esse pode ser único, mais comum, ou duplo. Localiza-se geralmente na lateral esquerda do corpo, nesse caso falamos em espiráculo sinistro, podendo também ocorrer ventralmente na região abdominal, chamado de espiráculo ventral. Variações específicas nessas posições são comuns, podendo ocorrer, por exemplo, espiráculos sinistros localizados abaixo ou na altura da linha mediana do corpo, espiráculos ventrolaterais ou posteroventrais. Geralmente os espiráculos ventrais ou ventrolaterais são direcionados posteriormente, porém é muito comum encontrar variações na direção dos espiráculos sinistros, podendo ser direcionados posteriormente, dorsalmente ou dorsoposteriormente em variados graus (Figura 6).

Em relação à estrutura do tubo espiracular, este é formado por uma parede externa e uma interna. A parede interna é fusionada com a parede corporal, podendo ser livre, em variados graus, somente em sua porção terminal, ou completamente fusionada, apresentando apenas uma discreta crista terminalmente, ou podendo ser totalmente ausente (Altig e McDiarmid 1999). É importante também observar a relação de tamanho entre as duas paredes, que pode influenciar no direcionamento do fluxo de água (Figura 7).



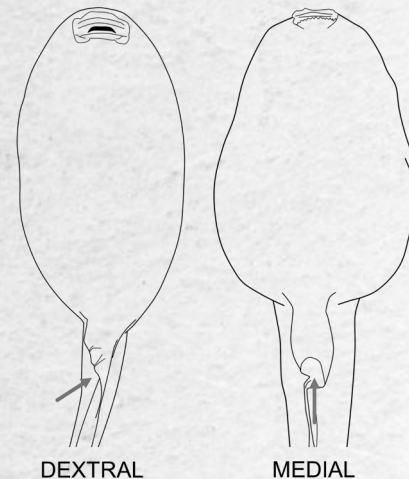
**Figura 6.** Esquema exemplificando as principais posições do espiráculo em girinos. Esquemas em vista ventral. Figura adaptada de Dubeux et al. (2020a).



**Figura 7.** Esquema exemplificando as principais conformações das paredes do espiráculo em girinos.

## Tubo cloacal

Os dejetos provenientes do sistema digestório e excretor dos girinos são expulsos do organismo por meio de uma estrutura tubular chamada tubo ventral ou cloacal, localizada na região posterior ventral do corpo, junto ao início da nadadeira ventral. Esse tubo pode ter variados tamanhos, podendo ser curto ou comprido, largo ou estreito. Sua abertura pode ser direcionada posteriormente, o que caracterizamos como abertura medial, ou deslocada para a direita, abertura dextral (Figura 8). As paredes laterais do tubo podem ter variados tamanhos, o que influencia a morfologia e disposição do tubo como um todo, além de poderem estar diretamente ligadas a nadadeira ventral ou por meio de uma curta aba.

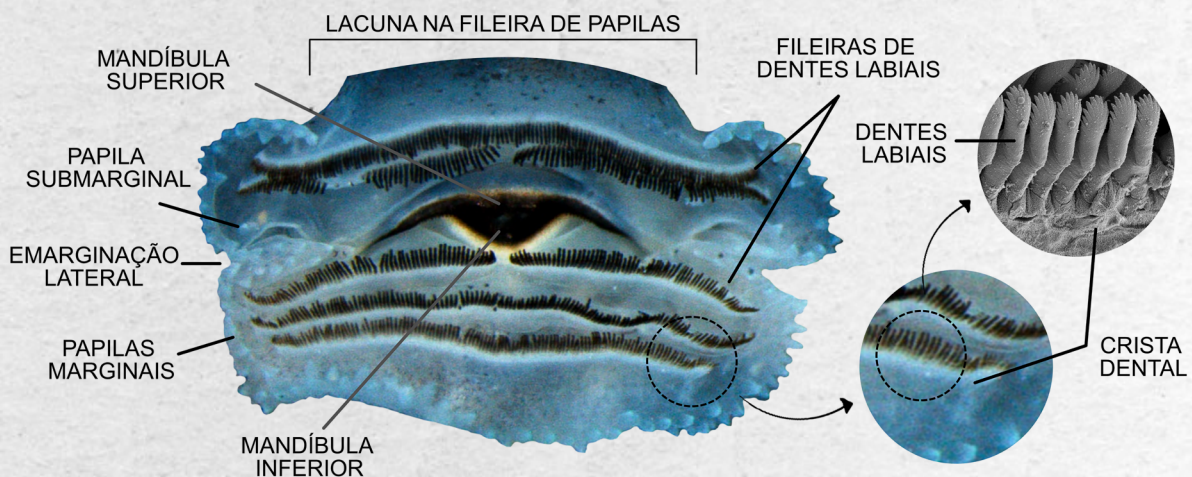


**Figura 8.** Esquema exemplificando os principais direcionamentos das aberturas do tubo cloacal em girinos. Esquemas em vista ventral. Figura adaptada de Dubeux et al. (2020a).

## Aparato oral

Um dos caracteres larvais mais complexos e variados nos girinos é o aparato oral, conjunto de estruturas que envolvem externamente a abertura bucal (Figura 9). É formado basicamente por uma estrutura circular carnosa, chamada de disco oral, na qual, na maioria das espécies, é repleta de variadas estruturas anexas, grande parte delas queratinizadas. O disco oral dos girinos pode ter variadas direções em relação ao plano longitudinal do corpo, como em alguns girinos umbeliformes, em que o disco é direcionado anterodorsalmente, até espécies em que ele é completamente ventral, porém a maioria dos girinos possui um disco oral anteroventral (Altig e Johnson 1989).

A abertura bucal é marginada pelo bico córneo, formada por duas bainhas queratinizadas rígidas que atuam na captura do alimento. É dividida em uma bainha superior, geralmente em formato de arco aberto, mas podendo ocorrer variações de formas, e uma bainha inferior, geralmente em formato de “V” ou “U”. Ambas podem possuir serrações de variadas espessuras. Acima e abaixo do bico córneo, há uma série de pequenas estruturas queratinizadas arranjadas em fileiras transversais, os dentes labiais. Estes geralmente são alongados, e crescem continuamente a partir de uma base tegumentar chamada crista labial. Cada dente é formado por uma bainha, um corpo medial e uma cabeça terminal que pode possuir minúsculas serrações em diferentes números, formatos e tamanhos (Figura 9).

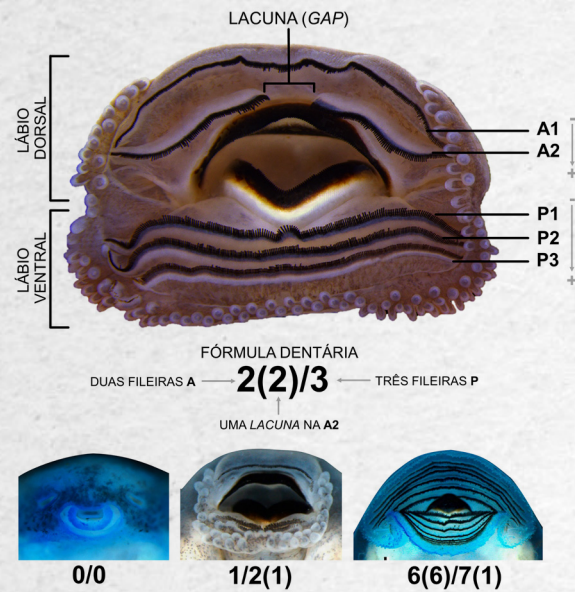


**Figura 9.** Imagem destacando as principais estruturas do aparato oral de um girino. À direita, destaque na crista dental e microscopia eletrônica de varredura dos dentes labiais.

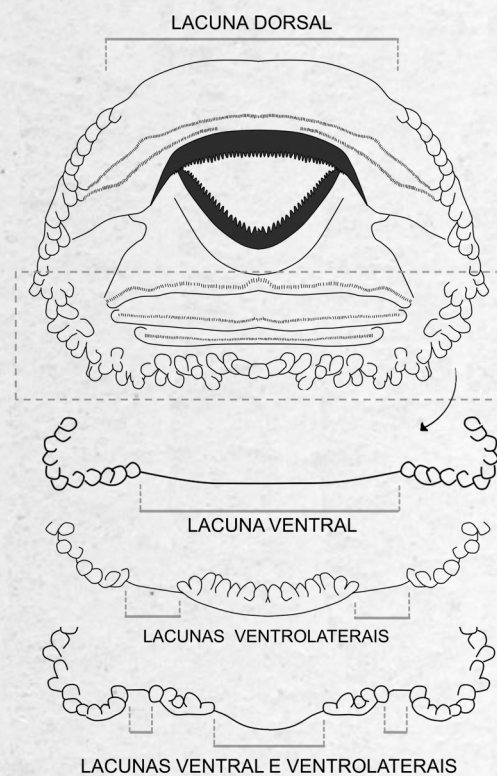
As fileiras de dentes podem apresentar lacunas (*gaps*) mediais (onde os dentes e a crista dental são ausentes) de diversos tamanhos, característica de importante valor taxonômico e sistemático. As fileiras situadas acima do bico córneo (no lábio dorsal) são designadas como fileiras anteriores (recebendo o acrônimo “A”), sendo numeradas seguindo uma ordem distal-proximal, assim, a fileira localizada mais distalmente ao bico córneo recebe a denominação de A1, a seguinte, A2 e assim por diante até a fileira mais proximal. As fileiras situadas abaixo do bico córneo (no lábio ventral) são designadas como fileiras posteriores (recebendo o acrônimo “P”), sendo numeradas de forma oposta ao do conjunto anterior, ou seja, em uma ordem proximal-distal. Assim, a fileira mais próxima do bico córneo recebe a denominação P1, a seguinte, P2 e assim por diante até a fileira mais distal. Para facilitar a comunicação, existe uma fórmula fracionada para expressar o conjunto de fileiras dentais dos girinos (Altig e McDiarmid 1999; ver Figura 10). Inicia-se com o número de fileiras de dentes anteriores, caso haja alguma lacuna em alguma fileira anterior, abre-se um parêntese e enumera a(s) fileira(s) que a(s) possui, fecha o parêntese, em seguida adiciona-se uma barra e então o número de fileiras posteriores; caso haja lacunas em alguma da(s) fileira(s) posterior(es), abre-se parênteses e repete o mesmo procedimento da fileira anterior. Por exemplo, se um girino possui duas fileiras anteriores, com a A2 apresentando uma lacuna e três fileiras posteriores, todas contínuas, a sua fórmula dentária seria 2(2)/3.

Os lábios do disco oral são relativamente salientes, podendo existir reentrâncias, o que chamamos de emarginações. Essas podem ser laterais, mais comum, podendo ser também ventrolaterais ou ventromediais. Discos com essas reentrâncias são chamados de emarginados (Figura 9).

Nas margens dos lábios existem inúmeras pequenas projeções cutâneas chamadas de papilas marginais, que variam em forma, tamanho, arranjo e quantidade. Podem ser cônicas ou elípticas, arranjadas em fileiras simples (unisseriais), duplas (bisseriais) ou em múltiplas fileiras. Usualmente podem existir lacunas nos lábios, ou seja, locais onde as papilas estão ausentes, mais comumente encontradas na porção medial do lábio dorsal (lacuna dorsal), podendo também ocorrer medialmente no lábio ventral (lacuna ventral) e ventrolateralmente (lacunas ventrolaterais; Figura 11).



**Figura 10.** Esquema e exemplos da fórmula fracionada para expressar o conjunto de fileiras dentais dos girinos (fórmula dentária).



**Figura 11.** Esquema exemplificando as principais lacunas na(s) fileira(s) de papilas marginais do aparato oral dos girinos. Figura adaptada de Dubeux et al. (2020a).

## Coloração

A coloração dos girinos em geral é discreta, mas podem existir exceções. Detalhes podem incluir manchas, listras e desenhos variados. Tais padrões são formados por diferentes tipos e arranjos das células que produzem e arma-

zenam pigmentos, conjuntamente chamadas de cromatóforos. Importante salientar que após a fixação do girino em formalina somente os melanóforos permanecem visíveis.

## Morfologia interna

### Cavidade bucofaríngea

A cavidade bucofaríngea (espaço que abrange a região por detrás do bico córneo até o limite posterior da faringe) é na maioria das vezes estruturalmente complexa, estando em contato direto com a água ingerida pelo girino e podendo estar fortemente relacionada ao tipo de dieta. Em geral é formada por variadas projeções de diferentes tamanhos e quantidades, como papilas, pústulas e cristas, que presumidamente possuem um papel no direcionamento e seleção passiva das partículas alimentares que entram junto com a água pela abertura bucal. Costumamos dividir anatomicamente a cavidade bucofaríngea em um teto e um assoalho bucal.

#### - Teto bucal

O teto bucal (Wassersug 1976; Figura 12A), ou parte dorsal da cavidade bucofaríngea, geralmente tem a forma losangular e é dividido em três regiões, partindo da mais anterior para a mais posterior: área pré-nasal, área pós-nasal e arena do teto bucal. A área pré-nasal é delimitada anteriormente pelo bico córneo superior e posteriormente pelas coanas (ou narinas internas). Várias estruturas podem aparecer nessa área, como cristas e papilas, em variados formatos, tamanhos e posições. A área pós-nasal é delimitada anteriormente pelas coanas e posteriormente pela crista mediana. As coanas são duas fendas alongadas que estão conectadas com as aberturas nasais externas, ainda assim, elas podem ser perfuradas ou não. Podem estar posicionadas em variados ângulos em relação ao plano transversal. Possui uma parede anterior, geralmente baixa e espessa, podendo ter papilas ao longo de sua margem, as papilas pré-nasais. A parede posterior geralmente é mais alta, com uma extensão chamada valva nasal. Logo após à parede posterior, pode haver conjuntos de papilas, geralmente aos pares, posicionadas em forma de um "V" invertido, as papilas pós-nasais. Postero-medialmente, delimitando a área pós-nasal, encontra-se a crista mediana, que pode ter variados formatos, mas que geralmente possui a base larga e o aspecto de uma aba ou lingueta, sua margem anterior pode ser lisa ou ter projeções secundárias. Geralmente um par de papilas laterais à crista está localizado lateralmente à crista mediana, projetando-se sobre a área pós-nasal, podendo ser planas ou cônicas e ter orna-

mentações secundárias. A arena do teto bucal é uma ampla área geralmente em formato circular-ovalado, usualmente circundada por papilas de variadas quantidades e tamanhos, as papilas da arena; numerosas pústulas podem ser encontradas espalhadas por toda a arena. Logo posteriormente a arena ocorre uma região em forma de arco conhecida como zona glandular devido à presença de numerosas glândulas, as quais são evidenciadas pelos seus pequenos poços secretórios, mais evidentes em algumas espécies que em outras, responsável por reter e direcionar as partículas alimentares para o esôfago. Finalmente, o extremo posterior do teto é formado pelo velum dorsal, uma longa aba, que juntamente com uma estrutura análoga presente no assoalho bucal, separa a cavidade bucal do espaço faríngeo. O velum dorsal pode ter variadas alturas e ser interrompido medialmente, sua margem pode conter pústulas e/ou papilas.

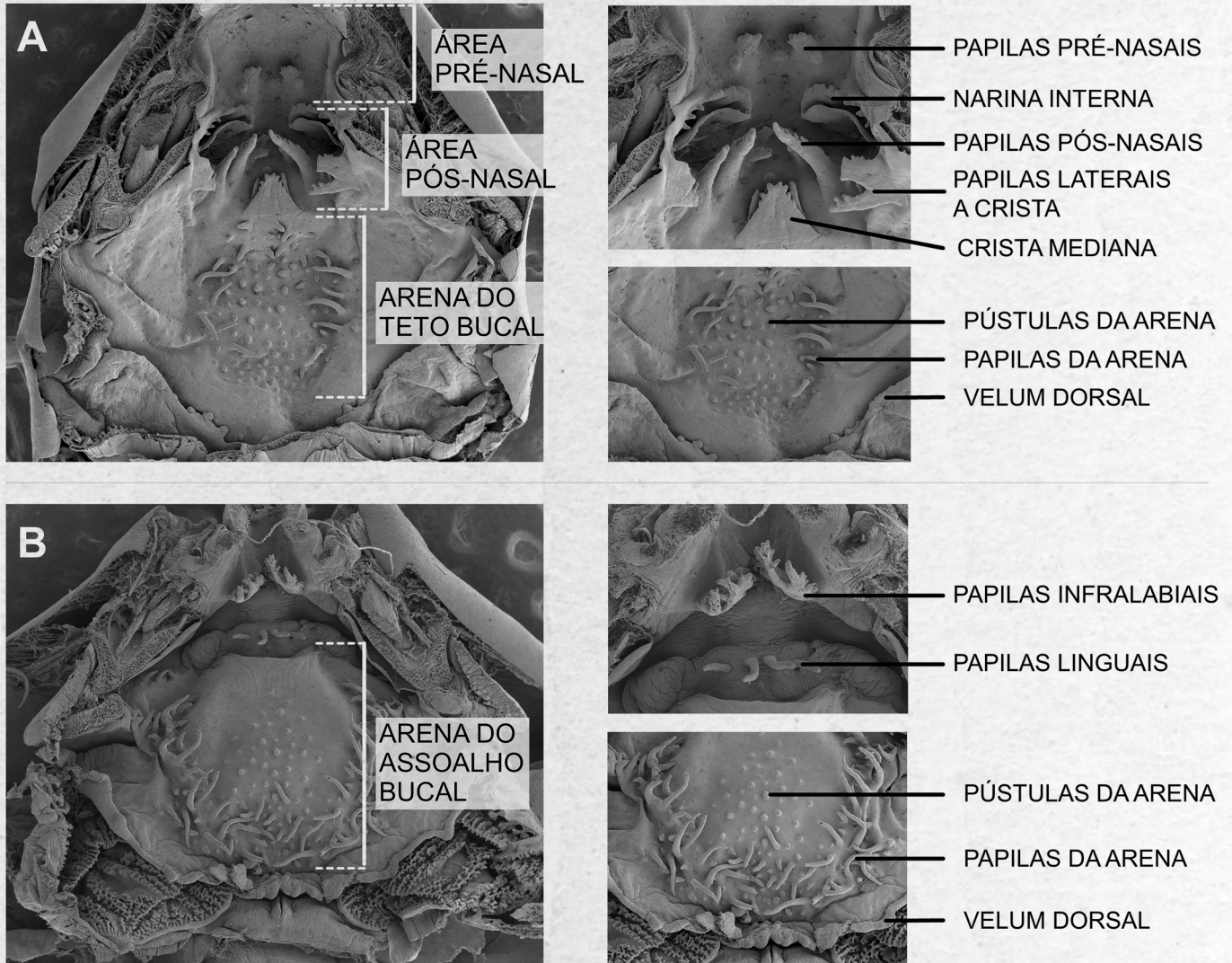
#### - Assoalho bucal

O assoalho bucal (Wassersug 1976; Figura 12B), ou parte ventral da cavidade, geralmente tem um formato levemente triangular. Na sua região mais anterior, logo atrás do bico córneo inferior, há as papilas infralabiais, geralmente ocorrendo em pares e podendo estar situadas desde as paredes laterais até mais medianamente, de variados formatos e podendo ter projeções. Também é comum a ocorrência de pústulas nessa área. Seguindo em direção posterior há o primórdio lingual, região na qual se desenvolverá a língua do adulto durante a metamorfose. No girino, essa região possui papilas que variam em formato, tamanho e número, as papilas linguais. Seguindo ao primórdio há uma ampla área chamada arena do assoalho bucal. Essa área pode ser margeada por inúmeras papilas da arena, às vezes podendo invadir a região central, que geralmente é formada por várias pústulas distribuídas de maneira uniforme. Lateralmente a arena, há as bolsas bucais, estruturas geralmente em forma de fenda, mas que também podem ocorrer como uma cavidade mais ampla, correspondendo à abertura da primeira fenda branquial, posicionada transversalmente ou obliquamente. Anteriormente a cada bolsa pode ocorrer às papilas pré-bolsais. No extremo posterior do assoalho, há o velum



ventral, uma aba que juntamente com velum dorsal do teto separa a cavidade bucal do espaço faríngeo. O velum ventral é suportado pelas espículas cartilaginosas do aparato hiobranquial. Sua margem pode ter curtas projeções que se lançam posteriormente sobre a cavi-

dade branquial. Projeções digitiformes podem ocorrer principalmente próximas à porção medial do velum. Na porção central pode ocorrer ainda uma fenda mediana, geralmente logo acima da glote.



**Figura 12.** Imagem de microscopia eletrônica de varredura do (A) teto e (B) assoalho bucal de um girino indicando as áreas e principais estruturas encontradas.

### Esqueleto larval

O esqueleto do girino é fundamentalmente cartilaginoso, com as partes ósseas surgindo sequencialmente à medida que o desenvolvimento progride, atingindo o ápice durante a metamorfose. De uma forma operacional, o esqueleto larval é formado por duas partes: o condrocânio e o aparato hiobranquial. O primeiro protege o encéfalo

e sustenta os órgãos sensoriais e o aparato mandibular (Cannatella 1999), enquanto o segundo sustenta principalmente as brânquias e o aparato filtrador. Pode ser embriologicamente dividido nas seguintes partes (Cannatella 1999, Larson e de-Sá 1998):

### - Neurocrânio

É o condrocrânio propriamente dito (Figura 13 e 14). Podemos reconhecer as seguintes regiões nessa estrutura:

**Região etmoidal:** É a região mais anterior do condrocrânio. É formada pela cartilagem suprarrostral e pelas *cornua trabeculae*. A suprarrostral é a cartilagem que sustenta o bico córneo superior, consiste em dois corpos centrais e duas alas laterais. Os dois corpos podem ser unidos, geralmente por uma ponte ventromedial, e cada corpo pode se ligar a sua respectiva ala lateral por uma ponte dorsolateral. Variações podem incluir uniões dorsais entre os corpos, ou mesmo corpos totalmente separados, assim como conexões ventrais ou total ausência de conexão corpo-ala, e até espécies em que a suprarrostral pode ser completamente fusionada, formando uma única estrutura compacta. Cada ala geralmente se curva posteriormente e se alonga dorsalmente em um *processus posterior dorsalis*. Geralmente uma pequena projeção pode ser vista próxima a junção dorsal do corpo com a ala, o *processus anterior dorsalis*, que serve de ponto de articulação com as *cornua trabeculae*. As *cornua trabeculae* são duas hastes cartilaginosas que ligam a suprarrostral ao restante do condrocrânio, divergindo anteriormente e curvando-se ventralmente, em vários graus, geralmente mostrando um aspecto de V em vista dorsal. Podem ser longas ou curtas em relação ao condrocrânio e expandidas distalmente em vários graus. Ventrolateralmente, próximo a sua origem, pode haver um curto *processus lateralis trabeculae*. As *cornua trabeculae* originam-se a partir do *planum trabeculare anticum*, que por sua vez forma o *planum ethmoidale*, formando a parede anterior da caixa craniana e sustentando as cápsulas nasais.

**Região orbitotemporal:** É a região correspondente à parte central do assoalho craniano e às paredes laterais. É formado pelo *planum intertrabeculare*, que oclui a *fenestra basicranialis*, contribuindo com o assoalho craniano, e pelas cartilagens orbitais, que formam as paredes laterais. É possível encontrar dois pares de forames no assoalho, o *foramina craniopalatina* e o *foramina carotica primaria*. Nas cartilagens orbitais, quatro forames podem ser encontrados: o *foramen prooticum*, geralmente grande e alongado verticalmente, localizado entre a cápsula ótica e a margem posterior da cartilagem orbital; os *foramen opticum* e *oculomotorium*, localizados na porção posteroventral da cartilagem orbital, sendo o primeiro localizado anteriormente ao segundo; e um menor *fora-*

*men trochlear*, localizado anterodorsalmente ao *foramen opticum*.

Dorsalmente, a caixa craniana é aberta, formando a *fenestra frontoparietalis*, geralmente de formato ovoide. É delimitada lateralmente por dois delgados feixes de cartilagem, a *taenia tecti marginalis*, posteriormente pelo *tectum synoticum*, uma ponte cartilaginosa transversal que une dorsalmente as cápsulas óticas, e anteriormente pelo *planum ethmoidale*. Em algumas espécies a *fenestra frontoparietalis* ainda pode ser dividida em uma fenestra frontal anterior e duas fenestras parietais posteriores. Essa divisão ocorre pelo desenvolvimento de uma *taenia tecti transversalis* posteriormente, a partir da *taenia tecti marginalis*, e de uma *taenia tecti medialis*, a partir da porção medial do *tectum synoticum*.

**Região otooccipital:** É a região posterior do condrocrânio. É formada pelas cápsulas óticas, *planum basale* e pelos *arcus occipitalis*. As cápsulas óticas são geralmente ovoides, podendo seu tamanho variar em relação ao restante do condrocrânio. Lateralmente, cada cápsula pode ter uma projeção laminar chamada de crista parótica larval, que pode ser mais ou menos visível a depender da espécie e estágio de desenvolvimento. Cada crista pode ter um prolongamento anterior chamado de *processus anterolateralis*, e posteriormente um similar *processus posterolateralis*. Em algumas espécies a extremidade do *processus anterolateralis* pode se fundir a região posterolateral do palatoquadrado, formando um *processus oticus larval*. Uma *fenestra ovalis* quase sempre é visível ventrolateralmente, logo abaixo da *crista parotica*. Os *arcus occipitalis* se estendem ventralmente a partir da margem posteromedial das cápsulas óticas, se fundindo com a porção posterior do assoalho craniano, o *planum basale*, dando origem aos côndilos occipitais. Dois forames principais são encontrados nessa região, o *foramen jugulare* e o *foramen perilymphaticum inferior*.

### - Componentes viscerais

É a parte derivada ontogeneticamente dos arcos viscerais (Hildebrand e Goslow 2006). Forma o aparato mandibular e o hiobranquial. Podemos reconhecer as seguintes regiões nessa estrutura:

**Palatoquadrado:** É uma longa barra horizontal de cartilagem lateral ao neurocrânio, geralmente mais estreita anteriormente e se expandindo em direção posterior.

Sua terminação posterior se curva medialmente, transformando-se em uma barra cônica de cartilagem, o *processus ascendens*, para se unir ao neurocrânio. Essa união ocorre com a cartilagem orbital em uma posição imediatamente posterior ao *foramen oculomotorium*. A altura em que se dá essa ligação em relação a esse forâmen varia de maneira contínua, mas pode ser categorizado em três maneiras (segundo Sokol 1981): (1) ligação alta, quando o *processus ascendens* se liga à cartilagem em uma posição acima do forâmen; (2) ligação intermediária, quando o *processus ascendens* se liga à cartilagem na mesma altura do forâmen; e (3) ligação baixa, quando o *processus ascendens* se liga à cartilagem em uma posição abaixo do forâmen.

Anteriormente, o palatoquadrado se liga ao neurocrânio por uma larga *commissura quadratocranialis anterior*, cuja margem anterior possui um variavelmente visível *processus quadratoethmoidalis* de formato triangular, apontado em direção ao *processus lateralis trabeculae* (descrito anteriormente). Em algumas espécies, ainda pode ocorrer, na região posterior da comissura, um triangular *processus pseudopterygoideus* direcionado posteriormente para dentro da *fenestra subocularis*, o espaço entre o palatoquadrado e o neurocrânio onde se ancoram os globos oculares.

O palatoquadrado ainda possui dois processos em sua porção anterior. O *processus muscularis quadrati* e o *pars articularis quadrati*. O *processus muscularis quadrati* é geralmente largo e triangular, se estendendo dorsalmente a partir da margem lateral do palatoquadrado, pouco atrás da *commissura quadratocranialis anterior*, com sua extremidade curvando-se levemente em direção medial. Em algumas espécies, essa extremidade pode se ligar a extremidade final da *commissura quadratocranialis anterior* por uma ponte cartilaginosa chamada *commissura quadratoorbitalis*. Logo abaixo do *processus muscularis*, há o *processus hyoquadrati*, como parte da *facies articularis hyalis*, que serve como ponto de articulação com o *ceratohyalia* do aparato hiobranquial (ver adiante). A *pars articularis quadrati* é uma extensão anterior curta e larga do palatoquadrado. Sua extremidade se articula inteiramente com as cartilagens de Meckel.

Cartilagens de Meckel e infrarrostral: São duas cartilagens que se articulam para formar a mandíbula inferior da larva. As cartilagens infrarrostrais oferecem suporte ao

bico córneo inferior. As cartilagens de Meckel são pares, curtas e possuem em geral uma forma sigmoide, se orientando quase que perpendicular ao eixo principal do corpo e posicionada em direção dorsomedial. Sua margem medial se articula com as infrarrostrais por meio dos *processus dorsomedialis* e *ventromedialis*, enquanto sua margem lateral se articula com a *pars articularis quadrati* por meio de um *processus retroarticularis*. As cartilagens infrarrostrais são duas pequenas barras retangulares, geralmente em formato de cunha, que se conectam medialmente, dando uma aparência de V em vista anterior. Lateralmente se conectam com as cartilagens de Meckel.

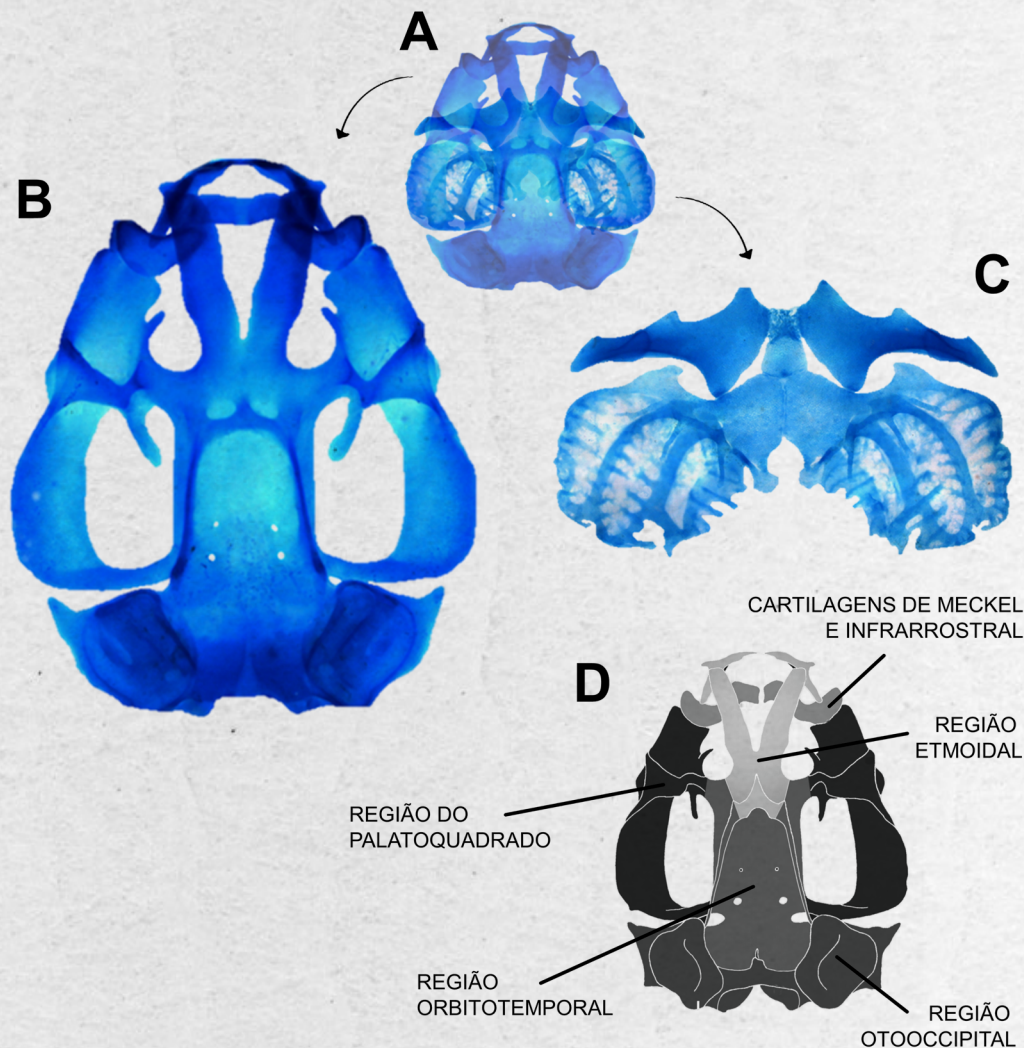
Aparato hiobranquial: É a estrutura situada ventralmente ao neurocrânio e ligada a ele pelo palatoquadrado (Figura 13 e 14). É formado basicamente pelo *ceratohyalia* e pelo esqueleto hiobranquial. O *ceratohyalia* forma o alicerce do assoalho bucal e serve de alavanca por onde os músculos responsáveis pelo bombeamento bucal agem. Geralmente é plana medialmente, se estreitando em direção lateral, onde também se dobra levemente em direção dorsal para se articular com o palatoquadrado na *facies articularis hyalis*. A margem anterior do *ceratohyalia* possui dois processos, o primeiro, mais lateral, é o *processus anterolateralis hyalis*, de formato triangular e as vezes tendendo a se curvar levemente em direção medial; o segundo, localizado mais medialmente, é o *processus anterior hyalis*, de formato variado, podendo ser triangular pontiagudo, truncado terminalmente, de elevação discreta etc. Posteriormente, o *ceratohyalia* possui ainda um grande e triangular *processus posterior hyalis*. Medialmente, os ceratohiais são conectados por uma quadrangular e muitas vezes pouco condrificada *pars reuniens*. Posteriormente, a *pars reuniens* é ligada a outro curto segmento cartilaginosa, a copula posterior (ou *basibranchialis*), que por sua vez possui um curto processo ventromedial, o *processus urobranchialis*. Anteriormente à *pars reuniens*, mas não conectado diretamente e ela, as vezes pode haver uma curta copula anterior (*basihyalis*).

O esqueleto hiobranquial é formado pelas placas hipobranquiais e pelos ceratobranquiais, responsáveis pela sustentação das brânquias e do aparato filtrador. As placas hipobranquiais são ligadas a região latero-posterior da copula posterior. São duas placas triangulares, podendo ser estreitamente separadas, parcialmente

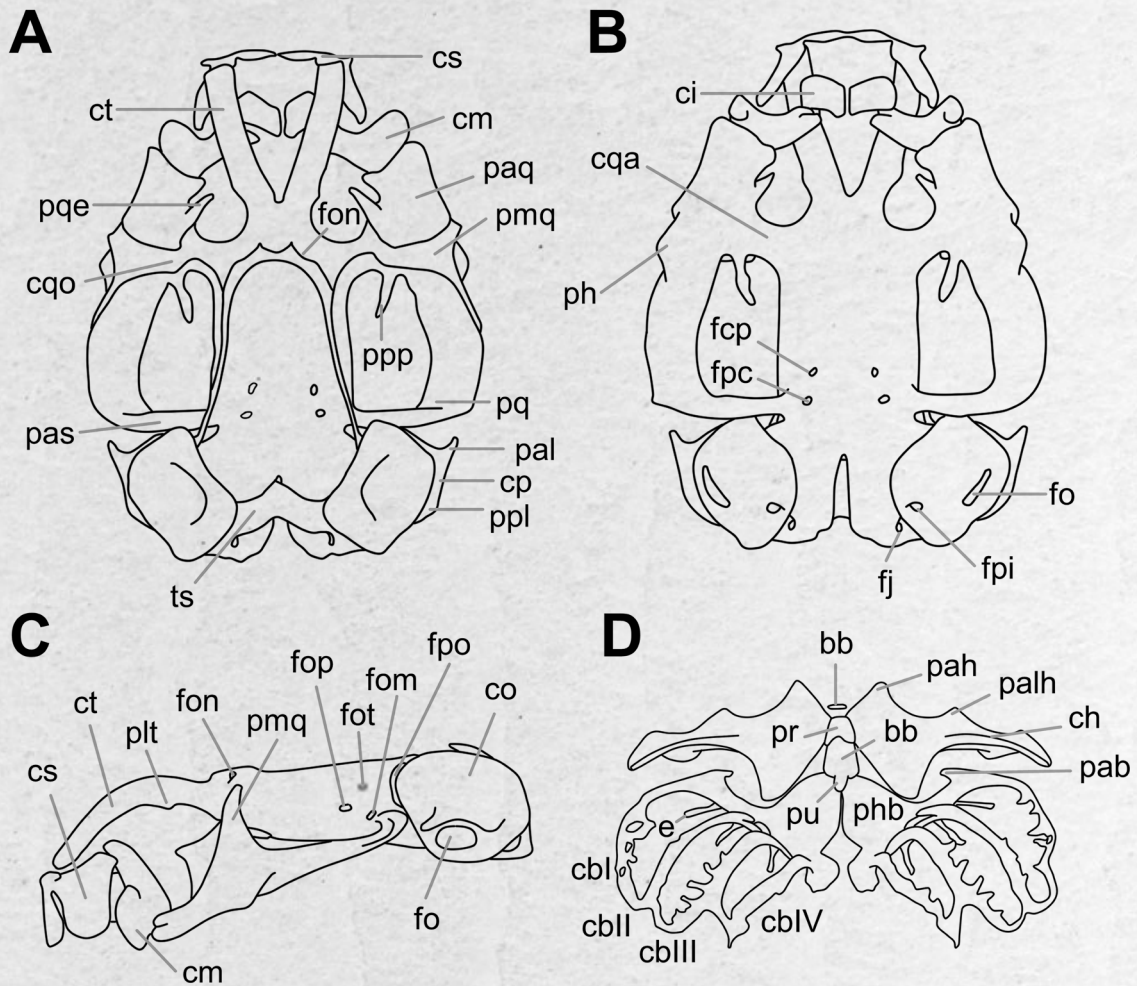
ou totalmente fusionadas entre si, servindo de ponto de ligação dos ceratobranquiais. Posteriormente, as placas podem divergir entre si, dando um aspecto de V ou U invertidos em vista ventral. Os ceratobranquiais são formados por quatro barras achatadas e variavelmente encurvadas, que se unem posteriormente por meio de uma *commissurae terminales*. Cada ceratobranquial recebe uma numeração, começando do mais lateral até o mais medial, ceratobranquiais I, II, III e IV. O ceratobranquial I é diretamente ligado às placas hipobranquiais e na região de sua junção há um triangular e medialmente direcionado *processus anterior branchialis*.

Os demais ceratobranquiais são geralmente conectados às placas hipobranquiais por meio de articulações cartilaginosas. Os ceratobranquiais II e III podem possuir proxi-

malmente projeções cartilagosas que se opõem entre si, os *processus branchialis*. Em algumas espécies esses dois processos podem ser unidos por uma ponte cartilaginosa, dizemos, nesse caso, que o processo é “fechado”, diferindo do estado em que essa união é ligamentosa, quando dizemos que o processo é “aberto”. Os ceratobranquiais I, II e III ainda possuem, proximalmente na região dorsal, espículas projetadas posteriormente.



**Figura 13.** Exemplo do esqueleto de um girino. Condrocânio e aparato hiobranquial ainda articulados (A), condrocânio (B), aparato hiobranquial (C), e esquema do condrocânio indicando as principais regiões anatómicas (D).



**bb** = *basihyalis*  
**cbl–cblIV** = *ceratobranquial I–IV*  
**ch** = *ceratohyalia*  
**ci** = *cartilagem infrarostral*  
**cm** = *cartilagem de Merkel*  
**cp** = *crista parótica*  
**cqa** = *commissura quadratocranialis anterior*  
**cqo** = *commissura quadratoorbitalis*  
**ct** = *cornua trabeculae*  
**e** = *espícula*  
**fcp** = *foramen craniopalatinum*  
**fj** = *foramen jugulare*  
**fo** = *fenestra ovalis*  
**fom** = *foramen oculomotorium*  
**fon** = *foramen orbitonasalis*  
**fop** = *foramen opticum*  
**fot** = *foramen trochlear*  
**fpc** = *foramen caroticum primarium*  
**fpi** = *foramen perilymphaticum inferior*

**fpo** = *foramen prooticum*  
**oc** = *capsula ótica*  
**pab** = *processus anterior branchialis*  
**pah** = *processus anterior hyalis*  
**pal** = *processus anterolateralis*  
**palh** = *processus anterolateralis hyalis*  
**paq** = *pars articularis quadrati*  
**pas** = *processus ascendens*  
**ph** = *processus hyoquadrati*  
**phb** = *placa hipobranquial*  
**plt** = *processus lateralis trabeculae*  
**pmq** = *processus muscularis quadrati*  
**ppl** = *processus posterolateralis*  
**ppp** = *processus pseudopterygoideus*  
**pq** = *palatoquadrado*  
**pqe** = *processus quadratoethmoidalis*  
**pr** = *pars reuniens*  
**pu** = *processus urobranchialis*  
**sr** = *cartilagem suprarrostral*  
**ts** = *tectum synoticum*

**Figura 14.** Esquema das vistas dorsal (A), ventral (B) e lateral (C) do condrocrânio e aparato hiobranquial (D) de um girino indicando as principais estruturas.

## Métodos de coleta e estudo

### Coleta e transporte

No campo, a procura por girinos deve ser direcionada aos sítios de reprodução conhecidos para as espécies ocorrentes em cada região de estudo. No caso de áreas com períodos chuvosos bem definidos (exemplo, Caatinga e Cerrado) ou habitados por espécies com reprodução explosiva, a procura por girinos terá maior sucesso alguns dias após o início das chuvas, tempo suficiente para a formação dos corpos d'água temporários e início do período de atividade reprodutiva com subsequente deposição e eclosão dos ovos.

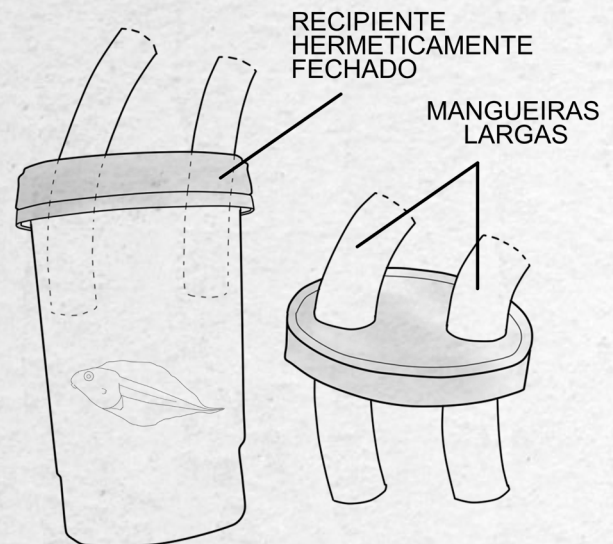
A anurofauna neotropical se destaca por apresentar a maior diversidade de modos reprodutivos conhecidos (Pombal e Haddad 2005), parte disso está associado a grande diversidade de sítios de oviposição. Dentre estas potenciais áreas para o encontro de girinos se destacam os corpos d'água lóticos (riachos, corredeiras, cachoeiras, rios), lênticos (poças permanentes e temporárias, açudes, lagoas) e os fitotelmos (bromélias, ocos de árvores, etc.).

A coleta das larvas geralmente é realizada de forma ativa, com o auxílio de um puçá ou peneira de variados tamanhos, que são passados por todo o corpo d'água. Para espécies encontradas em ambientes fitotelmatas pode-se utilizar um sugador a vácuo, que consiste em um recipiente hermeticamente fechado com duas mangueiras inseridas e bem vedadas em sua tampa (Figura 15). Ao colocar a ponta da mangueira dentro da água e sugar o ar do recipiente com a boca, utilizando a mangueira oposta, é criado um vácuo que puxa a água do fitotelmo para dentro do recipiente e, junto, os girinos que estão se desenvolvendo nesse sítio.

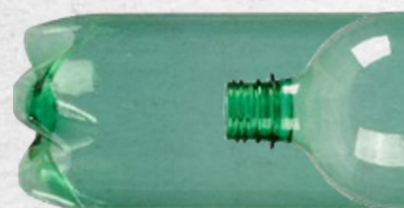
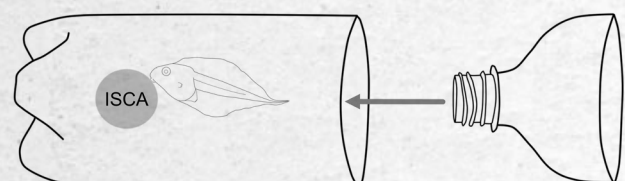
Ainda, para corpos d'água profundos ou muito largos, onde a utilização do puçá pode se tornar um desafio, podemos utilizar uma pequena rede de arrasto, que consiste em uma rede funda, em forma de funil, com um peso no fundo e uma armação em sua boca presa a uma corda, que pode ser lançada na água e puxada para a borda novamente.

Existem também métodos passivos para a coleta de girinos, como, por exemplo, as armadilhas de funil (*funil traps*) que podem ser confeccionadas com garrafas pet (Figura 16). Diversas iscas podem ser utilizadas,

como ração para peixes ornamentais ou para animais domésticos, ou mesmo restos de comida (como carne moída e soja).



**Figura 15.** Esquema e imagem do sugador a vácuo para a coleta de girinos em ambientes fitotelmatas.



(1) CORTE, INVERTA E FIXE O FUNIL DA GARRAFA NO COPO

(2) ADICIONE A ISCA E AFUNDE NO CORPO D'ÁGUA

**Figura 16.** Esquema e imagem da armadilha de funil (*funil trap*) feita com garrafa pet.

Após a coleta, os girinos podem ser armazenados em sacos plásticos contendo água da própria poça (aconselhamos o uso de sacos mais espessos, como aqueles utilizados para o armazenamento e venda de gelo). É importante manter um pouco de ar no saco, girinos em estágios mais avançados podem respirar ar atmosférico, dependendo da espécie. Caso o transporte seja realizado em longas distâncias ou em ambientes com temperaturas elevadas, os sacos contendo girinos podem ser armazenados em caixa de isopor para manter a temperatura estabilizada por mais tempo.

### **Preparação e armazenamento**

Após a coleta, os girinos são eutanasiados utilizando cloridrato de lidocaína a 2% (Resolução CFMV Nº 1000 de 11 de maio de 2012), que pode ser diluído em um pouco de água (proporção de 0,5–1 ml de lidocaína para cada 1 ml de água) onde o girino será imerso por alguns segundos (até cessar os movimentos). Anestésicos em pomada a base de lidocaína também podem ser diluídos em água.

Após a eutanásia, os girinos podem passar por uma triagem inicial, sendo separados em morfotipos, baseados nas semelhanças morfológicas gerais e fixados diretamente em formalina 10–20% tamponada. Por apresentar uma baixa relação área/volume, não é necessário

injetar formalina na cavidade corpórea, apenas colocar os espécimes em um frasco contendo esse fixador é suficiente para a conservação dos tecidos. Os girinos são mantidos e armazenados nessa mesma solução. É indicado que dois a três espécimes por morfotipo sejam armazenados em etanol > 90% como testemunho para análises moleculares posteriores (esses não podem entrar em contato com a formalina), ou então se pode extrair uma porção da cauda do animal e armazenar em etanol, fixando o restante do girino em formalina (caso o lote contenha poucos indivíduos).

Geralmente os girinos são tombados em lotes, reunindo os indivíduos da mesma espécie/morfotipo coletados ao mesmo tempo (mesma poça e na mesma data). O armazenamento depende da coleção onde o lote será incorporado. Sugerimos o uso de tubo cônico tipo Falcon de 15 e 50 ml, por apresentar uma boa vedação e ocupar pouco espaço, facilitando a organização (veja o exemplo do acervo de girinos da Coleção Herpetológica do Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas, Figura 17). Na etiqueta colocada dentro de cada tubo, escrita em papel vegetal com caneta com tinta Nanquim, deve constar ao menos o número de tombo, o número de campo, a espécie, localidade de coleta, data de coleta, nome do coletor(es) e a quantidade de indivíduos que compõem o lote.



**Figura 17.** Acervo de girinos da Coleção Herpetológica do Museu de História Natural da Universidade Federal de Alagoas, Brasil.

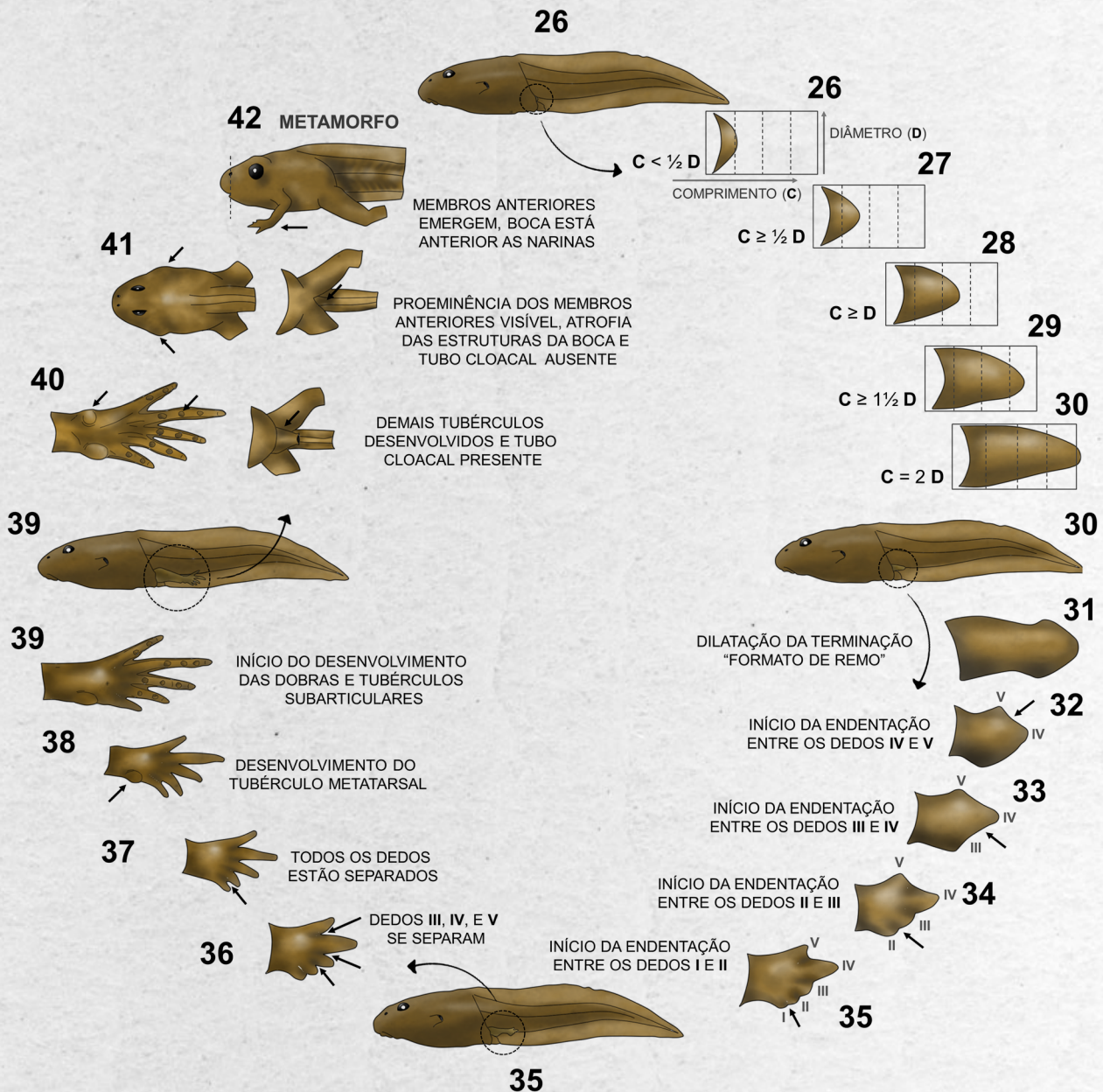
**Estágios de desenvolvimento**

O processo de desenvolvimento larval dos anuros é contínuo e, como regra, envolve modificações na morfologia do indivíduo, mesmo ainda enquanto girino. Dessa forma, é essencial em qualquer estudo identificar em quais estágios de desenvolvimento o girino se encontra.

Com o intuito de auxiliar na determinação da fase do desenvolvimento larval, Gösner (1960) desenvolveu uma tabela (que posteriormente ficou conhecida como tabela de Gosner) indicando marcos anatômicos capazes de estimar o período de desenvolvimento larval. A tabela apresenta 46 estágios que compreendem

o período de embrião (estágios 1–19), recém-eclodido (estágios 20–25), larva (estágios 26–41) e metamorfo (estágios 42–46). Para interessados no estudo dos girinos, a fase de larva é a mais útil e dentre os principais marcos anatômicos dessa fase se destacam o grau de desenvolvimento dos membros posteriores (Figura 18).

Embora as características utilizadas para a construção da tabela de Gosner se apliquem a maioria das larvas de anuros, para alguns grupos foram necessárias adaptações. Um exemplo são os representantes da família Pipidae, que apresentam larvas com morfologia bastante diferenciada (ver a tabela de desenvolvimento em Nieukoop e Faber 1956).



**Figura 18.** Esquema ilustrando os marcos anatômicos da tabela de Gosner (1960) para os estágios de girino (26–41). Características dos membros posteriores são usadas até o estágio 40. Figura adaptada de McDiarmid e Altig (1999).



## Identificação

Um dos principais desafios no estudo dos girinos em assembleias megadiversas é a identificação das espécies. Isso pode ser dificultado pela falta de conhecimento acerca das características diagnósticas larvais, juntamente com uma falta de padronização na nomenclatura morfológica utilizada e a carência de chaves taxonômicas.

Alguns métodos são frequentemente utilizados para determinar a identificação de girinos. Por exemplo, (1) por meio da coleta de desovas de pais previamente identificados ou (2) pelo desenvolvimento em cativeiro dos girinos até a metamorfose, sendo a identidade da espécie realizada por meio do juvenil. No entanto, além do desafio logístico de reproduzir as características ambientais dos locais de desenvolvimento dos girinos *ex-situ*, alterações nessas características podem gerar variações não naturais na morfologia dos espécimes (por exemplo, Merilä et al. 2004).

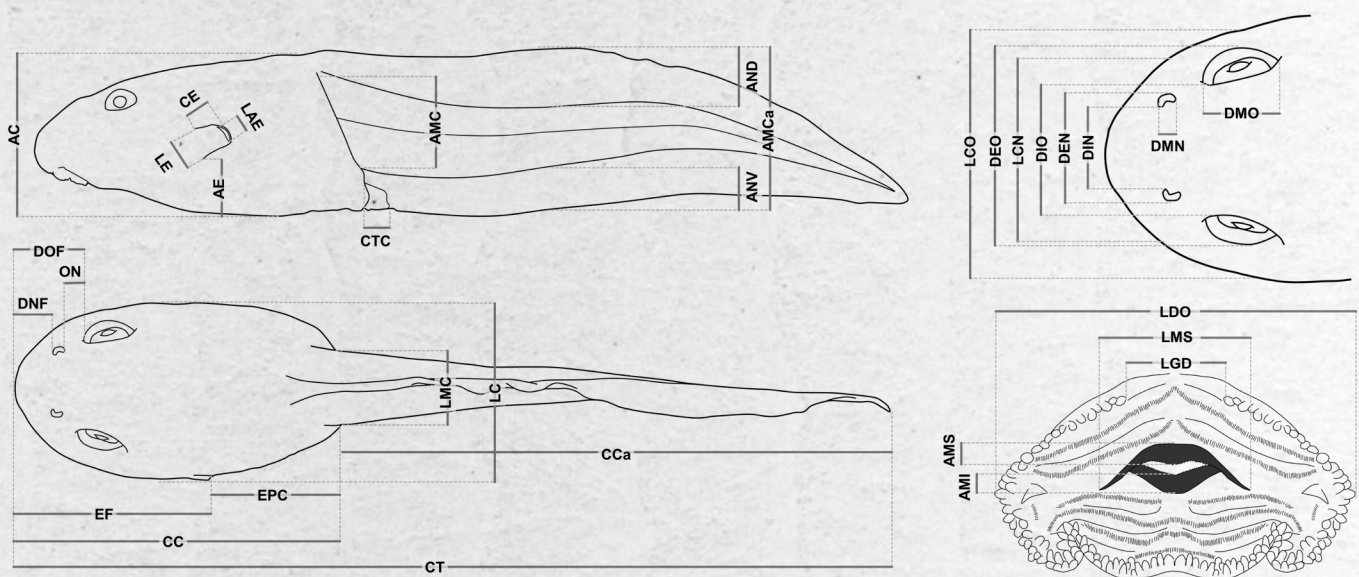
Felizmente, o número de chaves taxonômicas para girinos brasileiros vem crescendo (resumo das localidades contempladas e referência: município de Manaus, estado do Amazonas [Hero 1990]; noroeste do estado de São Paulo [Rossa-Feres e Nomura 2006]; estado do Rio Grande do Sul [Machado e Maltchink 2007]; municípios de Conceição do Mato Dentro, Alvorada de Minas e Dom Joaquim, estado de Minas Gerais [Pimenta et al. 2014]; Ilha Grande, estado do Rio de Janeiro [Fatorelli et al. 2017]; “Quadrilátero Ferrífero”, estado de Minas Gerais [Pezzuti et al. 2019, 2021]; norte da Mata Atlântica, estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte [Dubeux et al. 2020a]).

Recentemente, o emprego de uma abordagem molecular, utilizando o método de DNA *Barcode* (código de barras de DNA) vem contribuindo para aprimorar e acelerar a identificação de larvas de anuros. Esse método utiliza a informação contida em um fragmento de DNA (exemplo, 16SrRNA, COI) e uma análise de similaridade genética para associar sequências de DNA de girinos aos respectivos adultos da mesma espécie (por exemplo, Grosjean et al. 2015, Schulze et al. 2015).

## Morfometria

A morfometria linear é um método frequentemente utilizado em estudos descritivos e de desenvolvimento. Embora em geral os girinos sejam pequenos, diversos marcos anatômicos permitiram a proposta de diferentes medidas ao longo do tempo (Figura 19; no Quadro 1 resumamos os principais caracteres morfométricos já propostos para girinos). A obtenção das medidas pode ser realizada com paquímetro e o auxílio de um estereomicroscópio (indicado para medidas amplas como comprimento total, comprimento e altura do corpo, etc.) ou utilizando uma ocular com régua milimetrada acoplada a um estereomicroscópio (para medidas menores).

Com o advento de softwares especializados no escalonamento de imagens (exemplos, ImageJ, CPCe), também podemos obter medidas relativamente precisas utilizando fotografias de girinos com escala de tamanho conhecida (mais informações disponíveis no manual dos *softwares*).



**Figura 19.** Esquema ilustrando os principais caracteres morfométricos propostos para girinos. Legendas das siglas disponível no Quadro 1.

**Quadro 1.** Principais caracteres morfométricos propostos para girinos. **Posição:** posição do girino em que a medida é aferida. **Referências (Ref):** proposta ou adaptada de [A] Altig e McDiarmid (1999), [B] Lavilla e Scrocchi (1986) e [C] Grosjean (2005).

Característica	Sigla	Descrição	Posição	Ref
Comprimento total	CT	Medido da extremidade do focinho até a extremidade final da cauda	Lateral	A
Comprimento do corpo	CC	Medido da extremidade do focinho até a margem posterior do corpo	Lateral	A
Altura máxima do corpo	AC	Medida dorsoventralmente onde o corpo é mais alto	Lateral	B
Largura máxima do corpo	LC	Medida latero-lateral onde o corpo é mais largo	Dorsal	B
Largura do corpo ao nível do olho	LCO	Medida latero-lateral ao nível dos olhos	Dorsal	B
Largura do corpo ao nível da narina	LCN	Medida latero-lateral ao nível das narinas	Dorsal	B
Comprimento da cauda	CCa	Medido da margem posterior do corpo até a extremidade final da cauda	Lateral	A
Largura da musculatura caudal	LMC	Medida latero-lateral onde a cauda é mais larga	Dorsal	A
Altura máxima da cauda	AMCa	Medida da borda superior da nadadeira dorsal até a borda inferior da nadadeira ventral, na porção mais alta da cauda	Lateral	A
Altura da nadadeira dorsal	AND	Medida da borda superior da musculatura caudal até a borda superior mais alta da nadadeira dorsal	Lateral	C
Altura da musculatura caudal	AMC	Medida da borda superior até a borda inferior da musculatura caudal onde é mais alta	Lateral	A
Altura da nadadeira ventral	ANV	Medida da borda inferior da musculatura caudal até a borda inferior mais alta da nadadeira ventral	Lateral	C
Distância interorbital	DIO	Medida da margem interna de uma órbita até a margem interna da outra órbita	Dorsal	B
Distância extraorbital	DEO	Medida da margem externa de uma órbita até a margem externa da outra órbita	Dorsal	B
Distância internarial	DIN	Medida da margem interna de uma narina até a margem interna da outra narina	Dorsal	B
Distância extranarial	DEN	Medida da margem externa de uma narina até a margem externa da outra narina	Dorsal	B
Distância do olho até o focinho	DOF	Medida da extremidade do focinho até a margem anterior da órbita	Dorsal	-
Distância da narina até o focinho	DNF	Medida da extremidade do focinho até a margem anterior da narina	Dorsal	B
Distância do olho até a narina	ON	Medida da margem anterior da órbita até a margem posterior da narina	Dorsal	B
Diâmetro do olho	DMO	Medido da margem anterior até a margem posterior da órbita no eixo longitudinal	Laterodorsal	B
Diâmetro da narina	DMN	Medido da margem anterior até a margem posterior da narina no eixo longitudinal	Dorsal	
Distância do espiráculo até o focinho	EF	Medida da extremidade do focinho até a porção anterior da abertura do espiráculo	Lateral	B
Distância do espiráculo até a margem posterior do corpo	EPC	Medida da porção posterior da abertura do espiráculo até a margem posterior do corpo	Lateral	B
Altura do espiráculo	AE	Medida da porção inferior da abertura do espiráculo até a porção inferior do corpo em vista lateral	Lateral	-
Largura do espiráculo	LE	Medida da porção superior até a inferior da parede do espiráculo em sua maior largura	Lateral	-
Comprimento do espiráculo	CE	Medida do início da parede externa do espiráculo até a margem de sua abertura	Lateral	-
Largura da abertura do espiráculo	LAE	Medida da porção superior até a inferior da abertura do espiráculo	Lateral	-
Comprimento do tubo cloacal	CTC	Medido da base do tubo até a margem de sua abertura	Lateroventral	-
Largura do disco oral	LDO	Medida latero-lateral do disco oral	Anteroventral	B
Largura do <i>gap</i> dorsal do disco oral	LGD	Medida de uma margem a outra do <i>gap</i> dorsal do disco oral	Anteroventral	B
Largura da bainha da maxila superior	LMS	Medida latero-lateral de uma margem a outra da porção queratinizada da maxila superior	Anteroventral	-
Altura da bainha da maxila superior	AMS	Medida da borda superior até a borda inferior da porção queratinizada da maxila superior	Anteroventral	-
Largura da bainha da maxila inferior	LMI	Medida latero-lateral de uma margem a outra da porção queratinizada da maxila inferior	Anteroventral	-

### Cavidade bucofaríngea

Para analisar a cavidade bucofaríngea é necessário dissecar o girino de modo a expor o teto e a cavidade bucal. Geralmente utiliza-se a metodologia de Wassersug (1976). Resumidamente, com o auxílio de um estereomicroscópio e uma pequena tesoura cirúrgica (exemplo, tesoura tipo Vannas para microcirurgia), faz-se cuidadosamente um corte na comissura bucal esquerda, entre a bainha superior e inferior do bico córneo, e então se segue com a incisão posteriormente, separando-se o *ceratohyalia* do palatoquadrado, até passar a margem posterior dos olhos e continua em direção posterodorsal, fazendo um corte transversal no dorso até alcançar o lado oposto, seguindo o mesmo caminho posterodorsal. Nesse momento, as superfícies bucais podem ser expostas simplesmente rebatendo o teto bucal para o lado. Uma incisão longitudinal pode ser feita na comissura bucal do lado direito até separar inteiramente as duas superfícies (Figura 20). O limite posterodorsal seria, teoricamente, o limite posterior da faringe, mas como nem sempre é possível determinar com precisão esse limite, por segurança pode-se realizar esse corte mais posteriormente, para evitar danos à região posterior da cavidade.

Tendo as duas peças prontamente separadas, pode-se examiná-las submersas em água em uma placa de petri sob estereomicroscópio. Como a maioria dos girinos não possuem pigmentação nessas estruturas, faz-se necessário corar com solução de azul de metileno para facilitar a visualização.

Tendo a possibilidade, pode-se também examinar essas peças de maneira muito mais eficiente em um microscópio eletrônico de varredura (Figura 12). Nesse caso,



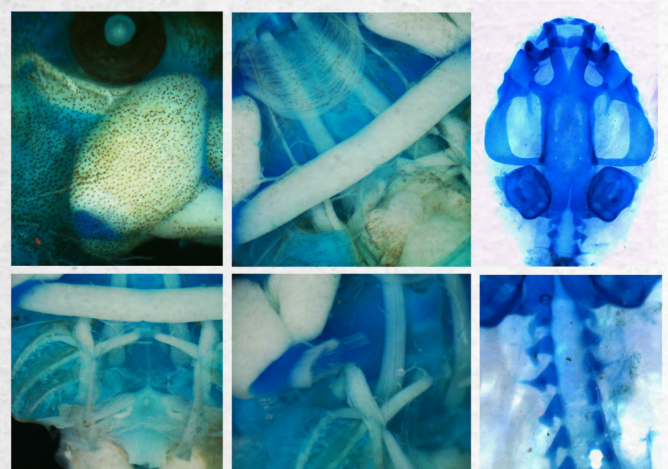
**Figura 20.** Esquema indicando a linha de corte aproximada para a dissecção da cavidade bucofaríngea dos girinos e imagens exemplificando as estruturas após a aplicação do corante. Fotos da cavidade, cortesia de Tiago Pezzuti.

a amostra é submetida, após passar por um preparo específico, por um feixe de elétrons que “varre” a superfície detalhadamente. O resultado são imagens em alta resolução da superfície da cavidade, possibilitando o exame das variadas estruturas bucais em detalhes.

### Musculatura e esqueleto

Devido ao pequeno tamanho e ao fato de o esqueleto das larvas serem formados em sua maior parte por cartilagem, o que o torna bastante delicado, os métodos tradicionais de acesso ao sistema musculoesquelético, como dissecação direta ou descarte, não são viáveis para os girinos. Nesse caso, o procedimento mais utilizado para o estudo dessas estruturas é a chamada diafanização. Esse processo, que sofreu vários aperfeiçoamentos e variações ao longo do século passado, consiste basicamente em digerir enzimaticamente a musculatura dos espécimes, tornando-as translúcidas, e colorir o esqueleto com corantes específicos para cartilagem e para osso, de modo que ao final, esses dois tecidos podem ser reconhecidos separadamente um do outro devido a diferença de coloração. Além disso, a diafanização mantém o esqueleto íntegro, preservando as relações entre suas partes. Caso se deseje estudar a musculatura, basta interromper o processo antes do início da digestão enzimática (Figura 21). No final, as peças podem ser conservadas em glicerina pura acrescidas de alguns cristais de timol, para evitar a proliferação de fungos e bactérias.

Existem inúmeras variações da técnica de diafanização, mas em todas, os principais compostos utilizados e o princípio são os mesmos. No Quadro 2, apresentamos um dos protocolos, que funciona bem em girinos, adaptado de Digenrkus e Uhler (1977).



**Figura 21.** Exemplos de girinos em processo de diafanização. Nas imagens à esquerda o processo foi interrompido antes da digestão enzimática para estudo da musculatura. Nas duas imagens à direita o processo foi finalizado, restando somente o esqueleto corado.

**Quadro 2.** Protocolo de diafanização de pequenos vertebrados (adaptado de Digenrkus e Uhler 1977).

<b>Material necessário</b>		
1. Azul de Alcian 8GN	6. Pancreatina	11. Timol
2. Etanol 95%	7. Hidróxido de potássio (KOH)	12. Provetas
3. Ácido acético glacial	8. Vermelho de Alizarina	13. Balança de precisão
4. Água destilada	9. Peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	14. Recipientes (frascos) com tampa
5. Borato de sódio (bórax)	10. Glicerina pura	
<b>Soluções</b>		
1. 10mg de Azul de Alcian 8GN + 80 ml de etanol 100% + 20 ml de ácido acético glacial		
2. Etanol 70%		
3. Etanol 40%		
4. Etanol 15%		
5. Borato de sódio aquoso (adiciona-se o bórax em água destilada até a solução saturar)		
6. 30 ml borato de sódio aquoso + 70ml de água destilada + 0,5g de pancreatina		
7. Hidróxido de potássio 2%		
8. Hidróxido de potássio 2% + Vermelho de Alizarina (ver protocolo para informações sobre a concentração)		
9. Solução contendo $\frac{3}{4}$ KOH 2% + $\frac{1}{4}$ glicerina		
10. Solução contendo $\frac{1}{2}$ KOH 2% + $\frac{1}{2}$ glicerina		
11. Solução contendo $\frac{1}{4}$ KOH 2% + $\frac{3}{4}$ glicerina		

## Protocolo

*Observação:* Os espécimes já devem estar fixados em formalina 10% por alguns dias.

1. Remova cuidadosamente a pele, os globos oculares e as vísceras., e deixe os espécimes mergulhados em água destilada por cinco minutos.

2. Coloque os espécimes diretamente em uma solução de 10mg de Azul de Alcian 8GN, 80ml de etanol 95% e 20ml de ácido acético glacial por 24 a 48 horas ou até as cartilagens aparecerem tingidas de azul.

*Observação:* deve ser feita uma nova solução (fresca) toda vez que perceber que se está levando mais tempo que o sugerido para as cartilagens ficarem tingidas.

3. Transfira os espécimes para uma série de banhos de etanol nas seguintes concentrações: 95%, 70%, 40% e 15% por um mínimo de três horas em cada solução ou até que os espécimes afundem.

4. Coloque os espécimes em água destilada por um mínimo de três horas ou até que os espécimes afundem.

5. Coloque os espécimes em uma solução enzimática contendo 30ml de borato de sódio aquoso, 70ml de água destilada e 0,5g de pancreatina. As propriedades dessa solução duram dois ou três dias. Após esse tempo, deve ser preparada novamente. Essa etapa dura geralmente dois ou três dias, porém espécimes maiores podem levar mais tempo.

*Observação:* é extremamente importante ficar atento a essa etapa (observe no mínimo duas vezes ao dia) uma vez que a ação enzimática prolongada poderá inutilizar os espécimes.

6. Uma vez retirado da pancreatina, os espécimes devem ser banhados brevemente em água destilada (cinco minutos é suficiente) e então transferidos para uma solução aquosa de KOH 2% e Vermelho de Alizarina. A quantidade de Vermelho de Alizarina deve ser suficiente para deixar a solução com aspecto vermelho escuro. Os espécimes devem ser retirados quando os ossos aparecerem claramente tingidos de vermelho. Essa etapa dura cerca de 24 horas e deve-se ter cuidado, uma vez que os espécimes podem ser destruídos por ação do KOH se permanecerem por longo tempo.

7. Essa etapa poderá ser feita ou não. Se, após a retirada da solução de Vermelho de Alizarina, os espécimes contiverem pigmentos escuros sobre ou na musculatura que possam interferir na visualização do esqueleto, deve-se colocá-los em uma solução de 80% KOH 2% e 20% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% (peróxido de hidrogênio). Os espécimes devem permanecer na solução até os pigmentos desaparecerem ou, pelo menos, o esqueleto se tornar claramente visível. Novamente, essa etapa deve ser acompanhada com atenção devido à ação do KOH e ao fato de que espécimes deixados mergulhados em peróxido de hidrogênio por muito tempo tendem a acumular bolhas de gás nos músculos, tornando difícil a visualização das estruturas. Se não existe nenhum pigmento proceda a etapa 8.

8. Transfira os espécimes para uma série de banhos de KOH 2% + glicerina na seguinte ordem de concentrações:  $\frac{3}{4}$  KOH -  $\frac{1}{4}$  glicerina,  $\frac{1}{2}$  KOH -  $\frac{1}{2}$  glicerina,  $\frac{1}{4}$  KOH -  $\frac{3}{4}$  glicerina e finalmente glicerina pura. O tempo de permanência em cada uma dessas soluções é de cerca de 12 horas. Se necessário, adicione duas ou três gotas de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> nos dois primeiros compartimentos de KOH-glicerina para completar o clareamento.

9. Após a retirada do banho de glicerina final, os espécimes devem ser armazenados em frascos com glicerina pura com uns poucos cristais de timol. O timol inibe o crescimento de fungos e bactérias.

## Ilustração e fotografia

Apresentar a espécie ou a estrutura larval que você está trabalhando, em muitos casos, é necessário. Para isso, a ilustração científica por muito tempo foi amplamente utilizada em diversos trabalhos e mesmo aqueles muito antigos já forneciam pranchas com belas ilustrações dos girinos. Em muitos casos a ilustração é feita a mão “crua”, apenas observando o espécime. No entanto, algumas ferramentas estão disponíveis para que, mesmo aqueles que não apresentam facilidade com desenhos, consigam gerar ilustrações satisfatórias.

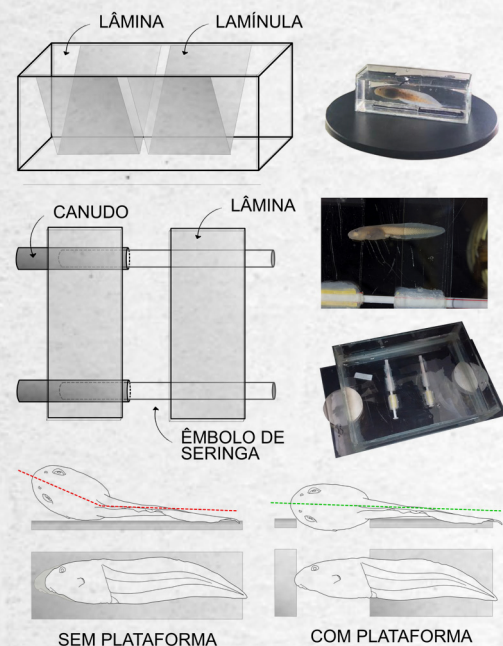
O estereomicroscópio acoplado com câmara clara é um ótimo exemplo. Consiste em uma lupa binocular que torna possível a visão do objeto sobreposta à de uma folha de papel, assim podemos contornar diretamente o nosso objeto com um lápis. Com o advento de *softwares* especializados em ilustração digital (por exemplo, PaintTool SAI, Adobe Illustrator, Inkscape), também podemos utilizar fotos para gerar desenhos através do decalque, ou elaborar ilustrações digitais convencionais.

No entanto, com o barateamento e compactação das câmeras fotográficas, o uso de imagens para ilustrar os girinos vem crescendo progressivamente. A obtenção desses registros fotográficos nessa fase de vida é de extrema importância para estudos sistemáticos e taxonômicos e para a elaboração de guias de identificação. Para fotografar os espécimes pode-se utilizar placas de petri ou mini aquários que podem ser construídos utilizando lâminas de microscopia (Figura 22). Procure manter o indivíduo submerso em água para evitar reflexos e, de preferência, utilize uma mesa estativa ou tripé. A principal dificuldade na obtenção das fotografias é o posicionamento do girino e mantê-lo estável em um plano anatômico. Como visto acima, girinos apresentam uma grande variação de formas tanto do corpo quanto da cauda. Girinos deprimidos e que apresentem nadadeiras baixas, geralmente se mantem naturalmente em um plano dorsal após a fixação, o que dificulta a obtenção de imagens laterais. Ao contrário, girinos comprimidos e com nadadeiras altas geralmente se mantem em um plano lateral, dificultando a obtenção de imagens dorsais e ventrais. O uso de calhas no aquário pode ajudar a contornar esse primeiro problema (ver Figura 22). Um desafio mais sutil, mas de grande importância, é a angulação do girino em vista lateral. Pelo fato de o corpo dos girinos serem mais largos que a cauda, quando em posição lateral a larva acaba com seu eixo longitudinal deslocado. Com o intuito de contornar essa problemática, Scharcht e McBrayer (2009) desenvolveram uma plataforma utilizando lâminas de microscopia para corrigir o ângulo do girino antes da fotografia (Figura 22). As lâminas apresentam dois eixos paralelos a sua face mais estreita. Os eixos são compostos por um par de

canudos (fixados em uma das lâminas) e um par de êmbolos de seringa de insulina (fixados na outra lâmina). Os êmbolos passam por dentro dos canudos e com a aproximação ou distanciamento entre as lâminas é possível apoiar o girino em um plano longitudinal sobre as lâminas.

Para as fotografias do aparato oral, derretamos um pouco de parafina (vela) até formar uma camada de alguns milímetros em uma placa de petri. Essa camada servirá para a fixação dos alfinetes entomológicos. Em seguida, posicione o girino cruzando alfinetes progressivamente, de preferência sem perfurar o animal, até que o aparato oral fique em um plano nivelado e com a abertura desejada. Durante o processo, o indivíduo deve estar completamente imerso em água para evitar a dessecação e reflexos na fotografia.

Uma característica importante na fotografia é o escalonamento da imagem. Assim, lembre-se de incluir alguma escala junto ao seu objeto antes de obter a fotografia. Caso a foto que você tenha não apresente uma escala, é possível resgatar esse dado através de alguma outra medida conhecida (por exemplo, o comprimento total do girino ou de algum objeto presente na foto). Esse processo pode ser realizado utilizando o *software* ImageJ. Através da função “Set Scale” (escala definida) você define a distância em pixels da sua medida conhecida através de uma linha e informa ao programa quanto àquela medida equivale em milímetros. Em seguida, utilizando a função “Scale Bar” (barra de escala) você consegue inserir uma barra de escala com o tamanho de seu interesse na foto.



**Figura 22.** Esquema do aquário com calha e plataforma para fotografia de girinos feita com lâminas de microscopia. Figuras de plataforma adaptadas de Scharcht e McBrayer (2009).

## Histórico do estudo com girinos no Brasil

O Brasil lidera a diversidade mundial de anfíbios com mais de 1000 espécies atualmente conhecidas, das quais 96% são anuros (Segala et al. 2021). Apesar da grande maioria dessas espécies apresentarem uma fase larval, dados de Provete et al. (2012) estimaram que apenas 61% das espécies brasileiras possuem seus girinos conhecidos, ou seja, que são formalmente descritos na literatura científica. Apesar dos estudos com girinos terem crescido muito nos últimos anos, novas espécies de anuros também foram descobertas (por exemplo, somente nos últimos dois anos [2020 e 2021] cerca de 50 espécies de anuros foram descritas para o território brasileiro), e muitas dessas permanecem sem a descrição de seu girino.

Os girinos são relativamente abundantes onde ocorrem e, em sua maioria, restritos a corpos d'água, o que os tornam organismos potencialmente de fácil coleta. No entanto, historicamente os estudos com anuros brasileiros foram particularmente focados nos adultos, havendo pouco interesse em sua fase larval (Rossa-Feres et al. 2015). Embora os primeiros trabalhos que tratam de girinos brasileiros datem de mais de um século (por exemplo, Miranda-Ribeiro 1920, 1923, 1926, Lutz 1926), esse campo de estudo

só começou a crescer de maneira progressiva no Brasil após a década de 1960 (Provete et al. 2012). Uma planilha, fruto do artigo de Provete et al. (2012), está disponível online com a compilação dos girinos brasileiros descritos até então, contando com as referências de descrições da morfologia externa, esqueleto cranial e anatomia oral interna (<http://diogoprovete.weebly.com/brazilian-tadpoles.html>).

Até o início dos anos 2000, a maioria dos estudos envolvendo girinos brasileiros tinham um cunho bem mais descritivo, se restringindo a descrições da morfologia externa, alguns aspectos da história natural, e padrões de distribuição espacial e temporal (Andrade et al. 2007, Rossa-Feres et al. 2015). Apenas recentemente girinos têm sido incluídos em trabalhos de levantamento de fauna (por exemplo, Magalhães et al. 2013, Dubeux et al. 2020b). Além disso, o uso de caracteres larvais para o entendimento da sistemática e evolução dos anuros tem se destacado na herpetologia brasileira (por exemplo, Nascimento et al. 2020, 2021, Dias et al. 2021a,b). Tais dados são considerados atualmente fontes indispensáveis de informações para o estudo dos anfíbios anuros.

## Agradecimentos

A Gabriela Correia e Rebecca Ummed, pela revisão do texto. MJMD agradece à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco- FACEPE (IBPG-1117-2.04/19) pelo apoio financeiro.

## Referências

- Alberch, P. 1987. Evolution of a developmental process: irreversibility and redundancy in amphibian metamorphosis. Pp. 23-46 In Raff R. A. e Raff E. C. (eds.) *Development as an evolutionary process*. Alan R. Liss, New York.
- Altig, R. e Johnston, G. F. 1989. Guilds of anuran larvae: relationships among developmental modes, morphologies, and habits. *Herpetological Monographs* 3: 81–109.
- Altig, R. e McDiarmid, R. W. 1999. Body Plan. *Development and Morphology*. Pp. 24-51 In Altig R. e McDiarmid, R. W. (eds.), *Tadpoles: The Biology of Anuran Larvae*. University of Chicago Press, Chicago, USA.
- Andrade, G. V., Eterovick, P. C., Rossa-Feres, D. C., Schiesari, L. 2007. Estudos sobre girinos no Brasil: histórico, conhecimento atual e perspectivas. Pp. 127-145 In Nascimento, L. B. e Oliveira, M. E. (eds.) *Herpetologia no Brasil II*. Sociedade Brasileira de Herpetologia. Belo Horizonte, Brasil.
- Vera-Candioti, M. F. 2008. Larval anatomy of Andean tadpoles of *Telmatobius* (Anura: Ceratophryidae) from

- northwestern Argentina. *Zootaxa* 1938: 40–60.
- Vera-Candioti, F., Grosso, J., Pereyra, M. O., Haad, M. B., Lescano, J., Siu-Ting, K., Aguilar, C. & Baldo, D. 2020. Larval Anatomy of Andean Toads of the *Rhinella spinulosa* Group (Anura: Bufonidae). *Herpetological Monographs* 34(1): 116–130.
- Cannatella, D. 1999. Architecture. Cranial and axial musculo skeleton. Pp. 52–91 In: McDiarmid, R. W. e Altig, R. (eds.), *Tadpoles. The biology of anuran larvae*. University of Chicago Press, Chicago and London.
- d’Heursel, A. e Haddad, C. F. B. 2007. Anatomy of the oral cavity of Hylid larvae from the genera *Aplastodiscus*, *Bokermannohyla*, and *Hypsiboas* (Amphibia, Anura): description and systematic implications. *Journal of Herpetology* 41: 458–468.
- Dias, P. H. D. S., Anganoy-Criollo, M., Rada, M., e Grant, T. 2021a. The tadpoles of the funnel-mouthed dendrobatids (Anura: Dendrobatidae: Colostethinae: Silverstoneia): external morphology, musculoskeletal anatomy, buccopharyngeal cavity, and new synapomorphies. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 59(3): 691–717.
- Dias, P. H. D. S., Vera-Candioti, F., Sabbag, A. F., Colaço, G., da Silva, H. R., Haddad, C. F. B., Carvalho-e-Silva, A. M. P. T. e Grant, T. 2021b. Life on the edge: Tadpoles of Cycloramphidae (Amphibia; Anura), anatomy, systematics, functional morphology, and comments on the evolution of semiterrestrial tadpoles. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 59(6): 1297–1321.
- Dingerkus, G. e Uhler, L. D. 1977. Enzyme clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. *Stain Technology* 52: 229–232.
- Dubeux, M. J. M., Nascimento, F. A. C. D., Lima, L. R., Magalhães, F. D. M., Silva, I. R. S. D., Gonçalves, U., Almeida, J. P. F., Correia, L. L., Garda, A. A., Mesquita, D. O., Rossa-Feres, D. C. e Mott, T. 2020a. Morphological characterization and taxonomic key of tadpoles (Amphibia: Anura) from the northern region of the Atlantic Forest. *Biota Neotropica* 20(2): e20180718.
- Dubeux, M. J. M., Gonçalves, U., do Nascimento, F. A. C., e Mott, T. 2020b. Anuran amphibians of a protected area in the northern Atlantic Forest with comments on topotypic and endangered populations. *Herpetology Notes* 13: 61–74.
- Dubois, A., Grosjean, S. e Paicheler, J. C. 2009. Strange tadpoles from the lower Miocene of Turkey: Is paedogenesis possible in anurans?. *Acta Palaeontologica Polonica* 55: 43–55.
- Duellman, W. e Trueb, L. 1994. *Biology of Amphibians*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.
- Fatorelli, P., Nogueira-Costa, P. e Rocha, C. F. D. 2017. Characterization of tadpoles of the southward portion (oceanic face) of Ilha Grande. *North-Western Journal of Zoology* 2018: e171509.
- Gosner, K. L. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes in identification. *Herpetologica* 16: 183–190.
- Grosjean, S. 2005. The choice of external morphological characters and developmental stages for tadpole-based anuran taxonomy: a case study in *Rana (Sylvirana) nigrovittata* (Blyth, 1855) (Amphibia, Anura, Ranidae). *Contributions to Zoology* 74: 61–76.
- Grosjean, S., Ohler, A., Chuaynkern, Y., Cruaud, C. e Hassanin, A. 2015. Improving biodiversity assessment of anuran amphibians using DNA barcoding of tadpoles. Case studies from Southeast Asia. *Comptes rendus biologies* 338(5): 351–361.
- Haas, A. 2003. Phylogeny of frogs as inferred from primarily larval characters (Amphibia, Anura). *Cladistics* 19: 23–89.
- Harris, R. N. 1999. The anuran tadpole: Evolution and maintenance. Pp. 279–294 In McDiarmid R. W. e Altig R. (eds.), *Tadpoles: The Biology of Anuran Larvae*. University of Chicago Press; USA.
- Hero, J. M. 1990. An illustrated key to tadpoles occurring in the Central Amazon rainforest, Manaus, Amazonas, Brasil. *Amazoniana* 11(2): 201–262.
- Hildebrand, G. e Goslow, G. 2006. *Análise da Estrutura dos Vertebrados*. 2ª Ed. Editora Atheneu, São Paulo.



- Kolenc, F., Borteiro, C., Alcalde, L., Baldo, D., Cardozo, D., e Faivovich, J. 2008. Comparative larval morphology of eight species of *Hypsiboas* Wagler (Amphibia, Anura, Hylidae) from Argentina and Uruguay, with a review of the larvae of this genus. *Zootaxa* 1927: 1–66.
- Krings, M., Klein, B., Heneka, M. J. e Rödder, D. 2017. Morphological comparison of five species of poison dart frogs of the genus *Ranitomeya* (Anura: Dendrobatidae) including the skeleton, the muscle system and inner organs. *PloS one* 12: e0171669.
- Larson, P. M. e de-Sá, R. O. 1998. Chondrocranium morphology of *Leptodactylus* larvae (Leptodactylidae; Leptodactylinae): its utility in phylogenetic reconstruction. *Journal of Morphology* 238: 287–305.
- Lavilla, E. O. e Scrocchi, G. J. 1986. Morfometría larval de los géneros de Telmatobiinae (Anura: Leptodactylidae) de Argentina y Chile. *Physis* 44: 39–43.
- Lutz, A. 1926. Observações sobre batrachios brasileiros/Observations on brazilian batrachians. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. Rio de Janeiro 19: 139–174.
- Machado, I. F. e Maltchik, L. 2007. Check-list da diversidade de anuros no Rio Grande do Sul (Brasil) e proposta de classificação para as formas larvais. *Neotropical Biology and Conservation* 2: 101–116.
- Magalhães, F. M., Dantas, A. K. B. P., Brito, M. R. M., Medeiros, P. H. S., Oliveira, A. F., Pereira, T. C. S. O., Queiroz, M. H. C., Santana, D. J., Silva, W. P. e Garda, A. A. Anurans from an Atlantic Forest-Caatinga ecotone in Rio Grande do Norte State, Brazil. *Herpetology Notes* 6: 1–10.
- Maglia, A. M., Pugener, L. A., e Trueb, L. 2001. Comparative development of anurans: using phylogeny to understand ontogeny. *American Zoologist* 41: 538–551.
- Merilä, J., Laurila, A., Laugen, A. T., e Räsänen, K. 2004. Heads or tails? Variation in tadpole body proportions in response to temperature and food stress. *Evolutionary Ecology Research* 6(5): 727–738.
- Miranda-Ribeiro, A. 1920. Os Brachycephalideos do Museu Paulista (com três especies novas). *Revista do Museu Paulista* 12: 307–316.
- Miranda-Ribeiro, A. 1923. As Phyllomesusas do Museo Paulista. *Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro* 1: 3–6.
- Miranda-Ribeiro, A. 1926. Notas para servirem ao estudo dos Gymnobatrachios (Anura) brasileiros. *Arquivos do Museu Nacional*. Rio de Janeiro 27: 1–227.
- Moran, N. 1994. Adaptation and constraint in the complex life cycles of animals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 25: 573–600.
- Nascimento, F. A. C., SÁ, R. O. e GARCIA, P. C. 2020. Tadpole of the Amazonia frog *Edalorhina perezii* (Anura: Leptodactylidae) with description of oral internal and chondrocranial morphology. *Journal of Morphology* 282: 115-126.
- Nascimento, F. A. C., SÁ, R. O. e GARCIA, P. C. 2021. Larval anatomy of monotypic painted ant nest frogs *Lithodytes lineatus* reveals putative homoplasies with the *Leptodactylus pentadactylus* group (Anura: Leptodactylidae). *Zoologischer Anzeiger* 290: 135-147.
- Nieuwkoop, P. D. e Faber, J. 1956. Normal table of *Xenopus laevis* (Daudin): A systematical and chronological survey of the development from the fertilized egg till the end of metamorphosis. North-Holland Pub. Co., Amsterdam.
- Orton, G. L. 1953. The systematics of vertebrate larvae. *Systematic Zoology* 2: 63–75.
- Orton, G. L. 1957. The bearing of larval evolution on some problems in frog classification. *Systematic Zoology* 6: 79–86.
- Pezzuti, T. L., Leite, F. S. F. e Garcia, P. C. A. 2019. Chave de identificação interativa para os girinos do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Sudeste do Brasil, version 1.0. Acesso em: 04/Ago/2021. <http://biodiversus.com.br/saglab/aqf/chave/girinos/>
- Pezzuti, T. L., Leite, F. S. F., Rossa-Feres, D. D. C. e Garcia, P. C. A. 2021. The Tadpoles of the Iron Quadrangle, Southeastern Brazil: A Baseline for Larval Knowledge and Anuran Conservation in a Diverse and Threatened Region. *South American Journal of Herpetology* 22(sp1): 1–107.

- Pimenta, B., Costa, D., Murta-Fonseca, R. e Pezzuti, T. 2014. Anfíbios- Alvorada de Minas- Conceição do Mato Dentro- Dom Joaquim. Bicho do Mato Editora, Belo Horizonte, Minas Gerais.
- Pombal Jr, J. P. e Haddad, C. F. 2005. Estratégias e modos reprodutivos de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, Sudeste do Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 45: 215–229.
- Provete, D. B., Garey, M. V., Silva, F. e Jordani, M. X. 2012. Knowledge gaps and bibliographical revision about descriptions of free-swimming anuran larvae from Brazil. *North-Western Journal of Zoology* 8(2): 283–286.
- Pugener, L. A., Maglia, A. M. e Trueb, L. 2003. Revisiting the contribution of larval characters to an analysis of phylogenetic relationships of basal anurans. *Zoological Journal of the Linnean Society* 139: 129–155.
- Raff, R. A. 1987. Constraint, flexibility, and phylogenetic history in the evolution of direct development in sea urchins. *Developmental biology* 119: 6–19.
- Conselho Federal de Medicina Veterinária. Resolução n. 1000 de 11 de maio de 2012, que dispõe sobre procedimentos para eutanásia de animais [Internet]. 2012. Acesso em: 04/Ago/2021. <http://portal.cfmv.gov.br/lei/index/id/326>
- Roelants, K., Haas, A. e Bossuyt, F. 2011. Anuran radiations and the evolution of tadpole morphospace. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108: 8731–8736.
- Rossa-Feres, D. C. e Nomura, F. 2006. Characterization and taxonomic key for tadpoles (Amphibia: Anura) from the northwestern region of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica* 6: 1–26.
- Rossa-Feres, D. C., Venesky, M. D., Nomura, F., Eterovick, P. C., Candiotti, M. F. V., Menin, M., Juncá, F. A., Schiesari, L. C., Haddad, C. F. B., Garey, M. V., dos Anjos, L. A. e Wassersug, R. 2015. Taking tadpole biology into the 21st century: a consensus paper from the First Tadpoles International Workshop. *Herpetologia Brasileira* 4(2): 48–59.
- Schacht, M. C., e McBrayer, L. D. 2009. A method for constructing an adjustable platform to obtain lateral photographs of larval anurans. *Herpetological Review* 40(3): 303–304.
- Schulze, A., Jansen, M. e Köhler, G. 2015. Tadpole diversity of Bolivia's lowland anuran communities: molecular identification, morphological characterisation, and ecological assignment. *Zootaxa* 4016(1): 1–111.
- Segalla, M., Berneck, B., Canedo, C., Caramaschi, U., Cruz, C. A. G., Garcia, P. C., Grant, T., Haddad, C. F. B., Lourenço, A. C. C., Mângia, S., Mott, T., Nascimento, L. B., Toledo, L.F., Werneck, F. P. e Langone, J. A. 2021. List of Brazilian amphibians. *Herpetologia Brasileira* 10(1): 118–208.
- Sherratt, E., Vidal-Garcia, M., Anstis, M. e Keogh, J.S. 2017. Adult frogs and tadpoles have different macroevolutionary patterns across the Australian continent. *Nature Ecology & Evolution* 1: 1385–1391.
- Valero, K. C. W., Garcia-Porta, J., Rodríguez, A., Arias, M., Shah, A., Randrianiaina, R. D., Brown, J. L., Glaw, F., Amat, F., Künzel, S., Metzler, D., Isokpehi, R. D e Vences, M. D. 2017. Transcriptomic and macroevolutionary evidence for phenotypic uncoupling between frog life history phases. *Nature communications* 8: 1–9.
- Wassersug, R. J. e Heyer, W. R. 1988. A survey of internal oral features of Leptodactyloid larvae (Amphibia: Anura). *Smithsonian Contributions to Zoology* 457: 1–97.
- Wassersug, R. J. & Wilbur, H. M. 1974. Evolution of anuran life cycles. *Science* 185(4148): 377–378.
- Wassersug, R. J. 1975. The adaptive significance of the tadpole stage with comments on the maintenance of complex life cycles in anurans. *American Zoologist* 405–417.
- Wassersug, R. J. 1976. Oral morphology of anuran larvae: terminology and general description. *Occasional Papers of the Museum of Natural History, University of Kansas* 48: 1–23.
- Wassersug, R. J. 1980. Internal oral features of eight anuran families: functional, systematic, evolutionary and ecological considerations. *Miscellaneous Publications, Museum of Natural History of the University of Kansas* 68: 1–146.
- Wilbur, H. M. 1980. Complex life cycles. *Annual review of Ecology and Systematics* 11(1): 67–93.



*Bolitoglossa madeira*  
Foto: Renato Gaiga

# SALAMANDRAS DO BRASIL

Isabela Carvalho Brcko<sup>1</sup> & Andrés Jaramillo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Paulo, Programa de Pós-graduação, Laboratório de Ecologia, Zoologia e Fisiologia Comparada, Diadema, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup>Pontifícia Universidade Católica de Porto Alegre, Programa de Pós-graduação, Laboratório de Sistemática de Vertebrados, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Autor para correspondência: [isabelabrcko@gmail.com](mailto:isabelabrcko@gmail.com)

Leia ou clique no código para assistir a palestra desse capítulo na Herpetorama!



## Resumo

Neste capítulo, são abordados assuntos relacionados a um grupo peculiar de vertebrados: os anfíbios da Ordem Caudata, ou salamandras, como são popularmente conhecidos. Ao longo do texto são ressaltadas as principais características biológicas, possível origem do grupo, a atual classificação taxonômica das salamandras modernas, aspectos da história natural e conservação, com destaque para o gênero *Bolitoglossa* e as espécies com ocorrência no Brasil.

**Palavras-chave:** Amazônia, *Bolitoglossa*, história natural, Plethodontidae, salamandras neotropicais.

## Abstract

In this chapter, we clarify some aspects of a peculiar group of vertebrates: the Caudata amphibians, or salamanders, as they are popularly known. Throughout the text are highlighted the main biological characteristics, possible origin of the group, the current taxonomy classification of modern salamanders, aspects of natural history and conservation, with emphasis on the genus *Bolitoglossa* and Brazilian species.

**Keywords:** Amazonia, *Bolitoglossa*, natural history, Plethodontidae, Neotropical salamanders.

## Aspectos gerais

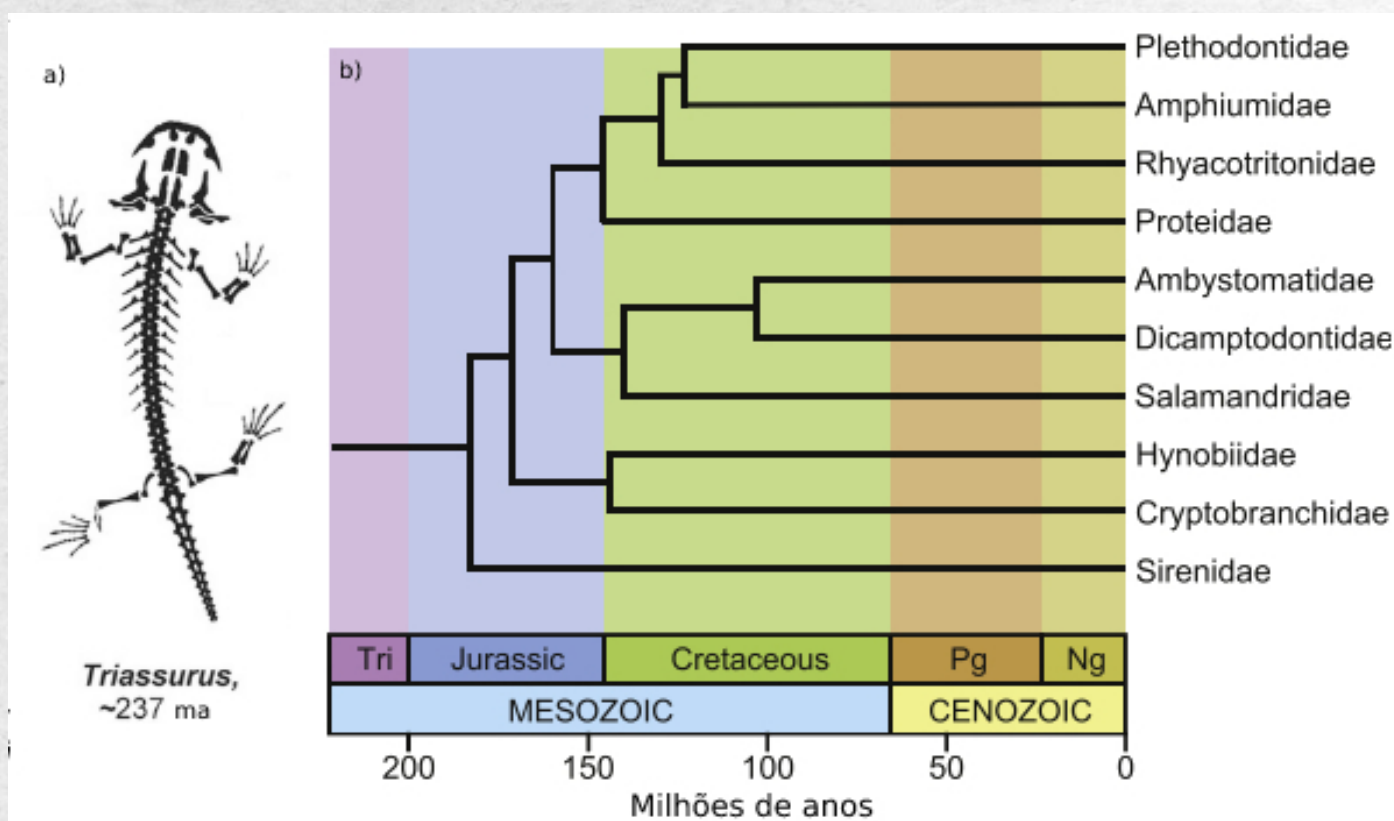
As salamandras (Caudata) integram a classe dos anfíbios modernos juntamente com as ordens Anura e Gymnophiona. Dentre as principais características compartilhadas entre os anfíbios está a pele lisa e úmida que permite eficientemente trocas de água, íons e gases com o ambiente por meio da respiração cutânea (Vitt e Caldwell 2014, Pough e Janis 2019). Diferentemente dos Anura e Gymnophiona, as salamandras são caracterizadas por um corpo cilíndrico e alongado, com uma cauda comprida e pescoço mais estreito que cabeça (Vitt e Caldwell 2014). O comprimento corporal médio das salamandras varia entre 3,5 e 4 cm de comprimento rostro-cloacal (CRC), com algumas espécies excedendo esses limites, como o caso das espé-

cies aquáticas *Thorius minutissimus* (Plethodontidae) e *Andrias davidianus* (Cryptobranchidae) que, com 3 e 180 cm, respectivamente, são consideradas a menor e maior salamandras do mundo (Vitt e Caldwell 2014). No padrão corporal, geralmente, estão presentes quatro membros bem desenvolvidos, embora, haja redução ou perda de membros em espécies aquáticas (Vitt e Caldwell 2014). Além dos ambientes aquáticos, as salamandras podem ser encontradas em uma variedade de habitats, como serrapilheira, cavernas e árvores (Vitt e Caldwell 2014). No entanto, a maioria das espécies são terrestres, seja de forma integral ou apenas em uma fase da vida (ex. fase adulta) (Pough e Janis 2019).

## Origem e diversidade das salamandras modernas

Há evidências que apontam que as salamandras modernas se originaram no interior do continente asiático (Schoch et al. 2020). Nesta região, foi descoberto o fóssil *Triassurus sixtelae*, o qual é identificado como o ancestral mais antigo conhecido das salamandras atuais, remontando ao período Triássico há 237 milhões de anos (MA) (Figura 1A) (Schoch et al. 2020). Desde então, a Terra, que ainda era formada por um único supercontinente chamado Pangeia, sofreu diversas mudanças em sua conformação levando a complexos eventos de vicariância e dispersão os quais influenciaram diretamente na diversidade e distribuição das salamandras viventes (Zhang e Wake 2009). Atualmente,

as 778 espécies conhecidas pela ciência estão classificadas e organizadas sistematicamente em 10 famílias (Figura 1B) que se distribuem preponderantemente pelo hemisfério norte, em zonas temperadas (Frost 2021). Na América do Norte registra-se a maior diversidade de salamandras, sendo possível encontrar representantes de todas as famílias, exceto Hynobiidae, que ocorre exclusivamente na Eurásia. (Frost 2021). Já em zonas tropicais, ocorrem algumas espécies da família Salamandridae e a maioria das espécies da família Plethodontidae (Frost 2021).



**Figura 1.** A) *Triassurus sixtelae*, fóssil do ancestral mais antigo conhecido das salamandras. Modificado de Schoch et al. 2020. B) Cronologia, em milhões de anos, demonstrando as relações filogenéticas entre as famílias das salamandras atuais. Modificado de Vitt e Caldwell 2014.

## Família Plethodontidae

A família Plethodontidae se destaca dentre as demais famílias de Caudata devido à sua ampla distribuição geográfica, riqueza de espécies e características adaptativas (Tabela 1) (Wake 1966, Chippindale et al. 2004, Kozak et al. 2006, Vieites et al. 2007, Frost 2021). Essa família exibe o maior número de espécies conhecidas (491 espécies em 29 gêneros), correspondendo a 64% de todas as salamandras do mundo (Frost 2021). Com raras exceções, as espécies de Plethodontidae se encontram distribuídas quase exclusivamente no Novo Mundo (Américas), abrangendo áreas desde o sul do Canadá até a Bolívia e o Brasil (Frost 2021) (Figura 2). As exceções incluem espécies da tribo Hydromantini, com o gênero *Hydromantes* sendo encontrado na região central do Mediterrâneo, na Europa, e uma única espécie conhecida da Ásia (*Karsenia koreana*) (Frost 2021).

Atualmente, Plethodontidae é organizada em duas subfamílias, Hemidactyliinae e Plethodontinae, e os membros de ambas exibem forma corporal generalizada com quatro dedos nas mãos e cinco dedos nos pés (exceto nas espécies miniaturizadas), e o tamanho corporal pode variar de pequeno a moderado (3 - 3,6 cm) (Wake 1966, Marks e Collazo 1998, Marvin 2003, Wake 2012). Os plethodontídeos se reproduzem via fertilização interna, porém a forma como o embrião se desenvolve é variável entre gêneros (Wake 1966, Wake e Hanken 1996). Por exemplo, as espécies aquáticas e semi-aquáticas depositam os ovos na água, e os embriões podem reter características larvais (pedomorfose), ou passar por um processo de alterações fisiológicas e morfológicas (metamorfose) para migrar do meio aquático para o terrestre (Pough e Janis 2019). Já as espécies terrestres, que são 85%

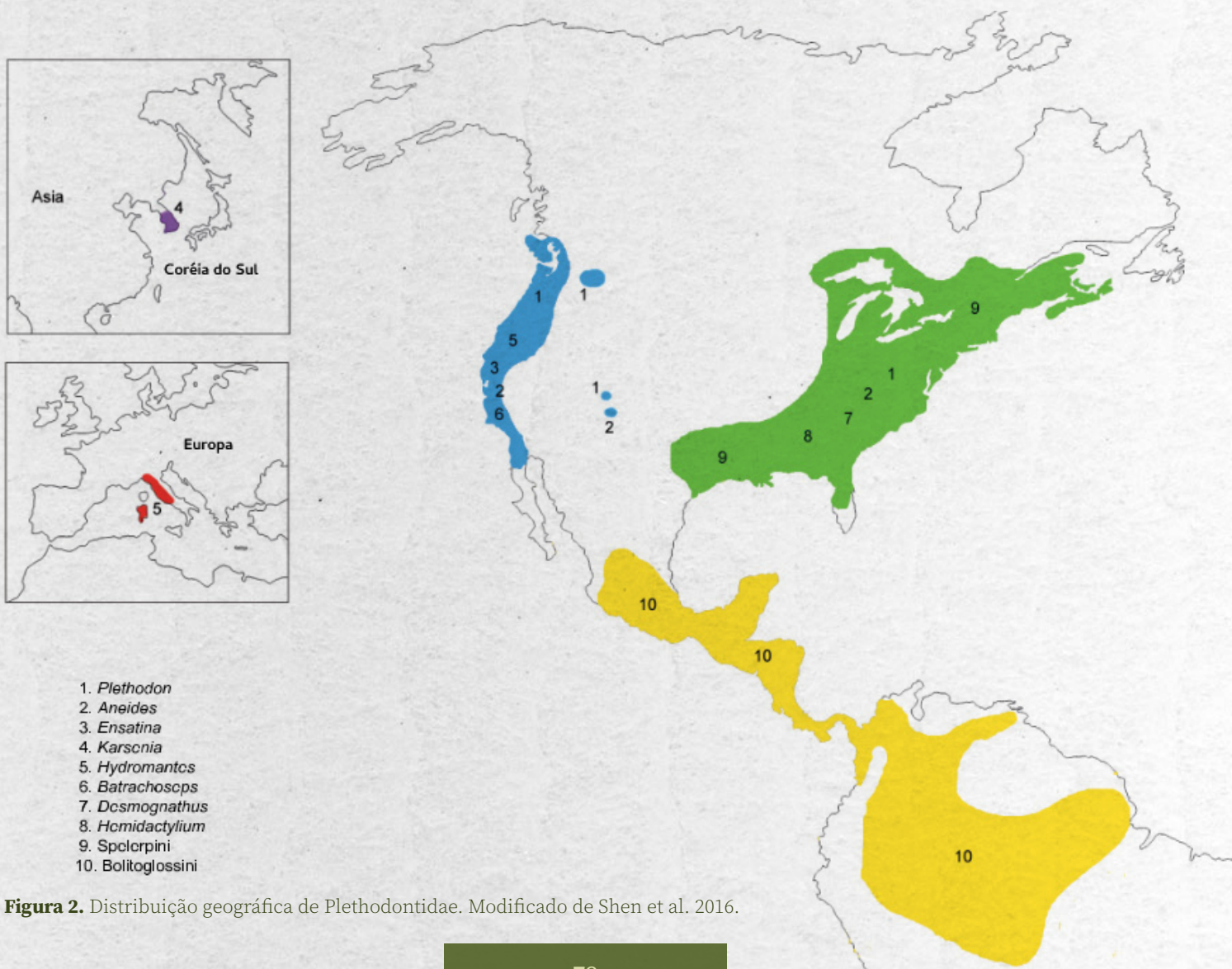
dos plethodontídeos, exibem o desenvolvimento direto dos embriões (Wake 1966, Wake e Hanken 1996, Titus e Larson 1996, Marks e Collazo 1998). Ou seja, os ovos são depositados em ambiente terrestre, e após eclosão, emergem indivíduos semelhantes aos adultos (Duellman e Trueb 1986, Pough e Janis 2019).

Dentre as espécies, nota-se uma constrição na base da cauda, o que indica o emprego da autotomia caudal (perda proposital da cauda) como um artifício contra a predação (Wake e Dresner 1967). A eficiência da autotomia combina-se com a capacidade de contenção da ferida e regeneração da cauda perdida (Wake e Dresner 1967), os comportamentos noturno e secreto (ex. sob serrapilheira, troncos e rochas) dificultam a predação das espécies (Wake 1966).

É ampla a variedade de habitats em que os plethodontídeos podem ser encontrados, desde ambientes aquáticos (ex. *Desmognathus marmoratus*), semiaquáticos (ex. *Pseudotriton ruber*), cavernícolas (ex. *Speleomantes* sp.), e frequentemente, em ambientes úmidos de florestas (ex. *Bolitoglossa paraensis*) (Hairston 1949, Marvin 2003, Chiari et al. 2012, Brcko et al. 2013). A maioria das espécies habitam o solo (terrestres), ou podem ocorrer no dossel das florestas tropicais (arbóreas) (Petranka 1998, Blankers et al. 2012). Dentre os plethodontídeos norte-americanos, a maioria é terrestre, e apenas três espécies (gênero *Aneides*) exibem o hábito completamente arbóreo (Diefenbacher 2008, Mcentire 2016). Em contrapartida, a maioria dos plethodontídeos neotropicais (tribo Bolitoglossini) têm hábito arbóreo (Blankers et al. 2012) e passam a maior parte da vida no dossel da floresta (Wake 1987).

**Tabela 1.** Classificação atual de Plethodontidae (Wake 2012). \*Tribo Bolitoglossini: plethodontídeos tropicais.  
\*\* Gênero *Bolitoglossa*. Números entre parênteses se referem às localidades no mapa disponível na Figura 2.

Subfamília	Tribo	Tribo
Plethodontinae 106 espécies	Plethodontini	1
	Aneidini	1
	Ensatinini	1
	Hydromantini	2
	Desmognathini	2
Hemidactyliinae 385 espécies	Batrachosepini	1
	Hemidactyliini	1
	Spelerpini	6
	Bolitoglossini*	12**



**Figura 2.** Distribuição geográfica de Plethodontidae. Modificado de Shen et al. 2016.

Nota-se uma associação entre a salamandra e as plantas epífitas (ex. bromélias), as quais fornecem sítios com microclimas perfeitos para abrigo, forrageamento e reprodução (Wake 1987, Bruce 1998, Benzing 1998, Nadkarni e Solano 2002). De maneira complementar, a ausência de plantas epífitas no dossel das florestas temperadas (hemisfério norte) a tornam um ambiente desfavorável às salamandras arborícolas que ficam susceptíveis à maior velocidade do vento e baixa umidade relativa do ar (Petranka 1998, Mcentire 2016). Os pletodontídeos estão associados a ambientes úmidos, e esta característica se deve principalmente a outro atributo incomum e único dentre as salamandras: a ausência de pulmões (pletodontídeos são comumente designados como lungless salamanders em inglês) (Jaeger 1978). A alta umidade do ambiente facilita as trocas gasosas que, nessas salamandras, são limitadas às superfícies cutâneas e da mucosa oral (Jaeger 1978, Feder e Lynch 1982). A ausência de pulmões favoreceu o desenvolvimento de estruturas (sulco nasolabial) que maximizam a drenagem do ar pelo nariz em direção à mucosa oral (Brown e Martof 1966). A seleção e evolução da característica “ausência de pulmões” não está totalmente compreendida, porém estudo recente identificou, na pele das salamandras apulmonadas, uma proteína que opera de modo similar a uma proteína essencial para realizar trocas gasosas em vertebrados pulmonados (Lewis et al. 2018). Alguns cientistas sugerem ainda que haja uma relação direta entre a ausência de pulmões e o modo de alimentação especializado dentre Plethodontidae (Lombard e Wake 1986, Deban e Marks 2002). Os pletodontídeos se alimentam predominantemente de invertebrados, como formigas e cupins, e utilizam a língua para capturá-los. Ao longo da evolução da família, foram desenvolvidas especializações que permitiram que a língua fosse projetada mais rapidamente e tivesse maior alcance (Lombard e Wake 1976, Deban et al. 2007). Em espécies do gênero *Hydromantes*, como *H. supramontis*, estas especializações atingem o limite, podendo a língua ser projetada balisticamente levando apenas 5 ms (milissegundos) para atingir uma distância de 60 mm (Lombard e Wake 1976, Deban et al. 2020). Em comparação, às espécies de salamandras que não dispõem do aparato especializado dos pletodontídeos, a projeção da língua requer entre 16 e 140 ms para alcançar uma pequena distância, de 0,3 a 7,4 mm (Miller e Larsen Jr. 1990, Beneski Jr. et al. 1995).

### *Origem da diversidade dos pletodontídeos*

Por muito tempo acreditou-se que os pletodontídeos tenham se originado nas Montanhas Apalaches, uma grande cadeia de Montanhas localizada na costa leste da América do Norte, e onde, atualmente, se concentra a maior diversidade de salamandras no mundo (Ruben e Boucot 1989). No entanto, análises com inclusão de novos achados fósseis e um maior conjunto de dados moleculares indicam a região noroeste da América do Norte como local de origem mais provável (Shen et al. 2016). Nessa região, há 66 MA (Cretáceo-tardio/Paleoceno) teriam surgido os pletodontídeos, que ao longo do Paleoceno até o final do Eoceno (65-38 MA) teriam se adaptado a novos nichos ecológicos e consequentemente teriam se diversificado (Shen et al. 2016). Posteriormente, no Oligoceno (33 MA), quando o clima da Terra começou a esfriar, os pletodontídeos começaram a migrar em direção ao sul do continente Norte-Americano, e passaram a ocupar amplamente o continente (Shen et al. 2016). Finalmente, a crescente aridez na região central da América do Norte durante o Mioceno interrompeu a distribuição contínua de Plethodontidae, que se dividiu em dois clados principais: Plethodontinae, ocorrendo ao longo da costa oeste da América do Norte, e Hemidactyliinae, restritos a região leste do continente, centrados nos Apalaches (Shen et al. 2016). Desse modo, as Montanhas Apalaches aparecem como local onde tenha ocorrido ampla e rápida diversificação de pelo menos algumas linhagens recentes de Hemidactyliinae (Beachy e Bruce 1992, Wiens et al. 2006, Kozak et al. 2006, Vieites et al. 2007). Dentre Hemidactyliinae, estão os pletodontídeos tropicais, os quais são encontrados na Mesoamérica (México e América Central) e América do Sul (Frost 2021). Os pletodontídeos tropicais são denominados bolitoglossíneos, por integrarem a tribo Bolitoglossini (Wake 2012). Os bolitoglossíneos formam um clado notavelmente distinto e facilmente diagnosticável, caracterizado pelos seguintes caracteres: 13 pares de cromossomos, desenvolvimento terrestre direto sem estágio larval, e um complexo sistema de alimentação e língua exclusivamente estruturada (Lombard e Wake 1986). Atualmente, são classificados em 12 gêneros, dentre eles, o gênero *Bolitoglossa* (Frost 2021).

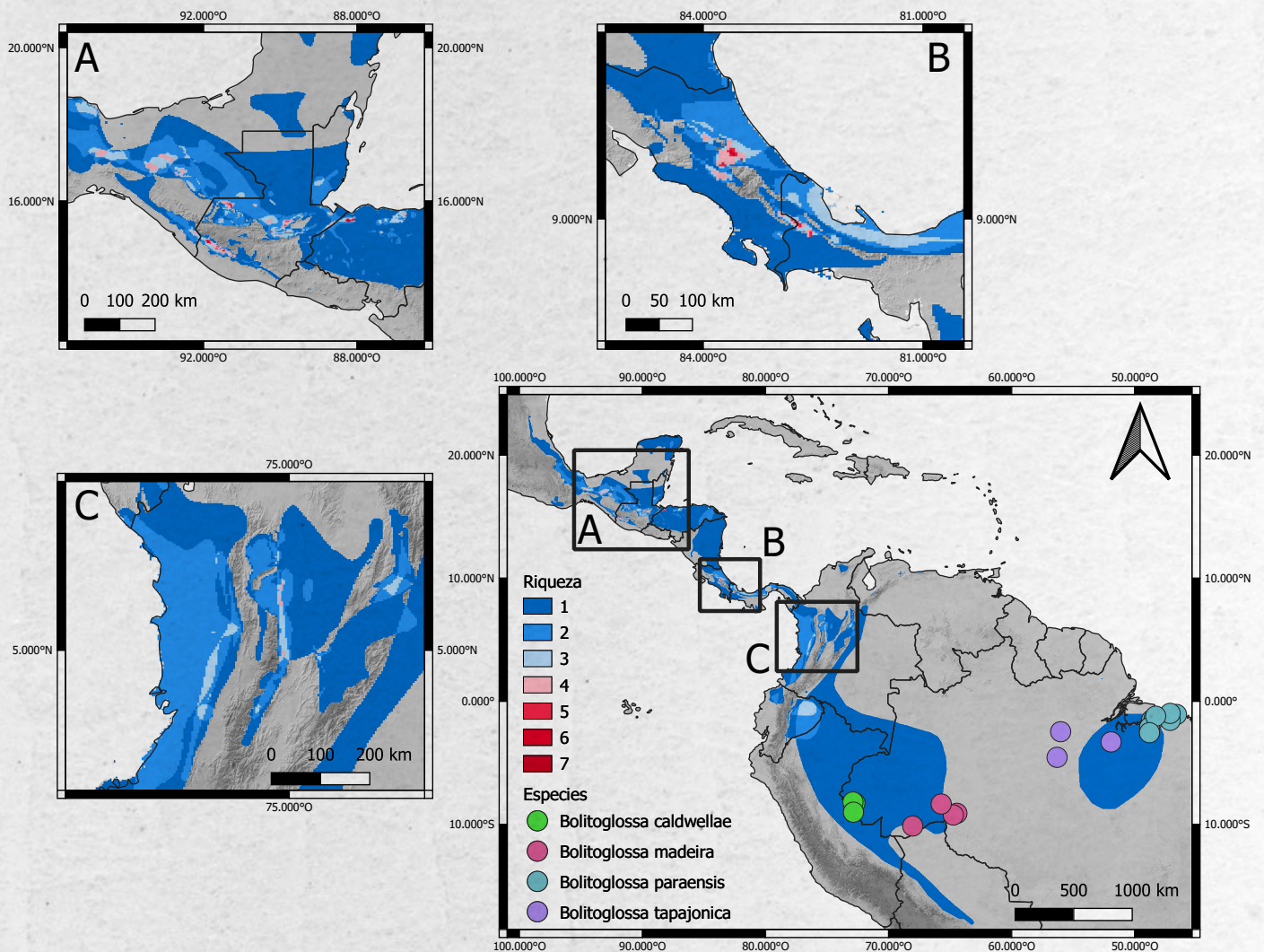


## Gênero *Bolitoglossa*

*Bolitoglossa* é o único gênero de salamandras com ocorrência no Brasil (Frost 2021). Somando as espécies brasileiras aos demais bolitoglossíneos são contabilizadas 136 espécies, o que torna *Bolitoglossa* o gênero mais especioso dentre Caudata (Frost 2021). Em adição à riqueza de espécies, *Bolitoglossa* é o gênero mais amplamente distribuído dentre as salamandras (Frost 2021). Ocorre desde o nordeste do México, passando pela América Central, Colômbia, Venezuela, Equador, Peru, ao longo da bacia Amazônica, atingindo seu limite à leste no Estado do Pará, e limite ao sul, nas montanhas da Bolívia (Figura 3) (Parra-Olea et al. 2004, Brcko et al. 2013). Podem ocupar variados ambientes, desde áreas montanhosas, a mais de 4.000 metros acima do nível do mar à florestas úmidas de planícies (Wake e Lynch 1976, Parra-Olea et al. 2004).

Apesar da ampla distribuição, registra-se maior concentração de espécies em áreas florestadas da Mesoamérica (até sete espécies ocorrendo no mesmo local no México, Honduras, Costa Rica e Panamá) e América do Sul (até quatro espécies no norte da Colômbia) (Figura 3) (Jaramillo et al. 2020, Frost 2021). Somente nas florestas da América Central são registradas mais de 100 espécies apenas do gênero *Bolitoglossa* (Jaramillo et al. 2020, Frost 2021). Nas florestas da América do Sul, são contabilizadas 36 espécies (Frost 2021), e este número cresce à medida que novas pesquisas são realizadas (Jaramillo et al. 2020). Em uma última revisão do gênero, mais 42 candidatas a novas espécies foram reveladas, o que torna a América do Sul um novo centro de diversidade de salamandras, abrigando 15% de todas as espécies do mundo (Jaramillo et al. 2020). Os resultados da última revisão taxonômica de *Bolitoglos-*

*sa* somado a de outros estudos revelam uma alta diversidade críptica de linhagens em áreas relativamente pequenas nos Andes e na bacia Amazônica (Elmer et al. 2013, Jaramillo et al. 2020). Portanto, é possível afirmar que a riqueza de espécies de salamandras na América do Sul está seriamente subestimada, e em grande parte devido a lacuna de amostragem e ampla similaridade morfológica (Brcko et al. 2013, Elmer et al. 2013, Cusi et al. 2020, Jaramillo et al. 2020). A radiação adaptativa dos bolitoglossíneos resultou em uma extensa invasão de habitats arbóreos (Wake 1987) e fossoriais (Wake 1966, Wake e Lynch 1976), que estão diretamente relacionadas com uma série de transformações na morfologia dessas salamandras (Wake e Brame Jr. 1963, Wake 1966, Wake e Lynch 1976). A maioria das radiações adaptativas envolve diversificação da locomoção (por exemplo, especialização vertebral, cauda, membro e dedos), alimentação (por exemplo, mandíbula, dentes e especialização da língua) e história de vida (deposição de ovo, estágios larvais, desenvolvimento direto). No entanto, os bolitoglossíneos compartilham do mesmo sistema especializado de alimentação e história de vida, impondo restrições na evolução estrutural e funcional desse grupo, levando a graus elevados de homoplasia (semelhança estrutural decorrente de paralelismo ou convergência evolutiva, e não de ancestralidade comum) (Wake 1966, 1987, 1991, 2009). Portanto, as adaptações mais relevantes estão relacionadas à locomoção, como o desenvolvimento de extensas membranas interdigitais nas mãos e pés e uma acentuada redução do tamanho corporal dos adultos (Wake e Brame Jr. 1963, Wake e Lynch 1976, Alberch e Alberch 1981). Estas características, normalmente, são associadas aos hábitos arborícola e semi-arborícola inerentes dessas espécies (Alberch 1981).



**Figura 3.** Mapa de riqueza e distribuição geográfica de espécies do gênero *Bolitoglossa*, com base na IUCN, com destaque para três áreas do Neotrópico e para as espécies brasileiras. A. Golfo do México; B. América Central; C. Vales interandinos do norte e Chocó.

### Filogenia, sistemática e biogeografia de *Bolitoglossa*

As primeiras hipóteses a partir de uma perspectiva evolutiva das espécies de *Bolitoglossa* foram baseadas predominantemente em semelhanças morfológicas, dentre elas, as similaridades no formato da cabeça e dos dígitos das mãos e pés, número de dentes maxilares, proporções das extremidades dos membros e os hábitos ecológicos. Baseando-se nestas características, Wake e Lynch (1976) propuseram a organização dos bolitoglossíneos em 16 grupos fenéticos, ou grupo de espécies. Esta classificação sofreu modificações à medida que ocorreram descrições de novos grupos, novas espécies e realocação de espécies entre os grupos (Wake e Brame Jr. 1963). Além disso, para complicar um pouco mais, Wake e Lynch (1976), subordinaram os grupos de espécies propostos a uma classificação subgenérica entre grupo “alpha” e grupo “beta” com

base nas características osteológicas das vértebras. De acordo com essa classificação, todas as espécies da América do Sul foram incluídas no grupo “alpha” (Wake e Lynch 1976).

Com o avanço das técnicas moleculares, Hanken e Wake (1982) propuseram a primeira hipótese filogenética entre os bolitoglossíneos. Dentre os principais resultados encontrados, as espécies da América do Sul foram recuperadas dentro de um grupo único, ou monofilético, e proximamente relacionado com o grupo *Bolitoglossa subpalmata*, com ocorrência na América Central (Hanken e Wake 1982). A partir do ano 2000, foram publicados os primeiros estudos com o uso de sequências de DNA focando na avaliação da diversidade críptica e relações filogenéticas dos grupos de espécies de *Bolitoglossa* da Costa Rica e México (García-París et al. 2000a, b). Apenas em 2004, Parra-Olea et al. propuseram a primeira filo-

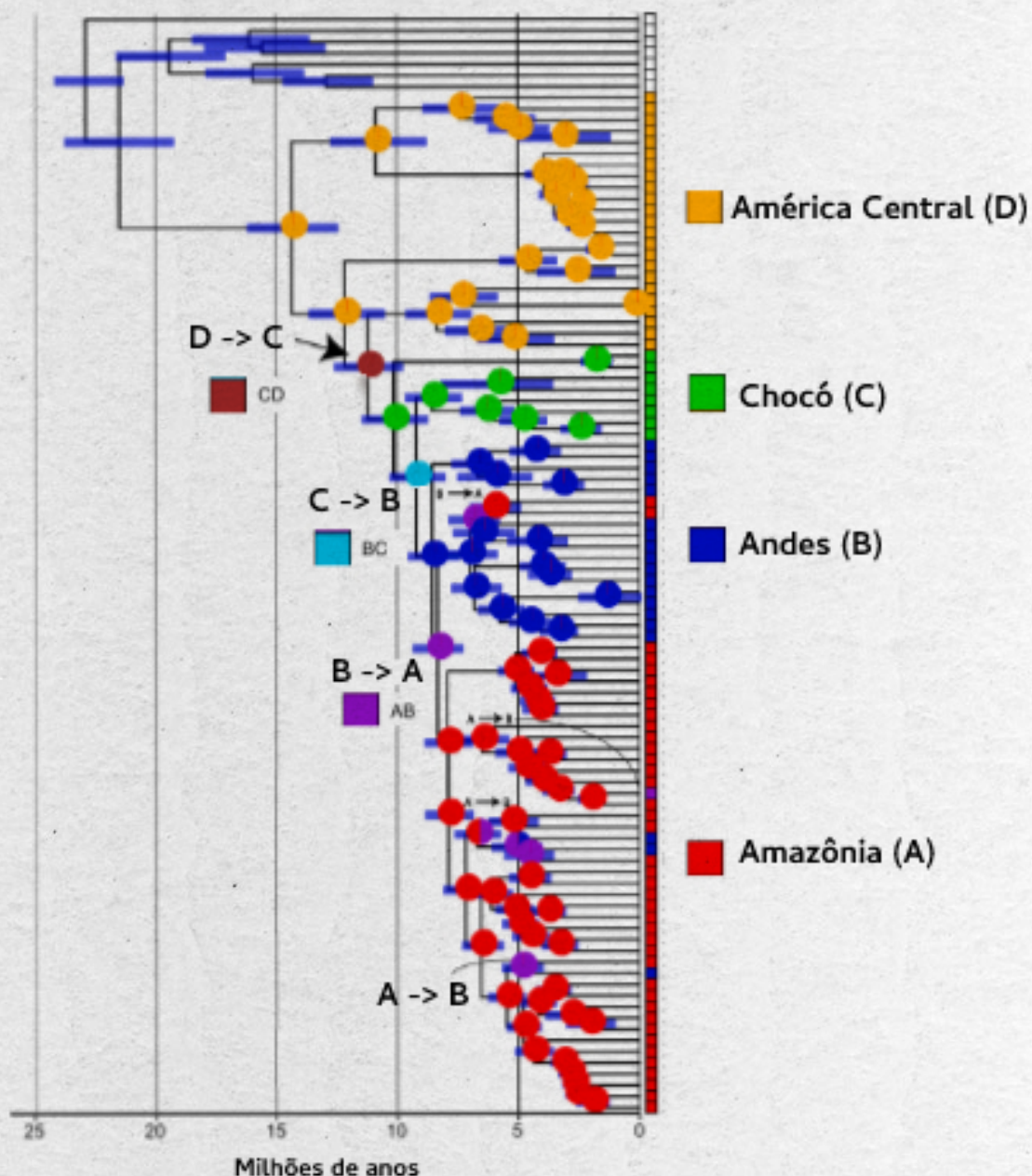
genia molecular completa de *Bolitoglossa*. Neste importante trabalho, foram avaliadas as hipóteses de classificação taxonômica antecedentes e as relações evolutivas dos grupos de espécies. Dos 16 grupos de espécies inicialmente propostos por Wake e Lynch (1976), apenas quatro corresponderam a clados evolutivos. No entanto, a grande maioria dos grupos se mostrou parafilético, incluindo a classificação subgenérica dos grupos “alpha” e “beta” de Wake e Lynch (1976). Em vista desses resultados, o gênero *Bolitoglossa* foi reorganizado em sete subgêneros, dos quais quatro correspondem aos antigos grupos de espécies: *B. mexicana* (subgen. *Bolitoglossa*), *B. vera-crusis* (subgen. *Mayamandra*), *B. rufescens* (subgen. *Nanotriron*) e grupo *B. macrinii* (subgen. *Oaxakia*). As relações filogenéticas recuperaram em um único clado monofilético as espécies da América do Sul, as quais passaram a integrar o grupo *B. adspersa* (Parra-Olea et al. 2004). Por sua vez, o grupo *B. adspersa* foi recuperado como irmão do grupo *B. schizodactyla*, e ambos foram associados ao subgênero *Eladinea* (Parra-Olea et al. 2004). Neste estudo, as populações de *Bolitoglossa* do Brasil passaram a ser nomeadas de *Bolitoglossa paraensis*. Após Parra-Olea et al. (2004), poucos estudos têm focado nas relações filogenéticas das espécies de *Bolitoglossa* (Pyron e Wiens 2011, Acevedo et al. 2013, Elmer et al. 2013, García-Gutiérrez et al. 2013, Batista et al. 2014, Rovito et al. 2015). Esses estudos também apresentaram limitação de amostragem taxonômica e incongruência de resultados, principalmente pelos distintos métodos de reconstrução filogenética implementados que impossibilitam a comparação entre eles. Em vista disso, e a crescente acumulação de dados genéticos e descrição de novas espécies, Jaramillo et al. (2020) compilaram toda a informação disponível para *Bolitoglossa* (73% da diversidade do gênero). Com esses dados, propuseram uma nova hipótese filogenética, com enfoque para as espécies da América do Sul, em especial, da Amazônia. Surpreendentemente, foram recuperados como monofiléticos todos os subgêneros e grupos de espécies propostos por Parra-Olea et al. (2004). As espécies da América do Sul foram novamente recuperadas em um único clado, o grupo *B. adspersa* (Parra-Olea et al. 2004). Curiosamente, as espécies com distribuição dentro de uma mesma área biogeográfica (por exemplo: Amazônia, Andes e Chocó) foram recuperadas como filogeneticamente mais próximas entre si do que com as espécies de outras regiões (Figura 3).

No que se refere aos processos históricos e biogeográficos que deram origem a diversidade atual de *Bolitoglossa* pouco se conhece, porém associa-se às Montanhas Apalaches o surgimento de parte da diversidade dos pletodontídeos, e possivelmente de *Bolitoglossa* (Kozak et al. 2006, Wiens et al. 2006, Vieites et al. 2007, Shen et al. 2016). A diversificação dos bolitoglossíneos teria ocorrido primariamente, em áreas focais, no sul do México e planaltos da Costa Rica e Panamá, e de forma secundária e mais recente na América do Sul (Wake e Lynch 1976, Elmer et al. 2013). Os bolitoglossíneos teriam chegado ao México no período em que o planeta sofreu um esfriamento global o que favoreceu a ampliação de florestas de coníferas do hemisfério norte (ou ártico) para o sul do continente, levando consigo muita da fauna associada às florestas (Wake e Brame Jr. 1963), incluído o ancestral comum mais recente de *Bolitoglossa*. Esta hipótese é chamada de “Arcto-Tertiary Geoflora” proposta por Axelrod (1960). Dunn (1926), estimou que a migração para os trópicos da América do Norte tenha ocorrido entre o Mioceno Superior e o Plioceno. Durante a diversificação e colonização de *Bolitoglossa* para o neotrópico, a adaptação às condições quentes e úmidas das terras baixas resultou em evolução para maiores membranas interdigitais e hábitos arbóreos (Wake 1966, Wake e Lynch 1976). Aparentemente, esta adaptação ocorreu múltiplas vezes de forma independente ao longo do gênero, enquanto dentre as espécies de montanhas, foi mantida uma morfologia mais primitiva e generalista (Wake e Lynch 1976).

A colonização da América do Sul pelos bolitoglossíneos tem sido amplamente discutida ao longo do tempo em vários estudos (Dunn 1926, Darlington 1957, Wake e Brame Jr. 1963, Wake 1966, Wake e Lynch 1976, Hanken e Wake 1982, Parra-Olea et al. 2004, Elmer et al. 2013, Jaramillo et al. 2020). Todos os estudos têm sido unânimes em sugerir a chegada das salamandras à América do Sul como resultado de eventos de dispersão a partir da América Central, mas resultados divergem quanto ao número de eventos de dispersão ocorridos e quando teriam ocorrido. Parra-Olea et al. (2004) forneceram a primeira evidência em direção às respostas para estas perguntas. Dentre os resultados, foi sugerido que a chegada das salamandras à América do Sul teria ocorrido entre 35,8 e 12,5 MA a partir de um único

evento de dispersão. Elmer et al. (2013), em estudo posterior, usando dados de sequências de DNA de espécimes procedentes principalmente de localidades nos Andes e na região da alta Bacia Amazônica, encontraram resultados similares. Estimou-se que a partir de um único evento de dispersão há 23,6 MA, ocorreu a colonização das salamandras no continente Sul-Americano. O estudo mais recente de Jaramillo et al. (2020), demonstra que um único evento dispersor, ocorrido entre 14,7 e 9,4 MA, ocasionou a colonização da América do Sul. Esse evento teria ocorrido no mesmo período do fechamento do

Istmo do Panamá (Montes et al. 2015). Neste último estudo, focou-se pela primeira vez em como ocorreu a diversificação das espécies da América do Sul. Análises biogeográficas evidenciam que as colonizações ocorreram apenas uma vez a partir de áreas biogeográficas adjacentes, ou seja, do Chocó para os Andes, e dos Andes para a Amazônia. Adicionalmente, identifica-se a Amazônia como região dispersora, de onde teriam ocorrido pelo menos três eventos de dispersão (ou regressão) em retorno aos Andes (Jaramillo et al. 2020) (Figura 4).



**Figura 4.** Relações filogenéticas, datação e reconstrução de áreas ancestrais do grupo *Bolitoglossa adspersa* (subgênero *Eladinae*). As setas indicam a colonização para América do Sul e os eventos de dispersão dentre as maiores áreas biogeográficas da América do Sul. Modificado de Jaramillo et al. (2020).

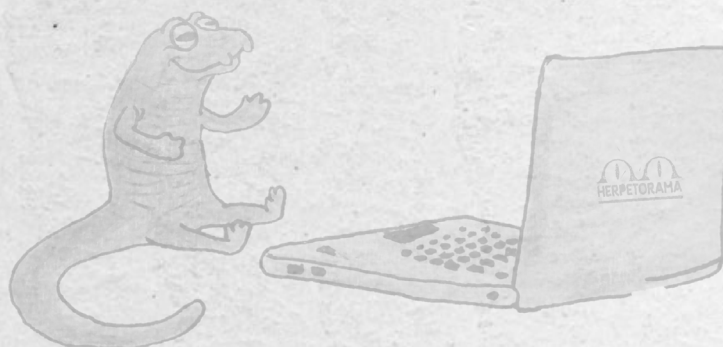
O conhecimento das relações filogenéticas e de biogeografia de *Bolitoglossa* está em crescimento e muitas lacunas ainda precisam ser preenchidas. Por exemplo, grande parte da diversidade de salamandras da América do Sul se encontra na região Andina da Colômbia, Equador e Venezuela, totalizando 18 espécies descritas até o momento. Na análise filogenética mais recente, foram incluídas 11 das 18 espécies, o que resultou no descobrimento de seis espécies novas. Também é plausível que vejamos uma ampliação do número de espécies a partir da avaliação taxonômica de espécies com ampla distribuição geográfica, como por exemplo *B. adspersa*, *B. nicefori*, *B. pandi*, *B. palmata*, *B. valleculea* e *B. walkereri*, como também na exploração de locais novos onde não se tem conhecimento sobre a diversidade. A descoberta da real diversidade vai fornecer dados para obtenção de uma hipótese filogenética mais robusta e dos padrões biogeográficos de *Bolitoglossa*. Por outro lado, o estudo dos padrões microevolutivos da diversificação dos bolitoglossíneos pode resultar em importantes descobertas para a biogeografia da América do Sul. Por exemplo, para a região Amazônica, existem pelo menos seis hipóteses ou modelos de diversificação ou especiação que explicam a atual diversidade de espécies na região (Hoorn et al. 2010). No entanto, estas hipóteses não foram testadas à luz da diversidade de salamandras sul-americanas.

### *Salamandras do Brasil*

Até 2013 *Bolitoglossa paraensis* era reconhecida como única salamandra a ocorrer em território brasi-

leiro (Parra-Olea et al. 2004). Esta espécie foi descrita em 1930, após ter sido encontrada em uma região de mata dentro do município de Belém no Pará, daí o seu nome. Um estudo taxonômico posterior avaliando as populações de salamandras brasileiras, adiciona três novas espécies à lista: *B. caldwellae*, *B. madeira* e *B. tapajonica* (Brcko et al. 2013) (Figura 5). E potencialmente ao menos mais quatro novas espécies irão integrar essa lista (Brcko et al. 2013, Cusi et al. 2020, Jaramillo et al. 2020).

Todas as espécies brasileiras ocorrem em regiões de planície na região amazônica, estão associadas a ambientes florestais, e possuem hábitos noturno e semi-arborícola, podendo ser encontradas à noite sobre arbustos nas superfícies de folhas, ou ainda escondidas na serrapilheira no solo (Neckel-Oliveira et al. 2011, Brcko et al. 2013). A espécie *B. paraensis* pode ser encontrada em fragmentos florestais em Belém e em áreas com até 170 km de distância (Brcko et al. 2013). Enquanto *B. tapajonica* se distribui em parte da região oeste do estado do Pará, no interflúvio dos rios Tapajós e Xingu (Brcko et al. 2013). A espécie *B. madeira*, foi descrita com exemplares coletados à margem esquerda do rio Madeira, próximo aos Projetos Hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau, ambos no município de Porto Velho em Rondônia, mas sua distribuição foi ampliada a oeste, no interflúvio dos rios Madeira e Purus, e ao sul, ao município de Rio Branco, no Acre (Brcko et al. 2013, Jaramillo et al. 2020). Finalmente, *B. caldwellae* se distribui na região oeste do estado do Acre, incluindo a área do Parque Nacional Serra do Divisor, no Acre (Brcko et al. 2013) (Figura 3).





**Figura 5.** Salamandras brasileiras. A) *Bolitoglossa tapajonica*. Foto: Jerriane Gomes, B) *B. caldwellae*. Foto: Janalee Caldwell, C) *B. paraensis*. Foto: Fabrício Correa, D) *B. madeira*. Foto: Mauro Teixeira.

As espécies brasileiras são consideradas pequenas, variando de 3 a 5,9 cm de CRC (Brcko et al. 2013). Dentre elas, a menor espécie é *B. caldwellae* (3,5 cm), enquanto *B. madeira* (5,5 cm) é a maior (Brcko et al. 2013). Geralmente, os bõlitoglossíneos apresentam dimorfismo sexual, ou seja, possuem características distintas aparentes entre machos e fêmeas (Houck 1977). Nas espécies brasileiras, como em *B. paraensis*, se conhece que as fêmeas (4 cm, 1,06 gr.) são geralmente maiores e pesadas que os machos (3,5 cm, 0,64 gr.) (Brcko et al. 2013, Neckel-Oliveira et al. 2011). Nesta espécie, são encontradas correlações entre fecundidade e tamanho do corpo em salamandras, ou seja, a medida em que há o aumento no tamanho do corpo há o acréscimo do número de ovos nas fêmeas (Salthe 1969). No entanto, em *B. paraensis*, não se observa correlação entre o CRC das fêmeas e as ninhadas (8- 14 ovos) (Neckel-Oliveira et al. 2011). Além do tamanho e peso com dimorfismo sexual, é observada uma glândula sexual na região mental (queixo) apenas em machos maduros (Neckel-Oliveira et al. 2011, Brcko et al. 2013).

Infelizmente, o conhecimento sobre as espécies brasileiras é extremamente limitado e restrito às informações como o tamanho do corpo e micro hábitat (Neckel-Oliveira et al. 2011, Brcko et al. 2013). Informações adicionais sobre a biologia reprodutiva (Neckel-Oliveira et al. 2011), ecologia (Correa et al. 2012, Correa e Rodrigues 2017) e citogenética (Silva et al. 2014) estão disponíveis apenas para a espécie *B. paraensis*. Portanto, há muito a ser conhecido sobre espécies de salamandras brasileiras já descritas, como as demais que ainda serão reveladas pela ciência.

#### *Conservação das salamandras brasileiras*

A espécie *B. paraensis* é endêmica da Amazônia brasileira e sua extensão de ocorrência calculada é de 373,2 km<sup>2</sup> (ICMBio/MMA 2018). É localmente comum, mas conhecida apenas em poucos fragmentos da região metropolitana de Belém, Pará, como o Parque Ecológico do Utinga. As florestas da região de ocorrência encontram-se bastante desmatadas e fragmentadas, isolando as subpopulações da espécie (ICMBio/MMA 2018). Como consequência do

declínio da qualidade de hábitat a espécie *B. parensis* atualmente está categorizada como vulnerável (VU) (ICMBio/MMA 2018). *B. tapajonica* se distribui em áreas nas duas margens do rio Tapajós no município de Itaituba, e margem esquerda do rio Xingu, em Vitória do Xingu. Ambas as localidades estão situadas no oeste do estado do Pará e sofrem forte influência de grandes empreendimentos como a mineradora ALCOA, e a UHE de Belo Monte (Brcko et al. 2013). A localidade-tipo de *B. caldwellae* (Porto Walter -AC), encontra-se completamente modificada pela pecuária e expansão da área urbana. A distribuição da espécie se expande para o interior do Parque Nacional Serra do Divisor, divisa do Acre com o Peru. A ocorrência de *B. caldwellae* dentro de áreas protegidas oferece à espécie proteção às subpopulações. No entanto, em relatório de vulnerabilidade da biodiversidade brasileira recentemente publicado se prevê que até 2050 em decorrência das mudanças climáticas as áreas adequadas para a existência da espécie *B. caldwellae* sofrerá uma redução de 94 a 100% (Françoso 2019). A espécie *B. madeira* foi primeiramente descoberta em áreas próximas das UHEs de Jirau e Santo Antônio em Rondônia. Mas estudos posteriores apontam possível ampliação de distribuição da espécie, com ocorrência no interflúvio Madeira – Purus, no Amazonas, e no município de Rio Branco, Acre (Venâncio e Souza 2016, Jaramillo et al. 2020). No entanto, são necessários estudos taxonômicos adicionais para confirmar essa ampliação.

Desde 1980, pesquisadores apontam para um declínio da população de anfíbios ao redor do mundo e, pelo menos, 41% de todas as espécies correm o risco de extinção (IUCN 2021). Os principais causadores da perda da biodiversidade são a superexploração, introdução de espécies exóticas, destruição de hábitat, alteração e fragmentação de hábitat, mudanças climáticas e a doença fúngica quitridiomíose (Stuart et al. 2004, Lips et al. 2006). A redução de hábitat e o declínio enigmático (causas desconhecidas) são apontados como principais causadores da diminuição da biodiversidade de plethodontídeos (Stuart et al. 2004). O chamado declínio enigmático tem aumentado especialmente nos países da América do Sul, incluindo o Brasil, onde o monitoramento de anfíbios, em especial das salamandras, é deficiente ou inexistente (IUCN 2021). Estudos para a conservação avaliam, dentre outras informações, dados sobre a distribuição, potenciais ameaças e hipóteses filogenéticas das espécies, e, portanto, a deficiência dessas informações impede que boas políticas de conservação sejam implementadas (Oliveira et al. 2017). Portanto, o primeiro passo é gerar e compilar dados de campo diretamente dos espécimes no seu entorno natural, como coletas de exemplares e amostras de tecido, observação de comportamento reprodutivos, especialmente em áreas subamostradas ou não amostradas, assim como estimativa dos tamanhos populacionais e sua real distribuição. Em seguida, é necessário estudar a variação geográfica e populacional dentro das espécies incorporando técnicas integrativas para uma melhor delimitação das espécies (Peloso 2010).

## Referências

- Acevedo, A. A., Wake, D. B., Márquez, R., Silva, K., Franco, R. e Amézquita, A. 2013. Two new species of Salamanders, Genus *Bolitoglossa* (Amphibia: Plethodontidae), from the Eastern Colombian Andes. *Zootaxa* 3609: 69–84.
- Alberch, P. 1981. Convergence and Parallelism in Foot Morphology in the Neotropical Salamander Genus *Bolitoglossa*. I. Function. *Evolution* 35: 84–100.
- Alberch, P. e Alberch, J. 1981. Heterochronic mechanisms of morphological diversification and evolutionary change in the neotropical salamander, *Bolitoglossa occidentalis* (Amphibia: Plethodontidae). *Journal of Morphology* 167: 249–264.
- Axelrod, D. I. 1960. The evolution of flowering plants. Pp. 227–305 In Tax, S. (ed.), *Evolution After Darwin. The Evolution of life*. Chicago, Chicago University Press.
- Batista, A., Köhler, G., Mebert, K. e Veselý, M. 2014. A new species of *Bolitoglossa* (Amphibia: Plethodontidae) from eastern Panama, with comments on other members of the *adspersa* species group from eastern Panama. *Meosamerican Herpetology* 1: 97–121.
- Beachy, C. K. e Bruce, R. C. 1992. Lunglessness in Plethodontid salamanders is consistent with the hypothesis of a Mountain Stream origin: a response to Ruben e Boucot. *The American Naturalist* 139: 839–847.

- Beneski Jr., J. T., Larsen, J. H. Jr. e Miller, B. T. 1995. Variation in the feeding kinematics of mole salamanders (Amphibian: Ambystomidae: *Ambystoma*). Canadian Journal of Zoology 73: 353–366.
- Benzing, D. H. 1998. Vulnerabilities of Tropical Forests to climate change: the significance of resident epiphytes. Climatic change 39: 519–540.
- Blankers, T., Adams, D. C. e Wiens, J. J. 2012. Ecological radiation with limited morphological diversification in salamanders. Journal of Evolutionary Biology 25: 634–646.
- Brcko, I. C., Hoogmoed, M. S. e Neckel-Oliveira, S. 2013. Taxonomy and distribution of the salamander genus *Bolitoglossa* Duméril, Bibron e Duméril, 1854 (Amphibia, Caudata, Plethodontidae) in Brazilian Amazonia. Zootaxa 3686: 401.
- Brown, C. E. e Martof, B. S. 1966. The Function of the Naso-Labial Groove of Plethodontid Salamanders. Physiological Zoology 39: 357–367.
- Bruce, R. C. 1998. Nesting habits, eggs, hatchlings of the salamander *Nototriton picadoi* (Plethodontidae: Bolitoglossini). Herpetologica 54: 13–18.
- Chiari, Y., van der Meijden, A., Mucedda, M., Lourenço, J. M., Hochkirch, A. e Veith, M. 2012. Phylogeography of Sardinian cave salamanders (genus *Hydromantes*) is mainly determined by geomorphology. PLoS ONE 7: 1–15.
- Chippindale, P. T., Bonett, R. M., Baldwin, A. S. e Wiens, J. J. 2004. Phylogenetic evidence for a major reversal of life-history evolution in plethodontid salamanders. Evolution 58: 2809–2822.
- Correa, F. S., Neckel-Oliveira, S. e Rodrigues, L. C. 2012. Influence of Climatic Variables on the Abundance of a Brazilian Salamander (*Bolitoglossa paraensis*) in Santa Bárbara Do Pará, Brazil. South American Journal of Herpetology 7: 41–46.
- Correa, F. S. e Rodrigues, L. C. 2017. On the distribution of neotropical climbing salamanders (*Bolitoglossa paraensis*) in a forest fragment of the eastern amazon. Salamandra 53: 445–450.
- Cusi, J. C., Gagliardi-Urrutia, G., Brcko, I. C., Wake, D. B. e Von May, R. 2020. Taxonomic status of the Neotropical salamanders *Bolitoglossa altamazonica* and *Bolitoglossa peruviana* (Amphibia: Caudata: Plethodontidae), with the description of a new species from Northern Peru. Zootaxa 4834: 365–406.
- Darlington, P. J. 1957. Zoogeography: The Geographical Distribution of Animals. New York. Wiley. 675 p.
- Deban, S. M. e Marks, S. B. 2002. Metamorphosis and evolution of feeding behaviour in salamanders of the family Plethodontidae. Zoological Journal of the Linnean Society 134: 375–400.
- Deban, S. M., O'Reilly, J. C., Dicke, U. e Van Leeuwen, J. L. 2007. Extremely high-power tongue projection in plethodontid salamanders. Journal of Experimental Biology 210: 655–667.
- Deban, S. M., Scales, J. A., Bloom, S. V., Easterling, C. M., O'Donnell, M. K. e Olberding, J. P. 2020. Evolution of a high-performance and functionally robust musculoskeletal system in salamanders. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 117: 10445–10454.
- Diefenbacher, E. H. 2008. Comparing digit morphology of an arboreal salamander with potential competitors. Tese. Pp. 1–52. Marshall University.
- Duellman, W. E. e Trueb, L. 1986. Biology of Amphibians. New York, St. Louis e San Francisco. McGraw-Hill Co. 670 p.
- Dunn, E. R. 1926. The salamanders of the family Plethodontidae. Northampton. S. College. 477 p.
- Elmer, K. R., Bonett, R. M., Wake, D. B. e Loughheed, S. C. 2013. Early Miocene origin and cryptic diversification of South American salamanders. BMC Evolutionary Biology 13: 1–16.
- Feder, M. E. e Lynch, J. F. 1982. Effects of latitude, season, elevation, and microhabitat on field body temperatures of neotropical and temperate zone salamanders. Ecology 63: 1657–1664.



- Françoso, R. 2019. Efeitos da mudança do clima sobre a biodiversidade: vulnerabilidade da biodiversidade brasileira às mudanças climáticas. Brasília, DF.
- Frost, D. R. (ed.). 2021. Amphibian Species of the World: an Online Reference. version 6.1 (12/08/2022). Eletronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. American Museum of Natural History, New York, USA.
- García-Gutiérrez, J., Escalona, M., Mora, A., De Pascual, A. D. e Fermin, G. 2013. A new species of salamander (Caudata: Plethodontidae, *Bolitoglossa*) from Sierra Nevada de Mérida, Venezuela. *Zootaxa* 3620: 179–191.
- García-París, M., Good, D. A., Parra-Olea, G. e Wake, D. B. 2000a. Biodiversity of Costa Rican salamanders: implications of high levels of genetic differentiation and phylogeographic structure for species formation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97: 1640–1647.
- García-París, M., Parra-Olea, G. e Wake, D. B. 2000b. Phylogenetic Relationships Within the Lowland Tropical Salamanders of the *Bolitoglossa mexicana* Complex (Amphibia: Plethodontidae). Pp. 199–214 In R. C. Bruce, Jaeger, R. G., Houck, L. D. (eds.), *The Biology of Plethodontid Salamanders*. New York. Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Hairston, N. G. 1949. The local distribution and ecology of the Plethodontid salamanders of the southern Appalachians. *Ecological Monographs* 19: 47–73.
- Hanken, J. e Wake, D. B. 1982. Genetic differentiation among Plethodontid salamanders (genus *Bolitoglossa*) in Central and South America: implications for the South American Invasion. *Herpetologica* 38: 272–287.
- Hoorn, C., Wesselingh, F. P., ter Steege, H., Bermudez, M. A., Mora, A., Sevink, J., Sanmartín, I., Sanchez-Meseguer, A., Anderson, C. L., Figueiredo, J. P., Jaramillo, C., Riff, D., Negri, F. R., Hooghiemstra, H., Lundberg, J., Stadler, T., Särkinen, T. e Antonelli, A. 2010. Amazonia through time: andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity. *Science AAAS* 330: 927–931.
- Houck, L. D. 1977. Reproductive Biology of a Neotropical Salamander, *Bolitoglossa rostrata*. *Copeia* 1977: 70–83.
- ICMbio/MMA. 2018. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume V- Anfíbios. 1 (ed.). Brasília. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 495 p.
- IUCN. 2021. Species Survival Commission, Conservation International Center for Applied Biodiversity Science. Version 2021-3 (16/04/2021). IUCN Global Amphibian Assessment. Electronic Database accessible at <http://www.globalamphibians.org>.
- Jaeger, R. G. 1978. Plant climbing by salamanders: periodic availability of plant-dwelling prey. *Copeia* 1978: 686–691.
- Jaramillo, A. F., De La Riva, I., Guayasamin, J. M., Chaparro, J. C., Gagliardi-Urrutia, G., Gutiérrez, R. C., Brcko, I., Vilà, C. e Castroviejo-Fisher, S. 2020. Vastly underestimated species richness of Amazonian salamanders (Plethodontidae: *Bolitoglossa*) and implications about plethodontid diversification. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 149: 106841.
- Kozak, K. H., Weisrock, D. W. e Larson, A. 2006. Rapid lineage accumulation in a non-adaptive radiation: phylogenetic analysis of diversification rates in eastern North American woodland salamanders (Plethodontidae: Plethodon). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 273: 539–546.
- Lewis, Z. R., Dorantes, J. A. e Hanken, J. 2018. Expression of a novel surfactant protein gene is associated with sites of extrapulmonary respiration in a lungless salamander. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285: 1–9.
- Lips, K. R., Brem, F., Brenes, R., Reeve, J. D., Alford, R. A., Voyles, J., Carey, C., Livo, L., Pessier, A. P. e Collins, J. P. 2006. Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103: 3165–3170.

- Lombard, R. E. e Wake, D. B. 1976. Tongue evolution in the lungless salamanders, family Plethodontidae. I. Introduction, theory and a general model of dynamics. *Journal of Morphology* 148: 265–286.
- Lombard, R. E. e Wake, D. B. 1986. Tongue evolution in the lungless salamanders, family Plethodontidae. IV. Phylogeny of Plethodontid salamanders and the evolution of feeding dynamics. *Systematic Zoology* 35: 532–551.
- Marks, S. B. e Collazo, A. 1998. Direct development in *Desmognathus aeneus* (Caudata: Plethodontidae): a staging table. *Copeia* 1998: 637–648.
- Marvin, G. A. 2003. Aquatic e terrestrial locomotor performance in a semiaquatic Plethodontid salamander (*Pseudotriton ruber*): influence of acute temperature, thermal acclimation, and body size. *Copeia* 2003: 704–713.
- Mcentire, K. D. 2016. Arboreal ecology of Plethodontidae: a review. *Copeia* 2016: 124–131.
- Miller, B. T. e Larsen Jr., J. H. 1990. Comparative kinematics of terrestrial prey capture in Salamanders and newts (Amphibia: Urodela: Salamandridae). *Journal of Experimental Zoology* 256: 135–153.
- Montes, C., Cardona, A., Jaramillo, C., Pardo, A., Silva, J. C., Valencia, V., Ayala, C., Pérez-Angel, L. C., Rodríguez-Parra, L. A., Ramirez, V. e Niño, H. 2015. Middle Miocene closure of the Central American Seaway. *Science* 348: 226–229.
- Nadkarni, N. M. e Solano, R. 2002. Potential effects of climate change on canopy communities in a tropical cloud forest: an experimental approach. *Oecologia* 131: 580–586.
- Neckel-Oliveira, S., Sarmiento, J. F. M., Galatti, U., Suárez, P., Lima, C., Lima, A. A. e Fáveri, S. B. 2011. Reproductive traits of the Brazilian salamander *Bolitoglossa paraensis* (Urodela: Plethodontidae). *Copeia* 2011: 457–462.
- Oliveira, U., Soares-Filho, B. S., Paglia, A. P., Brescovit, A. D., De Carvalho, C. J. B., Silva, D. P., Rezende, D. T., Leite, F. S. F., Batista, J. A. N., Barbosa, J. P. P., Stehmann, J. R., Ascher, J. S., De Vasconcelos, M. F., De Marco, P., Löwenberg-Neto, P., Ferro, V. G. e Santos, A. J. 2017. Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. *Scientific Reports* 7: 1–9.
- Parra-Olea, G., García-París, M. e Wake, D. B. 2004. Molecular diversification of salamanders of the tropical American genus *Bolitoglossa* (Caudata: Plethodontidae) and its evolutionary and biogeographical implications. *Biological Journal of the Linnean Society* 81: 325–346.
- Peloso, P. L. V. 2010. A safe place for amphibians? A cautionary tale on the taxonomy and conservation of frogs, caecilians, and salamanders in the Brazilian Amazonia. *Sociedade Brasileira de Zoologia* 27: 667–673.
- Petranka, J. W. 1998. Salamanders of the United States and Canada. Washington and London. Smithsonian Institution Press. 592 p.
- Pough, H. F. e Janis, C. M. 2019. *Vertebrate Life*. New York. Oxford University Press. 624 p.
- Pyron, R. A. e Wiens, J. J. 2011. A large-scale phylogeny of Amphibia including over 2800 species, and a revised classification of extant frogs, salamanders, and caecilians. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 61: 543–583.
- Rovito, S. M., Parra-Olea, G., Recuero, E. e Wake, D. B. 2015. Diversification and biogeographical history of Neotropical Plethodontid salamanders. *Zoological Journal of the Linnean Society* 175: 167–188.
- Ruben, J. A. e Boucot, A. J. 1989. The origin of the lungless salamanders (Amphibia: Plethodontidae). *American Naturalist* 134: 161–169.
- Salthe, S. N. 1969. Reproductive modes and the number and sizes of ova in the Urodeles. *American Midland Naturalist* 81: 467–490.
- Schoch, R. R., Werneburg, R. e Voigt, S. 2020. A Triassic stem-salamander from Kyrgyzstan and the origin of sala-

- manders. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 117: 11584–11588.
- Shen, X. X., Liang, D., Chen, M. Y., Mao, R. L., Wake, D. B. e Zhang, P. 2016. Enlarged multilocus data set provides surprisingly younger time of origin for the Plethodontidae, the largest family of salamanders. Systematic Biology 65: 66–81.
- Silva, J. B. da, Suárez, P., Nagamachi, C. Y., Carter, T. F. e Pieczarka, J. C. 2014. Cytogenetics of the Brazilian *Bolitoglossa paraensis* (Unterstein, 1930) salamanders (Caudata, Plethodontidae). Genetics and Molecular Biology 37: 526–529.
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L. e Waller, R. W. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. Science 306: 1783–1786.
- Titus, T. A. e Larson, A. 1996. Molecular phylogenetics of desmognathine salamanders (Caudata: Plethodontidae): a reevaluation of evolution in ecology, life history, and morphology. Systematic Biology 45: 451–472.
- Venâncio, N. M. e de Souza, M. B. 2016. Anfíbios do Parque Ambiental Chico Mendes, Rio Branco – Acre, Brasil. Biotemas 29: 85.
- Vieites, D. R., Min, M. S. e Wake, D. B. 2007. Rapid diversification and dispersal during periods of global warming by Plethodontid salamanders. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 104: 19903–19907.
- Vitt, L. J. e Caldwell, J. P. 2014. Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. London and San Diego. Academic Press. 776 pp.
- Wake, D. B. 1966. Comparative osteology and evolution of the lungless salamanders, family Plethodontidae. Memoirs of the Southern California Academy of Sciences 4: 1–111.
- Wake, D. B. 1987. Adaptive radiation of salamanders in Middle American cloud forests. Annals of the Missouri Botanical Garden 74: 242.
- Wake, D. B. 1991. Declining amphibian populations. Science 253:860.
- Wake, D. B., Hadly, E. A. e Ackerly, D. D. 2009. Biogeography, changing climates, and niche evolution. Proceedings of the National Academy of Sciences 106: 19631–19636.
- Wake, D. B. 2012. Taxonomy of salamanders of the family Plethodontidae (Amphibia: Caudata). Zootaxa 3484: 75–82.
- Wake, D. B. e Brame Jr, A. H. 1963. The status of the Plethodontid salamander genera *Bolitoglossa* and *Magnadigita*. Copeia 1963: 382–387.
- Wake, D. B. e Dresner, I. G. 1967. Functional morphology and evolution of tail autotomy in salamanders. Journal of Morphology 122: 265–305.
- Wake, D. B. e Hanken, J. 1996. Direct development in the lungless salamanders: what are the consequences for developmental biology, evolution and phylogenesis? International Journal of Developmental Biology 40: 859–869.
- Wake, D. B. e Lynch, J. F. 1976. The distribution, ecology, and evolutionary history of Plethodontid salamanders in tropical America. Natural History Museum of Los Angeles County 25: 1–65.
- Wiens, J. J., Engstrom, T. N. e Chippindale, P. T. 2006. Rapid diversification, incomplete isolation, and the “Speciation Clock” in North American salamanders (Genus *Plethodon*): testing the hybrid swarm hypothesis of rapid radiation. Evolution 60: 2585–2603.
- Zhang, P. e Wake, D. B. 2009. Higher-level salamander relationships and divergence dates inferred from complete mitochondrial genomes. Molecular Phylogenetics and Evolution 53: 492–508.



*Amphisbaena alba*  
Foto: Thiago Silva-Soares

# ANFISBÊNIOS DO BRASIL

Síria Ribeiro<sup>1, 2, 3, 4</sup> & Jady Monique Pimenta Eleutério<sup>1, 3</sup>.

<sup>1</sup>Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal, Instituto de Ciências da Educação, Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera Paz, s/n, Salé, 68040-255, Santarém, Pará, Brasil.

<sup>2</sup>Centro de Formação Interdisciplinar, Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera Paz, s/n, Salé, 68040-255, Santarém, Pará, Brasil.

<sup>3</sup>Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia da Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera Paz, s/n, Salé, 68040-255, Santarém, Pará, Brasil.

<sup>4</sup>E-mail: siherp@hotmail.com

Leia ou clique no código para assistir a palestra desse capítulo na Herpetorama!



## Resumo

Amphisbaenia é um grupo de répteis escamados que possuem hábitos fossoriais, conhecidos popularmente como cobra-cega, cobra-de-duas-cabeças, cobra-branca, moiacica e “worm lizard” (lagarto verme). O grupo é monofilético e representado por seis famílias: Amphisbaenidae (única que ocorre na América do Sul), Bipedidae, Blanidae, Cadeidae, Rhineuridae e Trogonophidae. A diversidade de anfisbênidos brasileiros é representada por três gêneros: Amphisbaena, Leposternon e Mesobaena. O gênero Amphisbaena é o mais diversificado morfologicamente e rico em espécies, representado por 102 espécies válidas, distribuídas nas América do Sul e Central, sendo 70 registradas para o Brasil. Leposternon é representado por 11 espécies válidas, sendo 10 registradas no Brasil. Mesobaena é representado por duas espécies, ambas Amazônicas, sendo *M. rhachicephala* endêmica da Amazônia brasileira. A riqueza de anfisbênidos brasileiros atualmente é representada 81 espécies que apresentam ampla distribuição nos biomas brasileiros. O Cerrado apresenta registros de 47 espécies, sendo o mais rico em espécies (58,1% da diversidade brasileira); seguido pela Mata Atlântica, com 32 espécies (39,5%); Caatinga, com 25 (30,9%); Amazônia, com 23 (26,4%); Pantanal, com 14 espécies (17,3%); e Pampa, com sete espécies (8,6%). Vinte e três espécies de anfisbênidos brasileiros são conhecidas apenas pela série tipo, dessas 14 (60,1%) foram descritas na última década e sete (30,4%) na primeira década do século XXI. Apesar do crescente número de estudos, os anfisbênidos são subestimados, principalmente pelo hábito fossorial que dificulta sua amostragem, impossibilitando consequentemente estudos de distribuição geográfica, assim como biológicos, ecológicos e taxonômicos. A identificação dos riscos de extinção de espécies e a definição de áreas prioritárias para a conservação dependem desses conhecimentos detalhados para categorizar o estado de conservação das espécies de anfisbênidos.

## Abstract

Amphisbaenia is a group of scaled reptiles with fossorial habits, popularly known as blind snakes, moiacicas, two-headed snakes, white snakes and worm lizards. The group is monophyletic and represented by six families: Amphisbaenidae (present only in South America), Bipedidae, Blanidae, Cadeidae, Rhineuridae and Trogonophidae. Three amphisbaenid genera are known to occur in Brazil: Amphisbaena, Leposternon and Mesobaena. The genus Amphisbaena is the most morphologically diverse and species-rich, being represented by 102 valid species, distributed in South and Central America, with 70 recorded in Brazil. Leposternon is represented by 11 valid species, 10 of which are recorded in Brazil. Mesobaena is represented by two species, both Amazonian, with *M. rhachicephala* being endemic to the Brazilian Amazon. The richness of Brazilian amphisbaenid is currently represented by 81 species that are widely distributed in Brazilian biomes.

The Cerrado has records of 47 species, being the richest in species (58.1% of Brazilian diversity); followed by the Atlantic Forest, with 32 species (39.5%); Caatinga, with 25 (30.9%); Amazon, with 23 (26.4%); Pantanal, with 14 species (17.3%); and Pampa, with seven species (8.6%). Twenty-three species of Brazilian amphisbaenians are known only from the type series, of which 14 (60.1%) were described in the last decade and seven (30.4%) in the first decade of the 21st century. Despite the growing number of studies, it is likely that number of amphisbaenian species remains underestimated, mainly due to the fossorial habit which makes sampling difficult, thus greatly complicating geographical distribution, as well as biological, ecological and taxonomic studies. However, the identification of species extinction risks and the definition of priority areas for conservation depend on such detailed knowledge to categorize the conservation status of amphisbaenian species.

O grupo *Amphisbaenia* (do grego “amphi”, duplo; “baen”, caminhar), juntamente com Serpentes e Lacertília, compõem Squamata (Pyron et al. 2013) e é representado por répteis escamados (Squamata) que possuem hábitos fossoriais, conhecidos popularmente como cobra-cega, cobra-de-duas-cabeças, cobra-branca, moiacica e “worm lizard” (lagarto verme). Os anfisbênios apresentam o corpo alongado e cilíndrico coberto por escamas quadrangulares dispostas em anéis, são ápodes (exceto o gênero *Bipes* Latreille, 1802) e possuem olhos reduzidos (Gans 1978). Devi-

do ao hábito subterrâneo, eles apresentam algumas modificações morfológicas principalmente no crânio, mas também nas articulações, tegumento, musculatura e escamas (Gans 1974, 1978).

*Amphisbaenia* vem sendo recuperado como um grupo monofilético suportado por caracteres morfológicos e moleculares (Kearney 2003, Kearney e Stuart 2004, Macey et al. 2004, Mott e Vieites 2009, Gauthier et al. 2012, Measey e Tolley 2013, Pyron et al. 2013, Pyron 2017, Burbrink et al. 2020). Os estudos



**Figura 1.** Existem cerca de 190 espécies de anfisbênios conhecidas em todo o mundo, com distribuição principalmente nas regiões tropicais. *Amphisbaenia alba*, Chapada Veadeiros, GO. Foto: Thiago Silva-Soares.



**Figura 2.** Anfisbênios possuem adaptações únicas, como o corpo em forma de cilindro, que permitem uma movimentação eficiente no subsolo. *Leptosternon infraorbitale*, Bahia. Foto: Sírnia Ribeiro.

de Kearney (2003), Conrad (2008) e Gauthier et al. (2012) recuperaram sinapomorfias não ambíguas para Amphisbaenia, com base principalmente em caracteres da osteologia craniana. A hipótese filogenética apresentada por Gauthier et al. (2012), com base em 610 caracteres morfológicos de 192 espécies de Lepidosauromorfos (matrix morfológica mais completa apresentada até o momento para Squamata), recuperou dentre as sinapomorfias para Amphisbaenia, quatro diagnósticas únicas: (1) amplo contato do vômer com o palatino, se estendendo posteriormente ao nível do contato maxila-ectopterigóide; (2) processo quadrado do pterigóide curto e pequeno, envolvendo-se firmemente ao redor da superfície póstero-medial do quadrado; (3) forame óptico inteiramente dentro do órbita-esfenóide; e (4) um dente medial aumentado na pré-maxila.

Nos últimos anos, hipóteses filogenéticas baseadas em evidências moleculares estruturaram relações de parentesco e história biogeográfica distintas das recuperadas nas filogenias morfológicas. Longrich et al. (2015) apresentaram uma hipótese evolutiva dos anfisbênios atuais e fósseis e incluíram tempo de divergência entre os táxons por meio de relógio molecular. No estudo foi recuperado o táxon Lacertibaenia (Lacertidae + Amphisbaenia) como originado na Laurásia a cerca de 145,5 m.a. (limite do Jurássico-Cretáceo) e o surgimento das famílias de anfisbênios, ou seus ancestrais, por uma expansão geográfica iniciada a cerca de 65,5 m.a (limite Cretáceo-Paleógeno) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo da história biogeográfica e evolutiva das famílias de Amphisbaenia, com base no estudo e Longrich et al. (2015).

Famílias	Local de origem e dispersão dos registros fósseis	Data (período) de origem
Rhineuridae	América do Norte	A cerca de 65,5 m.a. (limite Cretáceo-Paleógeno)
Chthonophidae	América do Norte	A cerca de 65,5 m.a. (limite Cretáceo-Paleógeno)
Oligodontosauridae	América do Norte	A cerca de 65,5 m.a. (limite Cretáceo-Paleógeno)
Ancestral de Afrobaenia (surgimento dos ancestrais de Cadeidae e de Trogonophidae e Amphisbaenidae)	América do Norte para a África (dispersão Pelo Oceano Atlântico)	Entre 64,7–56 m.a. (Paleoceno Inferior)
Ancestral de Blanidae	América do Norte para a Europa (dispersão Pelo oceano Atlântico)	Entre 63,6–61,6 m.a. (Paleoceno Inferior)
Bipedidae	América do Norte	Entre 55,8–48,6 m.a (Eoceno inferior).
Amphisbaenidae (América do Sul)	África para a América do Sul e Caribe (dispersão pelo oceano Atlântico, via balsas naturais)	Entre 43,4–35,6 m.a (Eoceno).
Cadeidae	África para o Caribe (dispersão pelo oceano Atlântico, via balsas naturais)	Cerca de 37 m.a. (Eoceno)
Amphisbaenidae (Caribe)	América do Sul para o Caribe (dispersão pelo oceano, via balsas naturais)	Entre 34,7–30 m.a. (entre Eoceno e Oligoceno)

Amphisbaenia é composto por 201 espécies válidas atuais e 29 fósseis (Longrich et al. 2015, Üetz et al. 2020). O grupo é representado por seis famílias: Amphisbaenidae Gray, 1865, com 12 gêneros e 182 espécies válidas distribuídas na África, América do Sul e Caribe; Bipedidae Taylor, 1951, com um gênero e três espécies registradas no México; Blanidae Kearney, 2003, com um gênero e sete espécies distribuídas na

Região do Mediterrâneo e no Oriente médio; Cadeidae Vidal & Hedges, 2008, com um gênero e duas espécies de Cuba; Rhineuridae Vanzolini, 1951, com um gênero e uma única espécie na Flórida, Estados Unidos; e Trogonophidae Gray, 1865, com quatro gêneros e seis espécies distribuídas na África e Oriente Médio (Vidal et al. 2008, Sindaco et al. 2014, Costa e Bérniz 2018, Perez e Borges-Martins 2019, Üetz et al. 2020).



**Figura 3 e 4.** A taxonomia dos anfisbênios é ainda pouco conhecida, com muitas espécies ainda sendo descritas e outras passando por reclassificações a partir de novas análises filogenéticas. *A. ignathiana*, Sertão baiano, BA (foto 3) e *Leposternon wuchereri*, Serra do Mar, ES (foto 4). Fotos: Thiago Silva-Soares.



A diversidade de anfisbenídeos Sul-Americanos (117 spp.) está distribuída em três gêneros, *Amphisbaena* Linnaeus, 1758, *Leposternon* Wagler, 1824 e *Mesobaena* Mertens, 1925 (Mott e Vieites 2009, Ribeiro et al. 2011). *Amphisbaena* é o mais diversificado morfológicamente e rico em espécies, representado por 102 espécies válidas (Perez e Borges-Martins 2019; Üetz et al. 2020), distribuídas nas América do Sul e Central, sendo 71 registradas para o Brasil (Costa e Bérnils 2018, Ribeiro et al. 2018, Almeida et al. 2018, Oliveira et al. 2018, Costa et al. 2019 a, b, Teixeira Jr et al. 2019, Perez e Borges-Martins 2019, Ribeiro et al. 2019, Ribeiro et al. 2020). *Leposternon* é representado por 11 espécies válidas, sendo 10 registradas no Brasil (Ribeiro et al. 2018). As espécies do gênero são amplamente distribuídas no Brasil, havendo também registros de *L. microcephalum* na Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai; e *Leposternon bagual* na Argentina (Ribeiro 2010, Ribeiro et al. 2015). *Mesobaena* é representado por duas espécies, ambas Amazônicas,

sendo *M. rhachicephala* endêmica da Amazônia brasileira (Hoogmoed et al. 2009).

As 81 espécies de anfisbenídeos brasileiros apresentam ampla distribuição nos biomas brasileiros (sensu IBGE 2005) (Tabela 2). O Cerrado apresenta registros de 47 espécies, sendo o mais rico em espécies (58,1% da diversidade brasileira); seguido pela Mata Atlântica, com 32 espécies (39,5%); Caatinga, com 25 (30,9%); Amazônia, com 23 (26,4%); Pantanal, com 14 espécies (17,3%) e Pampa, com sete espécies (8,6%) (Costa e Bérnils 2018, Ribeiro et al. 2018, Almeida et al. 2018, Oliveira et al. 2018, Costa et al. 2019a, b, Teixeira Jr et al. 2019, Perez e Borges-Martins 2019, Ribeiro et al. 2019, Ribeiro et al. 2020, Ribeiro Jr. et al. 2022)). Vinte e três espécies de anfisbênios brasileiros são conhecidas apenas pela série tipo (Tabela 2), dessas 14 (60,1%) foram descritas na última década e sete (30,4%) na primeira década do século XXI.



**Figura 5.** A diversidade de espécies de *Amphisbaena* no Brasil reflete a riqueza de habitats e ecossistemas presentes no país, bem como a complexidade de suas relações ecológicas. *Amphisbaena vermicularis*, registrada no sertão baiano, BA. Fotos: Thiago Silva-Soares.

**Tabela 2.** Espécies de anfisbênios brasileiros (Costa e Bérnils 2018, Ribeiro et al. 2018, Almeida et al. 2018, Oliveira et al. 2018, Costa et al. 2019a, b, Teixeira Jr et al. 2019, Perez e Borges-Martins 2019, Ribeiro et al. 2019 e Ribeiro et al. 2020) e suas distribuições nos seis biomas brasileiros. Am\_ Amazônia; Caa\_ Caatinga; Cer\_ Cerrado, MA\_ Mata Atlântica, Pam\_ Pampa e Pan\_ Pantanal. Distribuições das espécies *Amphisbaena amazonica* e *Amphisbaena wiedi* (sensu Bérnils e Costa 2012) incluídas nos dados de distribuição das espécies *Amphisbaena fuliginosa* (maiores detalhes taxonômicos em Vanzolini 2002). LT = localidade tipo, AD = ampla distribuição, PD = pouco distribuída.

Espécies	Am	Caa	Cer	MA	Pam	Pan	Referências
<i>Amphisbaena absaberi</i> (Strüssmann & Carvalho, 2001)			LT	LT		LT	Strüssmann e Carvalho (2001)
<i>Amphisbaena acangoaba</i> Ribeiro et al., 2020		LT					Ribeiro et al. 2020
<i>Amphisbaena acrobeles</i> (Ribeiro, Castro-Mello & Nogueira, 2009)			LT				Ribeiro et al. (2009)
<i>Amphisbaena alba</i> Linnaeus, 1758	AD	AD	AD	AD		AD	Costa e Bérnils (2018)
<i>Amphisbaena anaemariae</i> Vanzolini, 1997			AD				Teixeira Jr et al. (2014)
<i>Amphisbaena anomala</i> (Barbour, 1914)	AD	PD	PD				Costa e Bérnils (2018)
<i>Amphisbaena arda</i> Rodrigues, 2003		LT	LT				Costa e Bérnils (2018)
<i>Amphisbaena arenaria</i> Vanzolini, 1991		PD					Costa e Bérnils (2018)
<i>Amphisbaena arenicola</i> Perez & Borges Martins, 2019				LT			Perez e Borges-Martins (2019)
<i>Amphisbaena bahiana</i> Vanzolini, 1964		PD		PD			Dal-Vechio et al. (2018)
<i>Amphisbaena bedai</i> (Vanzolini, 1991)			PD			PD	Costa e Bérnils (2018)
<i>Amphisbaena bilabialatus</i> (Stimson, 1972)	PD		PD				Costa e Bérnils (2018)
<i>Amphisbaena brasiliiana</i> (Gray, 1865)	AD		PD				Costa e Bérnils (2018)
<i>Amphisbaena brevis</i> Strüssmann & Mott, 2009			LT				Costa (2018)
<i>Amphisbaena caetitensis</i> Almeida et al., 2018		LT					Almeida et al. (2016)
<i>Amphisbaena caiari</i> Teixeira Jr et al., 2014	LT						Costa e Bérnils (2018)
<i>Amphisbaena camura</i> Werner, 1910			PD			PD	Costa e Bérnils (2018)
<i>Amphisbaena carli</i> Pinna et al., 2010			LT				Costa (2018)
<i>Amphisbaena carvalhoi</i> Gans, 1965		PD		PD			Costa (2018)
<i>Amphisbaena crisae</i> Vanzolini, 1997	PD		PD				Vanzolini (1997), Teles (2018)
<i>Amphisbaena cuiabana</i> (Strüssmann & Carvalho, 2001)	PD		PD			PD	Strüssmann e Carvalho (2001)
<i>Amphisbaena cunhai</i> Hoogmoed & Ávila-Pires, 1991	AD						Ávila-Pires et al. (2009), Mott & Vieites (2009)
<i>Amphisbaena darwini</i> Duméril & Bibron, 1839				AD	AD		Perez et al. (2012)
<i>Amphisbaena dubia</i> Müller, 1924			PD	AD			Gans (2005)

Espécies	Am	Caa	Cer	MA	Pam	Pan	Referências
<i>Amphisbaena filiformis</i> Ribeiro et al., 2016			LT				Ribeiro et al. (2016)
<i>Amphisbaena frontalis</i> Vanzolini, 1991	PD	PD	PD				Vanzolini (1991), Amorim et al. (2014), Ribeiro-Júnior et al. (2022)
<i>Amphisbaena fuliginosa</i> Linnaeus, 1758	AD	PD	AD	PD			Costa e Bérnils (2018)
<i>Amphisbaena hastata</i> Vanzolini, 1991		PD	PD				Gans (2005)
<i>Amphisbaena heathi</i> Schmidt, 1936		PD		PD			Oliveira et al. (2019)
<i>Amphisbaena hiata</i> Montero & Cespedez, 2002			PD				Costa et al. (2019b)
<i>Amphisbaena hogei</i> Vanzolini, 1950			PD	AD			Gans (2005)
<i>Amphisbaena hoogmoedi</i> Oliveira et al., 2018	LT						Oliveira et al. (2018)
<i>Amphisbaena ignatiana</i> Vanzolini, 1991		PD		PD			Matias et al. (2014)
<i>Amphisbaena kingii</i> (Bell, 1833)				PD	AD		Gonzales et al. (2005)
<i>Amphisbaena kiriri</i> Ribeiro, Gomides & Costa, 2018		LT					Ribeiro et al. (2018)
<i>Amphisbaena kraoh</i> (Vanzolini, 1971)			PD				Gans (2005)
<i>Amphisbaena leeseri</i> Gans, 1964	PD		AD			PD	Cacciali et al. (2016)
<i>Amphisbaena leucocephala</i> Peters, 1878				PD			Dal-Vechio et al. (2016)
<i>Amphisbaena littoralis</i> Roberto, Brito & Ávila, 2014		LT					Sales et al. (2019)
<i>Amphisbaena longicoa</i> Teixeira Jr et al., 2019		LT					Teixeira et al. (2019)
<i>Amphisbaena lumbricalis</i> Vanzolini, 1996		AD		PD			Gomes-Tavares et al. (2017)
<i>Amphisbaena maranhensis</i> Gomes & Maciel, 2012			LT				Gomes e Maciel (2012)
<i>Amphisbaena mebengokre</i> Ribeiro et al. 2019			LT				Ribeiro et al. (2019)
<i>Amphisbaena mertensii</i> Strauch, 1881			AD	AD		PD	Alvarez (1996)
<i>Amphisbaena mettalurga</i> Costa et al., 2015				PD			Costa et al (2019b)
<i>Amphisbaena miringoera</i> Vanzolini, 1971	PD		PD				Mott et al. (2011)
<i>Amphisbaena mitchelli</i> Procter, 1923	AD						Ribeiro et al. (2014)
<i>Amphisbaena mongoyo</i> Teixeira Jr et al., 2019		LT					Teixeira et al. (2019)
<i>Amphisbaena munoai</i> Klappenbach, 1960				PD	AD		Perez e Borges-Martins (2019)

Espécies	Am	Caa	Cer	MA	Pam	Pan	Referências
<i>Amphisbaena nanna</i> Perez & Borges Martins, 2019				PD	PD		Perez e Borges-Martins (2019)
<i>Amphisbaena neglecta</i> Dunn & Piatt, 1936			LT				Costa e Bérnils (2018)
<i>Amphisbaena nigricauda</i> Gans, 1966				PD			Costa e Bérnils (2018)
<i>Amphisbaena persephone</i> Pinna et al., 2014			LT				Mendonça et al. (2014)
<i>Amphisbaena pretrei</i> Duméril & Bibron, 1839		AD	PD	AD		PD	Colli et al. (2016)
<i>Amphisbaena prunicolor</i> (Cope, 1885)				AD	PD		Perez et al. (2012)
<i>Amphisbaena ridleyi</i> Boulenger, 1890				PD			Gans (1963)
<i>Amphisbaena roberti</i> Gans, 1964			AD	AD		PD	Guimarães (2019)
<i>Amphisbaena sanctaeritae</i> Vanzolini, 1994			PR				Costa et al. (2019b)
<i>Amphisbaena saxosa</i> (Castro-Mello, 2003)			LT				Castro-Mello (2003)
<i>Amphisbaena silvestrii</i> Boulenger, 1902	PD		AD			PD	Teles (2018)
<i>Amphisbaena slevini</i> Schmidit, 1936	AD						Vanzolini (1991)
<i>Amphisbaena steindachneri</i> Strauch, 1881	PD		AD			PD	Guimarães (2019)
<i>Amphisbaena supernumeraria</i> Mott, Rodrigues & Santos, 2009			PD				Mott et al. (2009)
<i>Amphisbaena talisiae</i> Vanzolini, 1995			AD				Costa et al. (2019a)
<i>Amphisbaena tiaraju</i> Perez & Borges Martins, 2019				PD	PD		Perez & Borges-Martins (2019)
<i>Amphisbaena trachura</i> Cope, 1885			PD	AD	AD		Perez (2016)
<i>Amphisbaena tragorhectes</i> Vanzolini, 1971	LT						Vanzolini (1971)
<i>Amphisbaena uroxena</i> Mott et al., 2008		LT					Mott et al. (2008)
<i>Amphisbaena vanzolinii</i> Gans, 1963	AD						Vanzolini (2002), Cole et al. (2013)
<i>Amphisbaena vermicularis</i> Wagler, 1824	PD	AD	AD	AD		PD	Costa (2018)
<i>Leposternon cerradensis</i> Ribeiro, Vaz-Silva & Santos-Jr, 2008			PD				Ribeiro et al. (2008)
<i>Leposternon infraorbitale</i> Berthold, 1859	PD		AD	AD		PD	Ribeiro (2010)
<i>Leposternon kisteumacheri</i> Porto, Soares & Caramaschi, 2000		PD	PD	PD			Ribeiro (2010)
<i>Leposternon maximus</i> Ribeiro et al., 2011			PD				Ribeiro et al. (2011)

Espécies	Am	Caa	Cer	MA	Pam	Pan	Referências
<i>Leposternon microcephalum</i> Wagler, 1824	PD	PD	AD	AD		PD	Ribeiro (2010)
<i>Leposternon mineiro</i> Ribeiro, Lima-Silveira & Santos-Jr, 2018			LT				Ribeiro et al. (2018)
<i>Leposternon octostegum</i> (Duméril, 1851)				PD			Barros Filho et al. (2019)
<i>Leposternon polystegum</i> (Duméril, 1851)	PD	AD	AD	AD			Ribeiro et al. (2018)
<i>Leposternon scutigerum</i> (Hemprich, 1820)				PD			Ribeiro (2010)
<i>Leposternon wuchereri</i> (Peters, 1879)		PD	AD				Ribeiro (2010)
<i>Mesobaena rhachicephala</i> Hoogmoed et al., 2009	LT						Hoogmoed et al. 2009

As espécies *Amphisbaena fuliginosa* e *A. alba*, ambas descritas por Linnaeus (1758) foram as primeiras da diversidade brasileira descritas formalmente. Mais recentemente, os pesquisadores Carl Gans (1923–2009) e Paulo Emílio Vanzolini (1924–2013) estudaram muitas das espécies de anfisbenídeos brasileiros e descreveram 20 das espécies válidas. Nas últimas duas décadas foram descritas 34 espécies de anfisbenídeos para o Brasil (32 spp. válidas atualmente), 32 espécies por autores brasileiros, explicitando o aumento no número de estudiosos no grupo e o maior acesso a espécimes desses répteis fossórios. No entanto, esse aumento de conhecimento do grupo, principalmente da sua riqueza, está atrelado a acentuada degradação do ambiente, sendo muitas das novas espécies acessadas em situações de instalações de empreendimentos (por exemplo, hidrelétricos e mineração e agricultura) e descaracterização do ambiente. Tal característica indica que a diversidade pode estar subestimada e em risco de se extinguir antes de ser conhecida. Apesar do acréscimo no conhecimento taxonômico e de distribuição geográfica dos anfisbenídeos brasileiros das últimas décadas, mais de 90% dos municípios do país ainda carecem de registros de espécies (Colli et al. 2016). Apesar do alto índice de espécies descritas nos últimos anos, poucas revisões taxonômicas de anfisbenídeos brasileiros foram desenvolvidas (Ribeiro 2010, Oliveira 2016, Costa 2018, Teles 2018, Guimarães 2019) e/ou formalmente publicadas (Perez et al. 2012, Perez et al. 2019). Teles (2018) ao revisar os anfisbênios do grupo *A. silvestrii* identificou um novo espécime de *A. neglecta* e reestruturou a diagnose e a caracterização da espécie (publicação in prep).

A identificação dos riscos de extinção de espécies e a definição de áreas prioritárias para a conservação dependem do conhecimento detalhado da distribuição de espécies. A identificação do estado de conservação das espécies de anfisbenídeos ainda é incipiente. No Brasil, das 68 espécies citadas no Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (ICMBio 2018), 14 espécies foram categorizadas com deficiência de dados, quatro como quase ameaçadas e sete como vulnerável e em perigo. Posteriormente, alguns estudos complementaram informações taxonômicas e de distribuição de algumas espécies, as quais poderão alterar a interpretação do estado de conservação das mesmas (ver estudos de Teixeira Jr et al. 2016, Tavares et al. 2017, Dal-Vechio et al. 2018, Costa et al. 2019a e b). Adicionalmente, publicações formais de resultados obtidos em dissertações de mestrado e teses de doutorado defendidas recentemente ampliarão as informações de distribuição geográfica, taxonomia e conservação de espécies de anfisbenídeos brasileiros (e.g. Oliveira 2016, Costa 2018, Guimarães 2019, Teles 2018). O hábito fossorial apresentado por anfisbênios e demais répteis escamados dificulta sua amostragem, impossibilitando consequentemente estudos de distribuição geográfica, assim como biológicos, ecológicos e taxonômicos. É necessário um aumento no investimento em amostragens de anfisbênios, principalmente em áreas ainda desconhecidas e/ou prioritárias para a conservação como Amazônia, Cerrado e as áreas de transição (Kearney 2003, Teixeira Jr et al. 2014, Colli et al. 2016).

## Referências

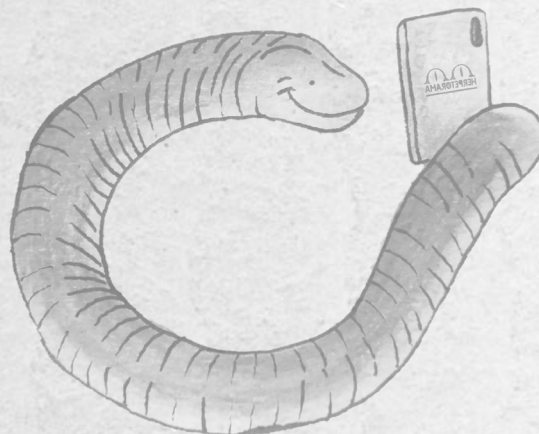
- Almeida, J. P., Dal Vechio, F., Teixeira, M. J., Rodrigues, M. T. e Mott, T. 2016. Morphological similarities between *Amphisbaena mitchelli* Procter, 1923 and *A. miringoera* Vanzolini, 1971 (Squamata: Amphisbaenidae): phylogenetic relatedness or morphological convergence? *Zootaxa* 4168(3): 573–576.
- Almeida, J. P. F. A. de, Freitas, M. A. D. E., Silva, M. B. da, Valverde, M. C. C., Rodrigues, M. T., Pires, A. M. e Mott, T. 2018. A new four-pored *Amphisbaena* (Squamata: Amphisbaenidae) from northeastern Brazil. *Zootaxa* 4514(4): 553–562.
- Alvarez, B. B. 1996. Geographic Distribution. *Amphisbaena mertensii*. *Herpetological Review* 27(1): 31.
- Amorim, D. M., Roberto, I. J. e Ávila, R. W. 2014. Distribution extension of *Amphisbaena ibijara* Rodrigues, Andrade & Lima, 2003 (Squamata: Amphisbaenidae). *Checklist* 7(5): 594–595.
- Ávila-Pires, T. C. S., Vitt, L.J., Sartorius, S. S. e Zani, P. A. 2009. Squamata (Reptilia) from four sites in South Amazonia, with a biogeographic analysis of Amazonia lizards. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi* 4(2): 99–118.
- Ávila-Pires, T. C. S., Hoogmoed, M. S. e Rocha, W. A. 2010. Notes on the Vertebrates of northern Pará, Brazil: a forgotten part of the Guianan Region, I. Herpetofauna. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* 5(1): 13–112.
- Barros-Filho, J. D. de, Freitas, M. A. de, Silva, T. F. S., Loguercio, M. F. de C. e Valverde, M. C. C. 2019. Redescription of *Leposternon octostegum* (Duméril, 1851), with an identification key for Brazilian *Leposternon* species, remarks on meristic methodology, and a proposal for pholidosis nomenclature (Squamata: Amphisbaenidae). *Journal of Threatened Taxa* 11(1): 13058–13086.
- Burbrink, F. T., Grazziotin, F. G., Pyron, R. A., Cundall, D., Donnellan, S., Irish, F., Keogh, J. S., Kraus, F., Murphy, R. W., Noonan, B., Raxworthy, C. J., Ruane, S., Lemmon, A. R., Lemmon, E. M. e Zaher, H. 2020. Interrogating Genomic-Scale Data for Squamata (Lizards, Snakes, and Amphisbaenians) Shows no Support for Key Traditional Morphological Relationships. *Systematic Biology* 69(3): 502–520.
- Cacciali, P., Scott, N. J., Ortíz, A. L. A., Fitzgerald, A. L. e Smith, P. 2016. The Reptiles of Paraguay: Literature, Distribution, and an Annotated Taxonomic Checklist. *Special Publication of the Museum of Southwestern Biology* 11: 1–373.
- Castro-Mello, C. 2003. Nova espécie de *Bronia* Gray, 1845 do estado do Tocantins, Brasil (Squamata: Amphisbaenidae). *Papéis Avulsos de Zoologia, São Paulo* 43(7): 139–143.
- Cole, C. J., Townsend, C. R., Reynolds, R. P., MacCulloch, R. D. e Lathrop A. 2013. Amphibians and reptiles of Guyana, South America: illustrated keys, annotated species accounts, and a biogeographic synopsis. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 12(54): 317–578.
- Colli, G. R., Fenker, J., Tedeschi, L. G., Barreto-Lima, A. F., Mott, T. e Ribeiro, S. L. 2016. In the depths of obscurity: knowledge gaps and extinction risk of Brazilian worm lizards (Squamata, Amphisbaenidae). *Biological Conservation* 204: 51–62.
- Conrad, J. L. 2008. Phylogeny And Systematics of Squamata (Reptilia) Based on Morphology. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 310(310): 1–182.
- Costa, H.C. 2018. Ensaio sobre a sistemática de Amphisbaenia Neotropicais. Ph.D parcialmente publicada Tese. Universidade federal de Minas Gerais, Brasil.
- Costa, H. C., Resende, F. C., Teixeira, M., Dal Vechio, F. e Clemente, C. A. 2015. A new Amphisbaena (Squamata: Amphisbaenidae) from Southern Espinhaco range, Southeastern Brazil. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências* 87(2): 891–901.
- Costa, H. C. e Bérnils, R. S. 2018. Répteis do Brasil e suas unidades Federativas: lista de espécies. *Revista Herpetologia Brasileira* 7(1): 11–57.
- Costa, H. C., Graboski, R. e Zaher, H. 2019a. *Amphisbaena mensae* Castro-Mello, 2000 is a synonym of *Amphisbaena talisiae* Vanzolini, 1995 (Squamata: Amphisbaenia: Amphisbaenidae). *Zootaxa* 4559(1): 166–174.
- Costa, H. C., Velasquez, S., Zaher, H. e Garcia, P. C. A. 2019b. Updated Diagnosis of *Amphisbaena metallurga*

- and *A. sanctaeritae* and First Record of *A. hiata* in Brazil (Squamata: Amphisbaenidae). *South American Journal of Herpetology* 14(3): 233–241.
- Dal-Vechio, F., Teixeira, M., Sena, M., Argôlo, A., Garcia, C. e Rodrigues, M. T. 2016. Taxonomic Status and the Phylogenetic Placement of *Amphisbaena leucocephala* Peters, 1878 (Squamata, Amphisbaenidae). *South American Journal of Herpetology* 11(3): 157–175.
- Dal-Vechio, F., Teixeira, M., Mott, T. e Rodrigues, M. T. 2018. Rediscovery of the poorly known *Amphisbaena bahiana* Vanzolini, 1964 (Squamata, Amphisbaenidae), with data on its phylogenetic placement, external morphology and natural history. *South American Journal of Herpetology* 13(3): 238–248.
- Gans, C. 1963. Notes on amphisbaenids (Amphisbaenia, Reptilia). A redescription of *Amphisbaena stejnegeri* and the description of a new species of *Amphisbaena* from British Guiana. *American Museum Novitates* 2128: 1–18.
- Gans, C. 1974. *Biomechanics: approach to vertebrate biology*. Philadelphia: J.P. Lippincott. 1980 Reprint The University of Michigan Press. 118 pp.
- Gans, C. 1978. The characteristics and affinities of the Amphisbaenia. *Transactions of the Zoological Society of London* 34: 347–416.
- Gans, C. 2005. Checklist and bibliography of the Amphisbaenia of the world. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 2005(289): 1–130.
- Gauthier, J. A., Kearney, M., Maisano, J. A., Rieppel, O. e Behlke, A. D. B. 2012. Assembling the squamate tree of life: Perspectives from the phenotype and the fossil record. *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History* 53(1): 3–308.
- Gomes, J. O. e Maciel, A. O. 2012. A new species of *Amphisbaena* Linnaeus (Squamata, Amphisbaenidae) from the state of Maranhão, northern Brazilian Cerrado. *Zootaxa* 3572: 43–54.
- Gomes-Tavares, A. P., Carvalho, J. J. S. e Ribeiro, L. B. 2017. First record of *Amphisbaena lumbricalis* (Squamata, Amphisbaenidae) in the state of Pernambuco, Brazil: including a distribution map and soil classification of its occurrence. *Herpetology Notes* 10: 19–22.
- Gonzales, L. e Sosa, R. 2005. Primeira cita de *Anops kingi* Bell, 1833 (Squamata: Amphisbaenidae) para Bolívia. *Kempffiana* 1(1): 63–64.
- Guimarães, J. T. S. 2019. Caracterização Morfológica de *Amphisbaena roberti* Gans, 1964 e *Amphisbaena steindachneri* Strauch, 1881 (Amphisbaenia, Amphisbaenidae). M.Sc. não publicado Dissertação. Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil.
- Hoogmoed, M. S., Pinto, R. R., Da Rocha, W. A. e Pereira, E. G. 2009. A new species of *Mesobaena* Mertens, 1925 (Squamata: Amphisbaenidae) from Brazilian Guiana, with a key to the Amphisbaenidae of the Guianan Region. *Herpetologica* 65(4): 436–448.
- IBGE (2005) Mapas de biomas. Available from: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/2105200biomashtml.shtm>. Acesso em: 04 março de 2019.
- Kearney, M. 2003. Systematics of the Amphisbaenia (Lepidosauria:Squamata) Based on Morphological Evidence From Recent and Fossil Forms. *Herpetological Monographs* 17(1): 1–74.
- Kearney, M. e Stuart, B. L. 2004. Repeated evolution of limblessness and digging heads in worm lizards revealed by DNA from old bones. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 271(1549): 1677–1683.
- Longrich, N. R., Vinther, J., Pyron, R. A., Pisani, D. e Gauthier, J. A. 2015. Biogeography of worm lizards (Amphisbaenia) driven by end-Cretaceous mass extinction. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 282(1806): 1–10.
- Macey, J. R., Papenfuss, T. J., Kuehl, J. v, Fourcade, H. M. e Boore, J. L. 2004. Phylogenetic relationships among Amphisbaenian reptiles based on complete mitochondrial genomic sequences. *Elsevier* 33: 22–31.
- Matias, G. D. A., Vieira, G. H. C. e Mott, T. 2014. Geographic Distribution: *Amphisbaena ignatiana*. *Herpetological Review* 45(2): 281–282.
- Measey, G. J. e Tolley, K. A. 2013. A molecular phylogeny for sub-Saharan Amphisbaenians. *African Journal of*

- Herpetology 62(2): 100–108.
- Mott, T., Rodrigues, M.T., de Freitas, M. A. e Silva, T. F. S. 2008. New Species of *Amphisbaena* with a Nonautotomic and Dorsally Tuberculate Blunt Tail From State of Bahia, Brazil (Squamata, Amphisbaenidae). *Journal of Herpetology* 42(1): 172–175.
- Mott, T. e Vieites, D. R. 2009. Molecular phylogenetics reveals extreme morphological homoplasy in Brazilian worm lizards challenging current taxonomy. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 51(2): 190–200.
- Mott, T.; Rodrigues, M.T. e Santos, E. M. 2009. A new *Amphisbaena* with chevron-shaped anterior body annuli from state of Pernambuco: Brazil (Squamata: Amphisbaenidae). *Zootaxa* 2165: 52–58.
- Mott, T., Carvalho Neto C. S. e Carvalho Filho, K. S. 2011. *Amphisbaena miringoera* Vanzolini, 1971 (Squamata: Amphisbaenidae): New state record. *Check List* 7 (5): 594–595. Oliveira, E. C. S. 2017. Caracterização morfológica das anfisbenas Sul-Americanas de cabeça levemente comprimida e não quilhada (Amphisbaenia: Amphisbaenidae), com a descrição de uma nova espécie. M.Sc. parcialmente publicado Dissertação. Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil.
- Oliveira, E. C. S., Vaz-Silva, W., Santos, A. P., Graboski, R., Teixeira, M., Vechio, F. D. A. L. e Ribeiro, S. 2018. A new four-pored *Amphisbaena* Linnaeus, 1758 (Amphisbaenia, Amphisbaenidae) from Brazilian Amazon. *Zootaxa* 4420(4): 451–474.
- Oliveira, C. R., Roberto, I. J., Sousa, J. G. G. e Ávila, R. W. (2019). On the ecology of *Amphisbaena heathi* (Squamata: Amphisbaenidae) from Northeastern Brazil. *Herpetological Review* 50(1): 62–66.
- Perez, R. 2016. Revisão taxonômica e sistemática filogenética do complexo de espécies associadas à *Amphisbaena darwini* (Amphisbaenia: Amphisbaenidae) a partir de dados morfológicos e moleculares. Ph.D. parcialmente publicada. Tese. Universidade Federal do Rio Grande do Sul Porto Alegre. Brasil.
- Perez, R., Ribeiro, S. e Borges-Martins, M. 2012. Reappraisal of the taxonomic status of *Amphisbaena prunicolor* (Cope 1885) and *Amphisbaena albocingulata* Boettger 1885 (Amphisbaenia: Amphisbaenidae). *Zootaxa* 25(3550): 1–25.
- Perez, R. e Borges-Martins, M. 2019. Integrative taxonomy of small worm lizards from Southern South America, with description of three new species (Amphisbaenia: Amphisbaenidae). *Zoologischer Anzeiger* 283: 124–141.
- Pyron, R. A. 2017. Novel Approaches for Phylogenetic Inference from Morphological Data and Total-Evidence Dating in Squamate Reptiles (Lizards, Snakes, and Amphisbaenians). *Systematic Biologists* 66(1): 38–56.
- Pyron, R. A., Burbrink, F. T. e Wiens, J. J. 2013. A phylogeny and revised classification of Squamata, including 4161 species of lizards and snakes. *BMC Evolutionary Biology* 13(93): 1471–2148.
- Ribeiro, S. L. B. 2010. Revisão sistemática de *Leposternon* Wagler, 1824 (Squamata: Amphisbaenia). Ph.D parcialmente publicada Tese. Pontifícia Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul, Brasil.
- Ribeiro, S., Vaz-Silva, W. e Santos Jr, A.P. 2008. New pored *Leposternon* (Squamata, Amphisbaenia) from Brazilian Cerrado. *Zootaxa* 1930: 18–38.
- Ribeiro, S., Nogueira, C., Cintra, C. E. D., da Silva, N. J. e Zaher, H. 2011. Description of a new pored *Leposternon* (Squamata, Amphisbaenidae) from the Brazilian Cerrado. *South American Journal of Herpetology* 6(3): 177–188.
- Ribeiro, S., Santos-Jr, A. P., Chagas, L. C. e Chalkidis H. M. 2014. Range extension and geographic distribution of *Amphisbaena mitchelli* Procter, 1923 in the state of Pará, Brazil. *Check List* 10(5): 1229–1230.
- Ribeiro, S., Santos, A. P. e Zaher, H. 2015. A new species of *Leposternon* Wagler, 1824 (Squamata, Amphisbaenia) from northeastern Argentina. *Zootaxa* 4034(2): 309–324.
- Ribeiro, S., Gomes, J. O., da Silva, H. L. R., Cintra, C. E. D. e da Silva, N. J. 2016. A new two-pored species of *Amphisbaena* (Squamata, Amphisbaenidae) from the Brazilian Cerrado, with a key to the two-pored species of *Amphisbaena*. *Zootaxa* 4147(2): 124–142.
- Ribeiro, L. B., Gomides, S. C. e Costa, H. C. 2018. A New Species of *Amphisbaena* from Northeastern Brazil (Squamata: Amphisbaenidae). *Journal of Herpetology* 52(2): 234–241.



- Ribeiro, S., Sá, V., Santos, A. P., Graboski, R., Zaher, H., Guedes, A. G., Andrade, S. P. e Vaz-Silva, W. 2019. A new species of the *Amphisbaena* (Squamata, Amphisbaenidae) from the Brazilian Cerrado with a key for the two-pored species. *Zootaxa* 4550(3): 301–320.
- Ribeiro, L. B., Gomides, S. C. e Costa, H. C. 2020. A New Worm Lizard Species (Squamata: Amphisbaenidae: Amphisbaena) with Non-autotomic Tail, from Northeastern Brazil. *Journal of Herpetology* 54(1): 9–18.
- Ribeiro-Júnior, M. A., Ribeiro, S., Cintra, C. E. e Gomes, J. O. (2022) *Amphisbaena ibijara* Rodrigues, Andrade and Lima, 2003 is a Junior Synonym of *Amphisbaena frontalis* Vanzolini, 1991 (Squamata, Amphisbaenia). *Journal of Herpetology*, 56(2): 234–240.
- Sales, R. F. Dantas., Lisboa, C. M. C. A. e Freire, E. M. X. 2019. New Morphological data and geographic distribution of the worm lizard *Amphisbaena littoralis* (Squamata: Amphisbaenidae) in Northeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology* 14(2): 81–87.
- Sá-Oliveira, V. 2016. Caracterização morfológica e distribuição dos anfisbênios (Squamata: Amphisbaenia) da Amazônia brasileira caracterização morfológica e distribuição dos anfisbênios (Squamata: amphisbaenia). M.Sc. não publicada Dissertação. Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil.
- Strüssmann, C. e Carvalho, M. A. 2001. Two new species of *Cercolophia* Vanzolini 1992 from the state of Mato Grosso, western Brazil (Reptilia, Amphisbaenia, Amphisbaenidae). *Bollettino. Museo Regionale di Scienze Naturali* 18: 487–505.
- Teixeira Jr, M., Vechio, F. D., Recoder, R., Cassimiro, J., de Sena, M. A. e Rodrigues, M. T. 2019. Two New Highland Species of *Amphisbaena* Linnaeus, 1758 (Amphisbaenia, Amphisbaenidae) from Bahia State, Brazil. *South American Journal of Herpetology* 14(3): 213–232.
- Teles, C. L. B. 2018. Caracterização morfológica das espécies do grupo *Amphisbaena silvestrii* Boulenger, 1902 (Amphisbaenia: Amphisbaenidae). M.Sc. não publicada Dissertação. Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil.
- Uetz, P., Freed, P. e Hösek, J. (eds). 2021. The Reptile Database, <http://www.reptile-database.org/> accessed 2021 July 10, 2021.
- Vanzolini, P. E. 1971. New Amphisbaenidae from Brasil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 24(14): 191–195.
- Vanzolini, P.E. 1991. Two new small species of *Amphisbaena* from the fossil dune field of the Middle Rio São Francisco, State of Bahia, Brasil (Reptilia, Amphisbaenia). *Papéis Avulsos de Zoologia* 37(17): 259–276.
- Vanzolini, P. E. 1997. The silvestrii species group of *Amphisbaena*, with the description of two new Brazilian species (Reptilia: Amphisbaenia). *Papéis Avulsos de Zoologia* 40(3): 65–86.
- Vanzolini, P.E. 2002 An aid to the identification of the South American species of *Amphisbaena* (Squamata, Amphisbaenidae). *Papéis Avulsos de Zoologia* 42(15): 351–362.
- Vidal, N., Azvolinsky, A., Cruaud, C. e Hedges, S., B. 2008. Origin of tropical American burrowing reptiles by transatlantic rafting. *Biology Letters* 4: 115–118.





*Phyllodytes luteolus*

Foto: Leonardo Merçon | Instituto Últimos Refúgios

# ANFÍBIOS EM ILHAS BRASILEIRAS

Raoni Rebouças<sup>1,2,\*</sup>, Raquel Fernanda Salla<sup>1,3</sup>, Mariana Retuci Pontes<sup>1,4</sup> & Luís Felipe Toledo<sup>1,2,4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Campinas, Lab. de História Natural de Anfíbios Brasileiros, Dpt. de Biologia Animal, Instituto de Biologia, Campinas, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Instituto de Biologia, Campinas, São Paulo, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia e Monitoramento Ambiental, Sorocaba, São Paulo, Brasil.

<sup>4</sup>Universidade Estadual de Campinas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Biologia, Campinas, São Paulo, Brasil.

\*Autor para correspondência: raonisreboucas@gmail.com

Leia ou clique no código para assistir a palestra desse capítulo na Herpetorama!



## Resumo

Ilhas sempre foram grandes laboratórios para cientistas. Por se tratarem de um recorte isolado e simplificado do ambiente encontrado no continente, as ilhas são ideais para compreensão dos fenômenos naturais que acontecem ali e em outras regiões do planeta. Ilhas podem ser classificadas de acordo com seu grau de isolamento geológico, ou de acordo com o quão isolados os processos biológicos estão do que ocorre nos arredores. Anfíbios são organismos particularmente interessantes para estudar processos em ilhas, pois, devido a sua sensibilidade a variações no habitat, eles têm pouca ou nenhuma capacidade de transpor barreiras de isolamento, nesse caso, água salgada. O isolamento ao qual anfíbios em ilhas estão submetidos pode gerar diversos efeitos, dentre eles aqueles associados à Regra de Ilhas, que prevê alterações no tamanho relativo dos indivíduos da população ilhada quando comparados aos indivíduos do continente. Tal isolamento pode também estar relacionado às taxas diferenciais de malformações ou doenças infecciosas dos indivíduos isolados. Por fim, não seria incomum encontrarmos espécies endêmicas em ilhas devido ao processo de especiação alopátrica. Neste capítulo, apresentamos um levantamento do que sabemos sobre estes aspectos, tendo como foco os anfíbios das ilhas oceânicas costeiras do Brasil.

Palavras-chave: Regra de Ilhas, malformações, endemismo, espécies invasoras, *Batrachochytrium dendrobatidis*.

## Abstract

Islands have always been great laboratories for scientists. As they are an isolated and simplified portion of the environment found on the mainland, islands are ideal to understand the natural phenomena that occurs in other regions of the planet. Islands can be classified according to their degree of geological isolation, or according to how much the biological processes are isolated from processes that occur outside the island. Amphibians have little or no capacity to overcome habitat barriers, in this case salty water. Thus, amphibians are particularly interesting organisms to study island processes. Isolation, to which amphibians on islands are subjected, can promote several consequences, such as those associated with Island Rule, which predicts changes in the relative size of individuals in the island population when compared to individuals on the mainland. Such isolation may also be related to differential rates of malformations or infectious diseases of isolated individuals. Finally, it would not be uncommon to find endemic species on islands, due to the process of allopatric speciation. Therefore, in this chapter we present a survey of what we know about these aspects, focusing on the amphibians of the coastal oceanic islands of Brazil.

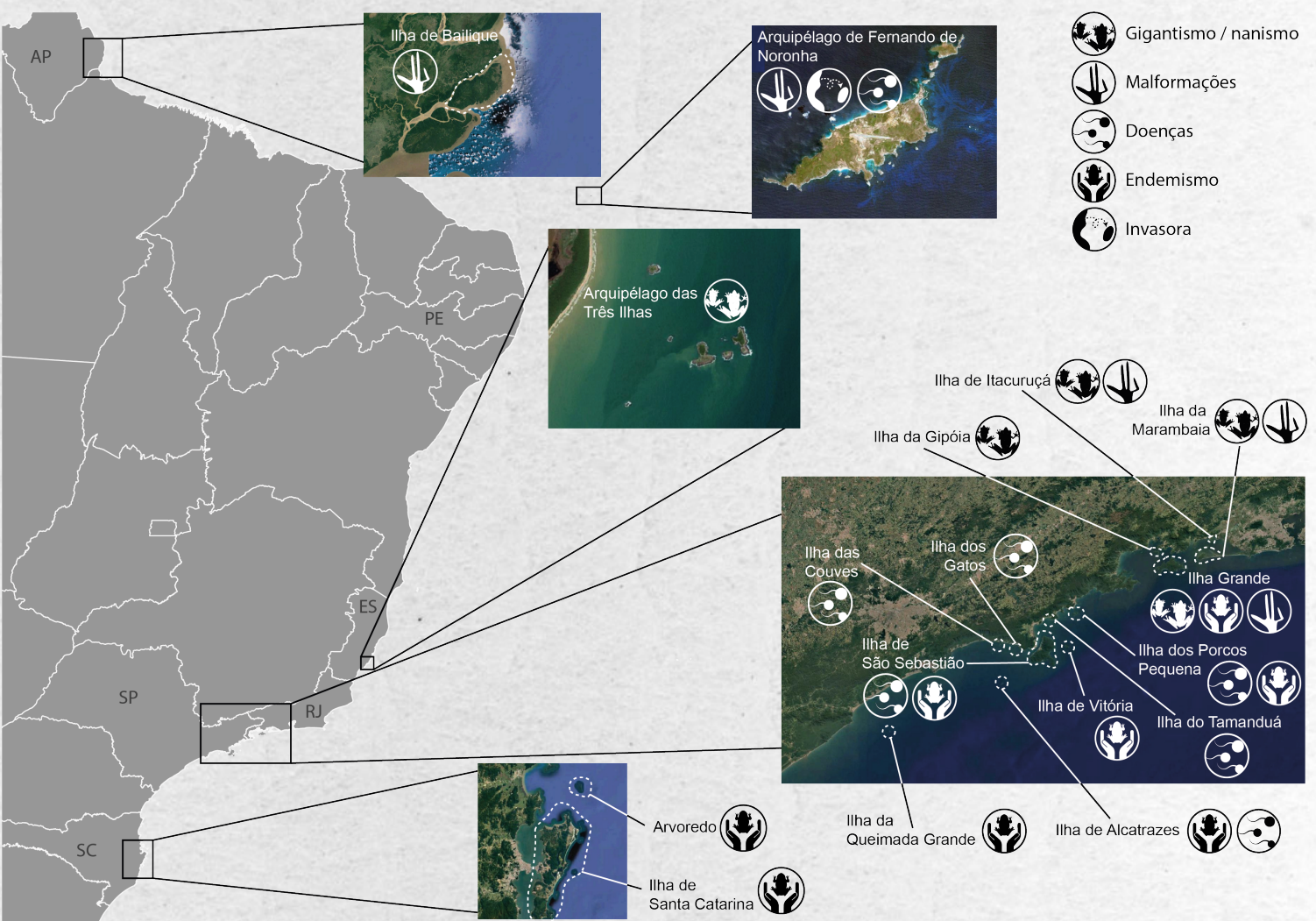
Key Words: Island Rule, malformations, endemism, invasive species, *Batrachochytrium dendrobatidis*.

## Introdução

Segundo a definição formal, ilha é uma porção de terra cercada de água por todos os lados. No entanto, esta definição não incorpora diversos outros conceitos que podem ser considerados como ilhas. É possível definir uma ilha através de outras duas formas: definição geológica, que depende do isolamento geológico local; e a definição biológica, que depende da forma como os organismos estão isolados (Ali 2017). Dentre as ilhas geológicas da costa brasileira, podemos observar exemplos de ilhas de plataforma vulcânica, como o arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco, e de Trindade, Espírito Santo; e de plataforma continental, como a Ilha Grande, Rio de Janeiro, Ilhabela, São Paulo, e a Ilha de Marajó, Pará. De acordo com o conceito biológico, temos a Ilha da Marambaia, Rio de Janeiro, definida pelo grau de isolamento das espécies de anuros presentes na área (Rebouças et al. 2018, Silva et al.

2008) ou as ilhas de habitat que isolam comunidades inteiras de organismos, como os fragmentos de mata e topos de morro que são comuns na Mata Atlântica (Neves et al. 2018, Zornosa-Torres et al. 2020).

Há muito tempo as Ilhas têm atraído a atenção de cientistas em todo o mundo. Os relatos clássicos das Ilhas Galápagos feitos por Charles Darwin (1869), e das ilhas do oceano pacífico feitos por Alfred Wallace (1857, 1862), colocaram as faunas insulares em evidência. Estes estudos demonstraram que os padrões em populações isoladas eram únicos, e que essas adaptações são diferentes daquelas observadas para populações continentais. Estudos com biotas insulares ganharam ainda mais força com a publicação do livro “Theory of Island Biogeography” (MacArthur e Wilson 1967), onde as variáveis abióticas foram colocadas como as



**Figura 1.** Ilhas costeiras do Brasil onde anfíbios foram estudados nos aspectos relacionados neste capítulo: gigantismo/nanismo, malformações, endemismos, invasões e doenças infecciosas.

principais explicações para a biodiversidade em ilhas. Com esse modelo, o grau de isolamento e a área da ilha seriam responsáveis pela taxa de imigração e emigração entre o continente e a ilha, e pela taxa de extinção nesses ambientes, respectivamente. Assim, essas taxas tenderiam a um ponto de equivalência, chamado de “ponto de equilíbrio” que, posteriormente, veio a dar nome à “Teoria do Equilíbrio da Biogeografia de Ilhas” (Simberloff 1974).

A teoria do equilíbrio da biogeografia de ilhas (MacArthur e Wilson 1967) provocou grande impacto no meio científico, e muitos estudos foram feitos sobre suas aplicações em circunstâncias específicas (por exemplo Brown e Kodric-Brown 1977, Diamond 1969, Gilpin e Diamond 1976, Simberloff e Wilson 1969). Nesse contexto, os anfíbios são especialmente interessantes por diversas razões. Os modelos anteriores foram basea-

dos em organismos que poderiam chegar às ilhas via migração (como as espécies voadoras, ou aquelas com capacidade de nadar no mar), mas os anfíbios são limitados pela pouca tolerância à água salgada e pela ausência de voo. Além disso, ainda há poucas informações biológicas dos anfíbios de populações insulares, sendo a maioria desses estudos feitos com organismos endotérmicos (como exemplos temos Lomolino 2005, Benítez-López et al. 2020). Sendo assim, a ocorrência de anfíbios em ilhas pode oferecer possibilidades para estudos de padrões passados de isolamento e diversificação (Bell et al. 2012, Duryea et al. 2015). Este capítulo tem por objetivo elucidar quatro aspectos mais estudados com anfíbios nas ilhas da costa brasileira: i) endemismos e invasões, ii) regra de ilhas, iii) malformações e iv) doenças infecciosas (Figura 1).

## Diversidade, endemismos e espécies invasoras

Apesar da diversidade de anuros em ilhas do Brasil ser pequena quando comparada à continental (Bittencourt-Silva e Silva 2013, Brasileiro 2013), as ilhas da costa brasileira apresentam diversas espécies de anfíbios endêmicas (Tabela 1). No entanto, pouco se sabe sobre as espécies endêmicas das ilhas do Brasil. É notório o fato de que a maioria dos anfíbios endêmicos de ilhas brasileiras foram descritos nos últimos 15 anos (Tabela 1) e, levando-se em conta a extensão da costa do Brasil (mais de 9000 km) e a quantidade de ilhas em território nacional, é possível que algumas espécies endêmicas ainda não tenham sido descritas. Este pode ser o caso, por exemplo, de *Ischnocnema* sp. da ilha de Arvoredo, Santa Catarina (Oswald 2016).

Além disso, a maioria dessas espécies das ilhas já descritas estão ameaçadas de extinção (Tabela 1), uma situação que pode piorar devido à introdução de espécies invasoras com potencial de causar prejuízos à anfíbiofauna insular. No Brasil, as duas únicas espécies introduzidas que temos conhecimento são *Rhinella diptycha* e *Scinax x-signatus* em Fernando de Noronha (Forti et al. 2017, Micheletti et al. 2020), uma ilha que não continha nenhuma espécie de anfíbio residente. Estas espécies podem também levar agentes patogênicos e parasitas para os anfíbios, ou mesmo a outros vertebrados ectotérmicos nativos, atuando como mais uma fonte de ameaça.

**Tabela 1.** Espécies endêmicas de ilhas oceânicas no Brasil, sua categoria de ameaça segundo a lista brasileira de espécies ameaçadas (Portaria MMA No 148, 2022: EN: Ameaçada, NE: Não Avaliada, VU: Vulnerável, CR: Criticamente ameaçada, PEX: Provavelmente extinta, LC: Não ameaçada) e ilha onde ocorre.

Táxon	Categoria	Ilha, Município, Estado	Referência
<b>ANURA</b>			
<b>Brachycephalidae</b>			
<i>Ischnocnema manezinho</i>	EN	Ilha de Santa Catarina, Florianópolis, SC	Garcia (1996)
<i>Ischnocnema</i> sp.	NE	Ilha do Arvoredo, Florianópolis, SC	Oswald (2016)
<b>Cycloramphidae</b>			
<i>Cycloramphus faustoi</i>	VU	Ilha de Alcatrazes, São Sebastião, SP	Brasileiro et al. (2007b)

Hylidae			
<i>Scinax alcatraz</i>	CR	Ilha de Alcatrazes, São Sebastião, SP	Lutz (1968)
<i>Scinax faivovichi</i>	VU	Ilha dos Porcos Pequena, Ubatuba, SP	Brasileiro et al. (2007c)
<i>Scinax peixotoi</i>	CR-PEX	Ilha da Queimada Grande, Itanhaém, SP	Brasileiro et al. (2007a)
Hylodidae			
<i>Hylodes fredii</i>	LC	Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ	Canedo e Pombal Jr. (2007)
Odontophrynidae			
<i>Proceratophrys tupinamba</i>	LC	Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ	Prado e Pombal Jr. (2008)
GYMNOPHIONA			
Sipohonopidae			
<i>Luetkenotyphlus insulanus</i>	LC	Ilha de São Sebastião, Ilhabela, SP Ilha de Vitória, Ilhabela, SP	Bokermann (1966)

## Regra de ilhas, nanismo e gigantismo

Um dos principais efeitos do isolamento dos organismos em ilhas é postulado pela Regra de Ilhas, proposta por Van Valen (1973). Esta regra sugere que, em ambiente insular, espécies de tamanho grande têm tendência ao nanismo, enquanto espécies pequenas tendem ao gigantismo. Através do exame de diversos taxa e da comparação entre populações continentais e insulares, Lomolino (1985) observou que tal tendência provavelmente seria geral para todos os grupos animais, e que a redução ou aumento do tamanho dos indivíduos depende do tamanho dos indivíduos da população continental ancestral. O limiar generalizado proposto é de aproximadamente 900 g, de forma que espécies que possuem massas maiores que esta no continente tendem ao nanismo, enquanto espécies com massas menores tendem ao gigantismo quando em ilhas. De fato, diversos taxa apresentam este efeito, como o mamute *Palaeoloxodon falconeri*, datado do Pleistoceno intermediário, na ilha da Sicília, Itália, com menos de 5 % do tamanho de seu parente mais próximo continental (Ferretti 2008, Palombo 2007); o dragão de Komodo, *Varanus komodoensis*, um varanídeo da ilha de Komodo, Indonésia, que é o maior lagarto vivo; as tartarugas gigantes *Geochelone gigantea* (Arnold 1979) do atol de Aldabra, Seicheles, e *Geochelone elephantopus*, das Ilhas Galápagos, Equador (Meiri et al. 2008); e talvez o mais conhecido, o *Homo floresciensis*, da Ilha de Flores, Indonésia, que

é a menor espécie de homínídeo já registrada, medindo aproximadamente 1 m de altura (Weston e Lister 2009).

As causas ecológicas para essas modificações de tamanho nas ilhas em comparação com o continente são variadas. Lomolino (2005) propõe que os fatores responsáveis pelo gigantismo em populações insulares são a competição intraespecífica, o relaxamento de competição interespecífica e ausência de predadores. Para o nanismo, os fatores responsáveis são a limitação de recursos, o aumento da pressão predatória, promovendo o uso de esconderijos, e o aumento da competição interespecífica. No entanto, Palkovacs (2003) propõe que a modificação de tamanho em ilhas é decorrente de dois fatores básicos: gigantismo causado por menor taxa de mortalidade extrínseca, e nanismo causado por menor disponibilidade de recursos (Lomolino et al. 2012). Uma terceira hipótese seria o sinal filogenético pela modificação de tamanho observada nas ilhas para determinados taxa, independentemente do tamanho corpóreo da população ancestral (Itescu et al. 2014, Meiri et al. 2008, 2011). Por fim, há a hipótese de que estas conclusões sejam resultado de HARKing (*Hypothesizing after results are known*), e portanto não necessariamente tratam de um fenômeno natural, mas sim da forma como os cientistas interpretam o fenômeno (Lokatis e Jeschke 2018). O deba-

te segue atual e a comunidade científica ainda busca entender quais processos levam às modificações de tamanho que os organismos apresentam nas ilhas.

Para os anfíbios, a relação causa-e-efeito para as alterações de tamanho em ilhas é complexa, e os poucos estudos realizados até o momento mostraram resultados variados. As populações insulares de *Rhinella ornata*, uma espécie de grande porte, apresentam nanismo (Montesinos et al. 2012, Rebouças et al. 2019). Já as populações de *Phyllodytes luteolus*, uma espécie de pequeno porte, e de *Boana albomarginata*, uma espécie de porte mediano, apresentam gigantismo (Mageski et al. 2015, Rebouças et al. 2018). Ainda, populações de *Adenomera marmorata* e de *Scinax trapi-cheiroi*, duas espécies de tamanho pequeno, apresentam nanismo (Rebouças et al. 2018), e populações de *Fejervarya limnocharis* apresentam tanto gigantismo quanto nanismo, a depender da localidade (Wu et al. 2006). Apesar destas observações, um estudo recente demonstrou que os indivíduos das espécies de anuros não apresentam um padrão geral de alterações de tamanho quando em ilhas, o contrário do que é observa-

do para outros vertebrados terrestres (Benítez-López et al. 2020). Portanto, é possível que diversos fatores atuem em cada caso, tornando ainda mais complexa a explicação dos efeitos observados.

Recentemente, foi demonstrado que aspectos comportamentais podem também ter um papel no tamanho apresentado pelos anfíbios em ilhas. Indivíduos de *Boana albomarginata* de ilhas possuem não só tamanhos muito maiores, mas machos possuem diferentes características no canto de anúncio quando comparados aos indivíduos de populações continentais (Rebouças et al. 2020). Tais alterações podem ser resultantes da ação conjunta da seleção direcional pela escolha de parceiros para acasalamento por parte das fêmeas, com os efeitos do isolamento em ilhas descritos acima (Rebouças et al. 2020). Evidências comportamentais nunca haviam sido reportadas para explicar o gigantismo em ilhas, demonstrando assim que pouco se sabe sobre as faunas insulares e quem os anuros podem ser excelentes modelos para pesquisas futuras.

## Malformações

Outro fator que tem sido estudado em anfíbios insulares é a alta incidência de malformações. Deformidades em populações naturais de anuros são comuns, com prevalência de aproximadamente 5 % dos indivíduos. No entanto, quando a prevalência de malformações ultrapassa este valor, provavelmente se deve a outros fatores (Lannoo 2008), como poluição ambiental (Bacon et al. 2013) ou carga parasitária (Johnson et al. 2002). Na população de *Rhinella marina* introduzida em Bermuda, a prevalência de malformações registrada foi de 23 % dos animais examinados (Bacon et al. 2006). Em outro estudo, foi observado efeito de contaminação química por pesticidas que, juntamente com a incidência de radiação ultravioleta, provoca malformações em indivíduos de *R. marina* (Bacon et al. 2013). No Brasil, a população de *R. marina* presente na ilha de Bailique, Amapá (Bessa-Silva et al. 2016), as populações de *R. ornata* nas ilhas Grande, Marambaia e de Itacuruçá, Rio de Janeiro (Rebouças et al. 2019), e *R. diptycha* em Fernando de Noronha, Pernambuco (Forti et al. 2017, Micheletti et al. 2020, Rebouças et al. 2021, Toledo e Ribeiro 2009, Tolledo et al. 2014)

apresentaram alta prevalência de malformações. Nas ilhas do Rio de Janeiro e do Amapá, a prevalência de malformações está em torno de 30 % (Bessa-Silva et al. 2016), geralmente afetando os membros dos animais. Já em Fernando de Noronha, cerca de metade dos indivíduos apresentam malformação em algum nível (Toledo e Ribeiro 2009, Tolledo et al. 2014), incluindo cegueira parcial ou total (Toledo e Ribeiro 2009, Tolledo e Toledo 2015) e surdez (Cobo-Cuan et al. 2020). Isso faz com que Fernando de Noronha seja o local com a maior prevalência de malformações em anfíbios do planeta.

Assim, mais estudos sobre as causas de malformações em anuros insulares podem elucidar diversos aspectos do resultado do isolamento nessas populações. Ainda não existem evidências generalizadas das causas da alta incidência de malformações em ilhas, tampouco do porquê em algumas ilhas esta prevalência é maior que em outras. O entendimento destes aspectos podem ser cruciais na conservação das populações insulares e de espécies endêmicas de ilhas.

## As ilhas e o quitrídio: refúgio ou armadilha?

Os mares ao redor das ilhas oceânicas, além de serem barreiras para anfíbios, podem ser potenciais barreiras para a dispersão do fungo quitrídio *Batrachochytrium dendrobatidis* (Bd), causador da quitridiomiose, doença associada a declínios e extinções de populações de anfíbios em todo mundo (Carvalho et al. 2017, Scheele et al. 2019). Nesse sentido, o isolamento destes ambientes poderia torná-los refúgios sem Bd. Um exemplo são as ilhas Fiji e as Ilhas Salomão, na Oceania, que até o momento não apresentaram casos de infecção por Bd nas espécies testadas (Alabai et al. 2020, Narayan et al. 2011). Similarmente, a ilha de Papua Nova Guiné também não apresentava casos de infecção por Bd em seus anfíbios até 2019 e, conseqüentemente, tem focado em ações preventivas para mantê-los livres do patógeno. A ilha inclusive já prepara planos de ação de contenção de Bd caso os anfíbios sejam atingidos no futuro (Bower et al. 2019).

Alguns riscos constantes para estes supostos refúgios são a visitação e ocupação humana, e a introdução de espécies exóticas (Yap et al. 2016). No Havaí, a introdução de *Eleutherodactylus coqui* causou múltiplos impactos econ micos e ecológicos, além de ter levado consigo o Bd (Beard e O'Neill 2005). No Brasil, ao utilizarmos técnicas moleculares de PCR quantitativo (qPCR) para detectar o Bd em indivíduos da espécie *Rhinella diptycha* introduzida em Fernando de Noronha, encontramos 5 indivíduos infectados dentre os 177 analisados (Forti et al. 2017). Felizmente as cargas de infecção nestes indivíduos foram baixas quando comparados com outras amostras realizadas no nordeste do Brasil (entre 1 e 24 equivalentes gen micos de zoósporo) (Valencia-Aguilar et al. 2015). Testamos também 10 indivíduos de *Scinax x-signatus* de Fernando de Noronha, também uma espécie invasora, mas nenhum deles foi diagnosticado positivo. O Bd pode

ter sido levado para Fernando de Noronha por indivíduos de qualquer uma das espécies, se não ambas.

O isolamento gerado pelas ilhas pode representar uma armadilha para as espécies insulares, visto que a perda de diversidade genética em regiões específicas do DNA pode tornar os anfíbios mais suscetíveis às doenç as. Por exemplo, em ilhas do estado de São Paulo, indivíduos de *Thoropa taophora* possuíam menor diversidade genética associada ao loco gênico do complexo principal de histocompatibilidade (MHC) classe 2, região que codifica moléculas de relevância imunológica. A redução na diversidade genética do MHC pode levar à redução da resiliência das populações frente   infecção pelo Bd (Belasen et al. 2019), efeito que poderia ser ainda mais preocupante no caso de espécies ameaç adas de extinção. No Brasil, amostramos também indivíduos de *Scinax alcatraz* e *Cycloramphus faustoi*, ambos ameaç ados e endêmicos do Arquipélago de Alcatrazes, município de São Sebastião, São Paulo. Nossos dados demonstraram que o Bd está presente na população de *S. alcatraz* há pelo menos 18 anos (de 2003 até 2018) e que a prevalência variou entre zero e 19 % ao longo dos anos (Tabela 2). Embora a prevalência tenha sido moderada, as cargas de infecção detectadas foram consideravelmente baixas, variando entre 1 e 2 equivalentes gen micos de zoósporo entre os animais infectados. Os dados obtidos de uma comunidade de anuros de Ilhabela, São Paulo, por sua vez, demonstraram cargas de infecção por Bd relativamente baixas ou moderadas (de 12 a 225 equivalentes gen micos de zoósporo) e prevalências moderadas (variando de 6 a 40 %) (Gründler et al. 2012). Estes dados, além de mostrarem que o Bd pode ser comum em ilhas, também mostram que até ao nível do mar podemos detectar o fungo, patógeno que por muito tempo foi associado a áreas mais elevadas.

**Tabela 2.** Dados de amostras de swabs cutâneos realizadas em anfíbios endêmicos da Ilha de Alcatrazes.

Espécie	Fonte dos dados	Período de coleta	Número de indivíduos amostrados	Número de infectados	Prevalência (%)
<i>Scinax alcatraz</i>	Museu	2003 – 2005	21	4	19
<i>Scinax alcatraz</i>	Campo	2013	10	0	0
<i>Scinax alcatraz</i>	Campo	2018	48	9	19
<i>Cycloramphus faustoi</i>	Campo	2018	1	1	-



Todos estes estudos indicam que o Bd está presente em vários dos ambientes insulares do Brasil. Em alguns casos, o Bd pode ter sido levado pelo ser humano. O estudo dos agentes patogênicos em ilhas pode trazer informações interessantes sobre a dinâmica de doenças e o risco de declínio de espécies endêmicas. As populações insulares devem continuar sendo monitoradas a fim de evitar a disseminação do Bd. Tal monitoramento, juntamente com estudos sobre perda da diversidade genética, podem contribuir para a compreensão sobre susceptibilidade às doenças. Os efeitos do isolamento das ilhas e a infecção causada

pelo Bd são fatores relacionados com o declínio dos anfíbios pelo mundo. No entanto, ainda são escassos os estudos que exploraram a interação entre estes fatores. A proteção das ilhas que contém espécies endêmicas e ameaçadas, juntamente com a execução de protocolos sanitários, são importantes para evitar a entrada e transporte de agentes patogênicos para a anurofauna insular. Para que isso seja possível, é necessário promover o aumento do número de estudos com anfíbios de ilhas, sendo este um grande desafio a ser superado pela herpetologia brasileira nos próximos anos.

## Permissões

Este estudo foi registrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen #AB761C1; #AF71DEE).

## Agradecimentos

Agradecemos ao Thiago Silva-Soares pelo convite para redigirmos este capítulo, à Cinthia Aguirre Brasileiro e ao Paulo Christiano de Anchieta Garcia por informações adicionais sobre anfíbios insulares, e à revisora ou revisor anônimo pelo tempo despendido durante a retificação deste trabalho. Esse trabalho possui suporte da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP #2016/25358-3, #2019/18335-5), do Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq #300896/2016-6; #140874/2019-4; #302834/2020-6), e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES- #001).

## Referências

- Alabai, M., Esau, T., Kekeubata, E., Esau, D., Waneagea, J., Lobotalau, L., Alick, J., Silas, J., Solome, L., Waneagea, J., Mousisi, K., Cutajar, T. P., Portway, C. D., MacLaren, D. J. e Rowley, J. J. L. 2020. Apparent absence of the amphibian chytrid fungus (*Batrachochytrium dendrobatidis*) in frogs in Malaita Province, Solomon Islands. *Pacific Conservation Biology*.
- Ali, J. R. 2017. Islands as biological substrates: continental. *Journal of Biogeography* 45(5): 1003-1018.
- Arnold, E. N. 1979. Indian Ocean giant tortoises: their systematics and island adaptations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 286(1011): 127-45.
- Bacon, J. P., Fort, C. E., Todhunter B., Mathis, M. e Fort, D. J. 2013. Effects of multiple chemical, physical, and biological stressors on the incidence and types of abnormalities observed in Bermuda's cane toads (*Rhinella marina*). *Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution* 320(4): 218-237.
- Bacon, J. P., Linzey, D. W., Rogers, R. L. e Fort, D. J. 2006. Deformities in cane toad (*Bufo marinus*) populations in Bermuda: Part I. Frequencies and distribution of abnormalities. *Applied Herpetology* 3(1): 39-65.
- Beard, K. H. e O'Neill, E. M. 2005. Infection of an invasive frog *Eleutherodactylus coqui* by the chytrid fungus *Batrachochytrium dendrobatidis* in Hawaii. *Biological Conservation* 126(4): 591-595.
- Belasen, A. M., Bletz, M. C., Leite, D. S., Toledo, L. F. e James, T. Y. 2019. Long-term habitat fragmentation is associated with reduced MHC IIB diversity and increased infections in amphibian hosts. *Frontiers in Ecology and Evolution* 6: 1-12.
- Bell, R. C., Brasileiro, C. A., Haddad, C. F. B. e Zamudio, K. R. 2012. Evolutionary history of *Scinax* treefrogs on land-bridge islands in south-eastern Brazil. *Journal of Biogeography* 39(9): 1733-1742.
- Benítez-López, A., Santini, L., Gallego-Zamorano, R., Milá, B., Walkden, P., Huijbregts, M. A. J. e Tobias, J. A. 2020. The island rule explains consistent patterns of body size evolution across terrestrial vertebrates. *BioRxiv* 2020.05.25.114835.
- Bessa-Silva, A. R., Vallinoto, M., Sodr e, D., Cunha, D. B., Hadad, D., Asp, N. E., Sampaio, I., Schneider, H. e Sequeira, F. 2016. Patterns of genetic variability in island populations of the cane toad (*Rhinella marina*) from the mouth of the Amazon. *PloS one* 11(4):

e0152492.

- Bittencourt-Silva, G., e Silva, H. R. 2013. Insular anurans (Amphibia: Anura) of the coast of Rio de Janeiro, southeast, Brazil. *Check List* 9: 225–234.
- Bokermann, W. C. A. 1966. Lista anotada das localidades tipo de anfíbios brasileiros. São Paulo: Serviço de Documentação, Universidade Rural de São Paulo, Brasil.
- Bower, D. S., Lips, K. R., Amepou, Y., Richards, S., Dahl, C., Nagombi, E., Supuma, M., Dabek, L., Alford, R. A., Schwarzkopf, L., Ziembicki, M., Noro, J. N., Hamidy, A., Gillespie, G. R., Berger, L., Eisemberg, C., Li, Y., Liu, X., Jennings, C. K., Tjaturadi, B., Peters, A., Krockenberger, A. K., Nason, D., Kusriani, M. D., Webb, R. J., Skerratt, L. F., Banks, C., Mack, A. L., Georges, A. e Clulow, S. 2019. Island of opportunity: can New Guinea protect amphibians from a globally emerging pathogen? *Frontiers in Ecology and the Environment* 17(6): 348-354.
- Brasileiro, C. A. 2013. Frogs on Southeastern Brazilian Islands: composition species, endemism and island biogeography. P. 1 in 7th International Conference of Biogeography. Vol. 1. Miami.
- Brasileiro, C. A., Haddad, C. F. B., Sawaya, R. J. e Martins, M. 2007a. A new and threatened species of *Scinax* (Anura: Hylidae) from Queimada Grande Island, southeastern Brazil. *Zootaxa* 1391: 47-55.
- Brasileiro, C. A., Haddad, C. F. B., Sawaya, R. J. e Sazima, I. 2007b. A new and threatened island-dwelling species of *Cycloramphus* (Anura: Cycloramphidae) from southeastern Brazil. *Herpetologica* 63(4): 501-510.
- Brasileiro, C. A., Oyamaguchi, H. M. e Haddad, C. F. B. 2007c. A new island species of *Scinax* (Anura; Hylidae) from southeastern Brazil. *Journal of Herpetology* 41(2): 271-275.
- Brown, J. H. e Kodric-Brown, A. 1977. Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction. *Ecology* 58(2): 445-449.
- Canedo, C. e Pombal Jr, J. P. 2007. Two new species of torrent frog of the genus *Hylodes* (Anura, Hylodidae) with nuptial thumb tubercles. *Herpetologica* 63(2): 224-235.
- Carvalho T., Becker C. G. e Toledo L. F. 2017. Historical amphibian declines and extinctions in Brazil linked to chytridiomycosis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284(1848): 20162254.
- Cobo-Cuan, A., Toledo, L. F. e Narins, P. N. 2020. Call production and auditory sensitivity are uncompromised by nontympanic malformations in cururu toads. *Herpetologica* 76(3): 1-7.
- Darwin, C. R. 1869. *On the origin of species*. London. John Murray. 624 pp.
- Diamond, J. 1969. Avifaunal equilibria and species turnover rates on the Channel Islands of California. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 64(1): 57-63.
- Duryea, M. C., Zamudio, K. R. e Brasileiro, C. A. 2015. Vicariance and marine migration in continental island populations of a frog endemic to the Atlantic Coastal Forest. *Heredity* 115(3): 225-234.
- Ferretti, M. P. 2008. The dwarf elephant *Palaeoloxodon mnaidriensis* from Puntali Cave, Carini (Sicily; late Middle Pleistocene): Anatomy, systematics and phylogenetic relationships. *Quaternary International* 182(1): 90-108.
- Forti, L. R., Becker, C. G., Tacioli, L., Pereira, V. R. Santos, A. C. F. A., Oliveira, I., Haddad, C. F. B. e Toledo, L. F. 2017. Perspectives on invasive amphibians in Brazil. *PloS one* 12(9): e0184703.
- Garcia, P. C. A. 1996. Nova espécie de *Eleutherodactylus* Dumeril & Bibron, 1891 do estado de Santa Catarina, Brasil (Amphibia: Anura: Leptodactylidae). *Biociências* 4: 57-68.
- Gilpin, M. E. e Diamond, J. 1976. Calculation of immigration and extinction curves from the species-area-distance relation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 73(11): 4130-4134.
- Gründler, M. C., Toledo, L. F., Parra-Olea, G., Haddad, C. F. B., Giasson, L. O. M., Sawaya, R. J., Prado, C. P. A., Araujo, O. G. S., Zara, F. J., Centeno, F. C. e Zamudio, K. R. 2012. Interaction between breeding habitat and elevation affects prevalence but not infection intensity of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Brazilian anuran assemblages. *Diseases of Aquatic Organisms* 97(3): 173-184.
- Itescu, Y., Karraker, N. E., Raia, P., Pritchard, P. C. H. e Meiri, S. 2014. Is the island rule general? Turtles disagree. *Global Ecology and Biogeography* 23(6): 689-700.
- Johnson, P. T. J., Lunde, K. B., Thurman, E. M., Ritchie, E. G., Wray, S. N., Sutherland, D. R., Kapfer, J. M., Frest, T. J., Bowerman, J. e Blaustein, A. R. 2002. Parasite (*Ribeiroia ondatrae*) infection linked to amphibian malformations in the western United States. *Ecological Monographs* 72(2): 151-168.
- Lannoo, M. 2008. *Malformed frogs: the collapse of aquatic ecosystems*. Berkeley. University of California Press. 265 pp.
- Lokatis, S. e Jeschke, J. M. 2018. The island rule: an assessment of biases and research trends. *Journal of Biogeography* 45(2): 289-303.
- Lomolino, M. V. 1985. Body size of mammals on islands: the island rule reexamined. *The American Naturalist* 125(2): 310-316.
- Lomolino, M. V. 2005. Body size evolution in insular vertebrates: generality of the island rule. *Journal of Biogeography* 32(10): 1683-1699.
- Lomolino, M. V., van der Geer, A. A., Lyras, G. A., Palombo, M. R., Sax, D. F. e Rozzi, R. 2012. Of mice and mammoths: generality and antiquity of the island rule. *Journal of Biogeography* 40(8): 1427-1439.
- Lutz, B. 1968. New Brazilian forms of *Hyla*. *The Pearce-Sellards Series* 10: 1-20.
- MacArthur, R. e Wilson, E. O. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. New Jersey. Princeton University Press. 203 pp.
- Mageski, M., Ferreira, R. B., Jesus, P. R., Costa, L. C., Roper, J. e Ferreira, P. D. 2015. The island rule in the Brazilian frog *Phyllodytes luteolus* (Anura: Hylidae): incipient gigantism? *Zoologia (Curitiba)* 32(5): 329-333.
- Meiri, S., Cooper, N. e Purvis, A. 2008. The island rule: made to be broken? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275(1631): 141-148.
- Meiri, S., Raia, P. e Phillimore, A. 2011. Slaying dragons: limited evidence for unusual body size evolution on islands. *Journal of Biogeography*

- graphy 38(1): 89-100.
- Micheletti, T., Fosenca, F. S., Mangini, P. R., Serafini, P. P., Krul, R., Mello, T. J., Freitas, M. G., Dias, R. A., Silva, J. C. R., Marvulo, M. F. V., Araujo, R., Gasparotto, V. P. O., Abrahão, C. R., Rebouças, R., Toledo, L. F., Siqueira, P. G. S. C., Duarte, H. O., Moura, M. J. C., Fernandes-Santos, R. C. e Russel, J. C. 2020. Terrestrial invasive species on Fernando de Noronha archipelago: what we know and the way forward. Pp. 51- 94 In Londe, V., *Invasive Species: Ecology, impacts, and potential uses*. New York. Nova Science Publishers, Inc.
- Montesinos, R., Silva, H. R. e Carvalho, A. L. G. 2012. The 'island rule' acting on anuran populations (*Bufo* spp.: *Rhinella ornata*) of the Southern Hemisphere. *Biotropica* 44(4): 506-511.
- Narayan, E., Molinia, F. e Hero, J. M. 2011. Absence of invasive Chytrid fungus (*Batrachochytrium dendrobatidis*) in native Fijian ground frog (*Platymantis vitiana*) populations on Viwa-Tailevu, Fiji Islands. *Acta Herpetologica* 6(2): 261-266.
- Neves, M. O., Pereira, E. A., Sugai, J. L. M., Rocha, S. B., Feio, R. N. e Santana, D. J. 2018. Distribution pattern of anurans from three mountain complexes in southeastern Brazil and their conservation implications. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências* 90: 1611-1623.
- Oswald, C. B. 2016. O status taxonômico de *Ischnocnema manezinho* (Garcia 1996) (Anura, Brachycephalidae). M.Sc. não publicado Dissertação. Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.
- Palkovacs, E. P. 2003. Explaining adaptive shifts in body size on islands: a life history approach. *Oikos* 103(1): 37-44.
- Palombo, M. R. 2007. How can endemic proboscideans help us understand the 'island rule'? A case study of Mediterranean islands. *Quaternary International* 169: 105-124.
- Prado, G. M. e Pombal Jr, J. P. 2008. Espécies de *Proceratophrys* Miranda-Ribeiro, 1920 com apêndices palpebrais (Anura: Cycloramphidae). *Arquivos de Zoologia* 39(1): 1-85.
- Rebouças, R., Becker, C. G., Bacon, J. e Toledo, L. F. 2021. Anthropogenic habitat modification linked to deformities in Cururu Toads from Fernando de Noronha. *Salamandra* 57(3): 389-399.
- Rebouças, R., Augusto-Alves, G. e Toledo, L. F. 2020. Evolution of treefrogs' calls in tropical islands might be under directional selection. *Journal of Zoology* 312(1): 43-52.
- Rebouças, R., Silva, H. R., Sanuy, D. e Solé, M. 2019. Sexual maturity and growth of male toads (*Rhinella ornata*): a comparison between insular and mainland populations. *Zoologischer Anzeiger* 283: 12-19.
- Rebouças, R., Silva, H. R. e Solé, M. 2019. Malformations in insular and coastal populations of toads in Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *South American Journal of Herpetology* 14(1): 12-18.
- Rebouças, R., Silva, H. R. e Solé, M. 2018. Frog size on continental islands of the coast of Rio de Janeiro and the generality of the Island Rule. *PLoS one* 13(1): e0190153.
- Scheele, B. C., Pasmans, F., Skerratt, L. F., Berger, L., Martel, A., Beukema, W., Acevedo, A. A., Burrowes, P. A., Carvalho, T., Catenazzi, A., De la Riva, I., Fisher, M. C., Flechas, S. V., Foster, C. N., Frías-Álvarez, P., Garner, T. W. J., Gratwicke, B., Guayasamin, J. M., Hirschfeld, M., Kolby, J. E., Kosch, T. A., La Marca, E., Lindenmayer, D. B., Lips, K. R., Longo, A. V., Maneyro, R., McDonald, C. A., Mendelson, J., Palacios-Rodriguez, P., Parra-Olea, G., Richards-Zawacki, C. L., Rödel, M. O., Rovito, S. M., Soto-Azat, C., Toledo, L. F., Voyles, J., Weldon, C., Whitfield, S. M., Wilkinson, M., Zamudio, K. R. e Canessa, S. 2019. Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity. *Science* 363: 1459-1463.
- Silva, H. R., Carvalho, A. L. G. e Bittencourt-Silva, G. B. 2008. Frogs of Marambaia: A naturally isolated Restinga and Atlantic Forest remnant of southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 8(4): 167-174.
- Simberloff, D. S. 1974. Equilibrium theory of island biogeography and ecology. *Annual review of Ecology and Systematics* 5(1): 161-182.
- Simberloff, D. S. e Wilson, E. O. 1969. Experimental zoogeography of islands: the colonization of empty islands. *Ecology* 50(2): 278-296.
- Toledo, L. F. e Ribeiro, R. S. 2009. The archipelago of Fernando de Noronha: an intriguing malformed toad hotspot in South America. *EcoHealth* 6(3): 351-357.
- Tolledo, J. e Toledo, L. F. 2015. Blind toads in paradise: the cascading effect of vision loss on a tropical archipelago. *Journal of Zoology* 296(3): 167-176.
- Tolledo, J., Silva, E. T., Nunes-De-Almeida, C. H. e Toledo, L. F. 2014. Anomalous tadpoles in a Brazilian oceanic archipelago: implications of oral anomalies on foraging behaviour, food intake and metamorphosis. *The Herpetological Journal* 24(4): 237-243.
- Van Valen, L. 1973. Patterns and the balance of nature. *Evolutionary Theory* 1: 31-49.
- Valencia-Aguilar, A., Ruano-Fajardo, G., Lambertini, C., Leite, D. S., Toledo, L. F. e Mott, T. 2015. The chytrid fungus acts as a generalist pathogen that infects species-rich amphibian families in Brazilian rainforests. *Diseases of Aquatic Organisms* 114(1): 61-67.
- Wallace, A. R. 1857. XLV.—On the natural history of the Aru Islands. *Annals and Magazine of Natural History* 20(121): 473-485.
- Wallace, A. R. 1862. On the trade of the Eastern Archipelago with New Guinea and its islands. *The Journal of the Royal Geographical Society of London* 32: 127-137.
- Weston, E. M. e Lister, A. M. 2009. Insular dwarfism in hippos and a model for brain size reduction in *Homo floresiensis*. *Nature* 459(7243): 85-88.
- Wu, Z., Li, Y. e Murray, B. R. 2006. Insular shifts in body size of rice frogs in the Zhoushan Archipelago, China. *Journal of Animal Ecology* 75(5): 1071-1080.
- Yap, T. A., Gillespie, L., Ellison, S., Flechas, S. V., Koo, M. S., Martinez, A. E. e Vredenburg, V. T. 2016. Invasion of the fungal pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis* on California islands. *EcoHealth* 13(1): 145-150.
- Zornosa-Torres, C., Augusto-Alves, G., Lyra, M. L., Silva, J. C. da, Garcia, P. C., Leite, F., Verdade, V., Rodrigues, M. T., Gasparini, J. L., Haddad, C. F. e Toledo, L. F. 2020. Anurans of the Caparaó National Park and surroundings, southeast Brazil. *Biota Neotropica*, 20: e20190882.



*Acanthochelys macrocephala*  
Foto: Thiago Silva-Soares

# CHAVE TAXONÔMICA DE IDENTIFICAÇÃO DE QUELÔNIOS CONTINENTAIS BRASILEIROS

Rafaella de Carvalho Garbin<sup>1</sup> & Fábio Andrew Gomes Cunha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Museu Cantonal de Ciências Naturais, Lausana, Suíça

<sup>2</sup>Universidade Federal do Pará, PPG Ecologia Aquática e Pesca, Belém, Brasil

Autor para correspondência: garbin.rafaella@gmail.com e fabioagcunha@gmail.com

Leia ou clique no código para assistir a palestra desse capítulo na Herpetorama!



## Resumo

Frequentemente esquecidos na herpetologia, os quelônios continentais representam apenas 1,7% da riqueza de espécies da herpetofauna brasileira. Portanto, as 34 espécies de quelônios continentais brasileiros são pouco conhecidas de biólogos e herpetólogos trabalhando no território nacional. Com o intuito de facilitar a identificação de espécimes no campo e em laboratório, apresentamos a primeira chave taxonômica brasileira de tartarugas de água doce e terrestres em português. Esta chave inclui todas as 34 espécies atualmente distribuídas no Brasil, correspondendo a 6 famílias e 13 gêneros, e utiliza características da morfologia externa e osteologia da cabeça, carapaça, plastrão e membros locomotores.

Palavras-chave: Testudines – Tartarugas – Taxonomia

## Abstract

Frequently understudied in Herpetology, freshwater turtles and tortoises represent only 1.7% of the species richness of Brazilian herpetofauna. Nevertheless, the 34 species of Brazilian turtles are little known to biologists and herpetologists working all over Brazil. In order to ease the identification of specimens in the field and in the laboratory, we present the first Brazilian taxonomic identification key of freshwater turtles and tortoises, in Portuguese. This key includes all of the 34 species currently distributed in Brazil, belonging to 6 families and 13 genera, and uses morphological and osteological characters from the head, shell, and limbs.

Keywords: Testudines – Turtles – Taxonomy

## Introdução

O Brasil é um dos países com a maior riqueza de espécies de quelônios continentais do mundo, apresentando 34 das 358 espécies (9,5%) de tartarugas de água doce e terrestres recentes (TTWG 2021, Cunha et al 2022). Ainda assim, a diversidade de quelônios brasileiros é pouco conhecida entre herpetólogos e biólogos trabalhando no cenário nacional, e portanto, esta diversidade corresponde à 1,7% da herpetofauna brasileira (Costa, Guedes e Bérnils 2021, Segalla et al. 2021).

As 34 espécies de quelônios continentais atualmente distribuídas no Brasil (Figuras 1, 2 e 3; Tabela 1) estão classificadas em 6 famílias e 14 gêneros, ocorrendo em rios, lagoas, lagos, manguezais, florestas decíduas

e semi-áridas por todo território nacional (Cunha et al. 2019, Vargas-Ramirez et al. 2020, TTWG 2021). Destas, a família Chelidae é a mais diversa, contando com 8 gêneros e 23 espécies distribuídas principalmente na Floresta Amazônica, Mata Atlântica e Caatinga (Cunha et al. 2021a, 2021b e 2022). Fazem parte desta família os cágados-pescoço-de-cobra (*Hydromedusa* spp.), os cágados-de-barbela (*Phrynops* spp.), e os cágados-cabeça-de-sapo (*Mesoclemmys* spp.).

Já a família Podocnemididae contém 5 espécies ocorrendo no Brasil (Ernst e Barbour 1989, TTWG 2021), dos gêneros *Podocnemis* e *Peltecephalus*, distribuídas exclusivamente na Floresta Amazônica, como a tarta-

rugosa-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*), o tracajá (*Podocnemis unifilis*) e o cabeçudo (*Peltecephalus dumerilianus*).

Outras 4 famílias de menor diversidade ocorrem no Brasil (Ernst e Barbour 1989, Bonin, Devaux e Dupre 2006, TTWG 2021): Geoemydidae, com apenas 1 espécie atualmente reconhecida, a perema (*Rhinoclemmys punctularia*), distribuída na Floresta Amazônica e possivelmente introduzida no Rio de Janeiro, Bahia e Espírito Santo; Emydidae, com 2 espécies de tigras d'água brasileiros distribuídos em regiões disjuntas (Maranhão e Rio Grande do Sul); Kinosternidae, com apenas 1 espécie de pequeno porte e ampla distribuição na floresta Amazônica e na Caatinga, o muçã (*Kinosternon scorpioides*); Testudinidae, que contêm as 2 espécies de jabutis brasileiros de ampla distribuição – jabuti-tinga e o jabuti-pitanga.

Com o objetivo de familiarizar e auxiliar biólogos de campo e herpetólogos de todo Brasil na identi-

cação desses quelônios, criamos a primeira chave taxonômica em português de identificação de quelônios continentais, abrangendo todas as espécies atualmente reconhecidas no território nacional (Cunha et al. 2019, 2021b e 2022). Esta chave faz uso principalmente de características morfológicas externas e osteológicas, como forma, coloração e medidas relativas da carapaça, plastrão, cabeça e membros, e outras estruturas anatômicas de um quelônio (Figura 4).

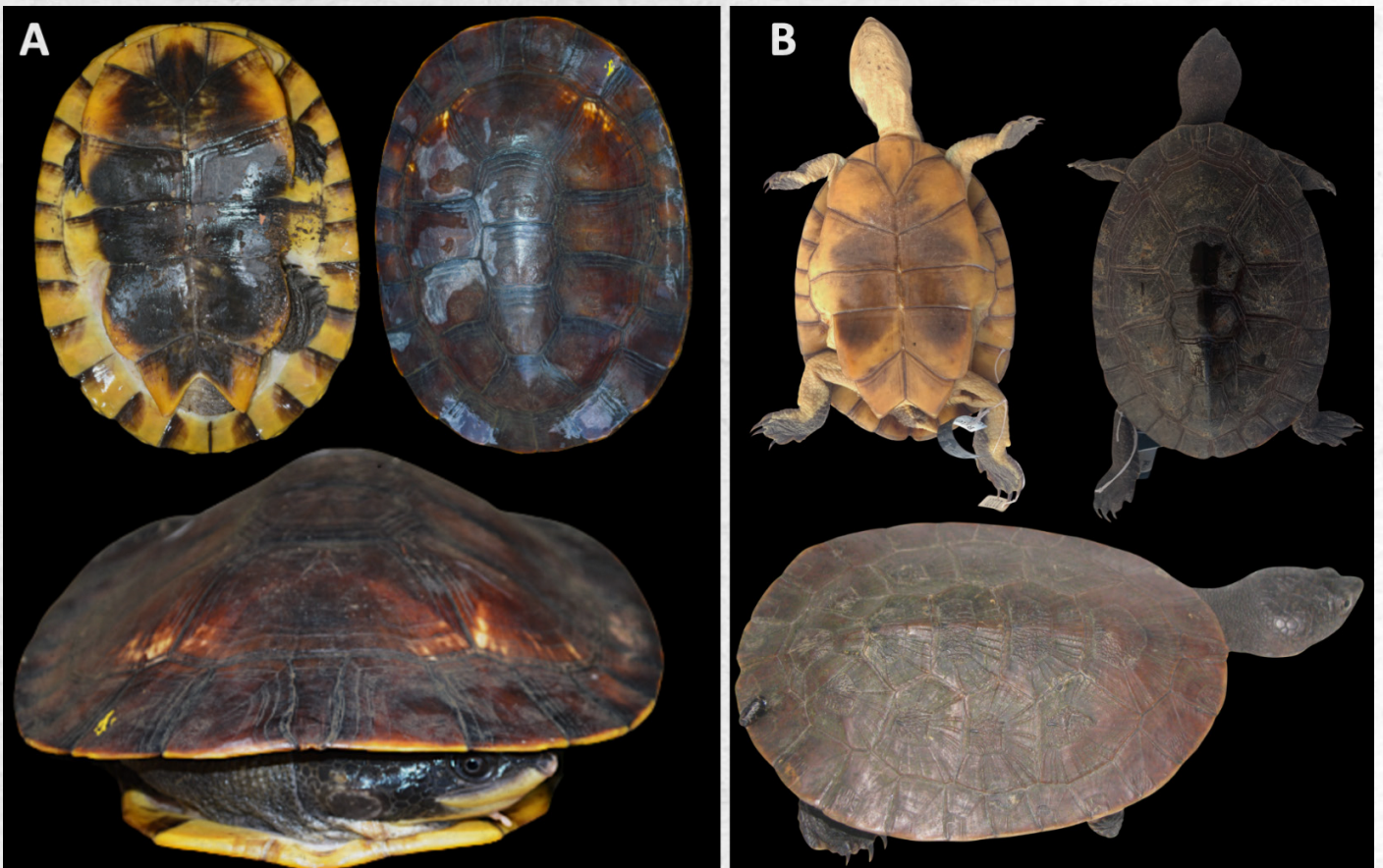
As características diagnósticas aqui utilizadas para diferenciar espécies fazem referência àquelas usadas previamente em outras chaves taxonômicas ou em trabalhos originais de descrição e revisão dessas espécies, como: Ernst e Barbour (1989), Vanzolini (1993), McCord, Joseph-Ouni e Lamar (2001), Bour e Zaher (2005), Bonin, Devaux e Dupre (2006), Garbin et al (2016), Cunha et al (2019, 2021a, 2021b e 2022), Vargas-Ramírez et al (2020).



**Figura 1.** Diversidade de espécies de quelônios continentais brasileiros. A. *Chelus fimbriata*; B. *Mesoclemmys raniceps*; C. *Rhinemys rufipes*; D. *Platemys platycephala*. Fotos: Fábio A. G. Cunha.



**Figura 2.** Fêmea adulta de Tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) em ovipostura, Juruti, Pará, Brasil. Foto: Fábio A. G. Cunha.



**Figura 3.** Duas novas espécies de *Mesoclemmys* sp. da região amazônica brasileira (Cunha et al 2021b, 2022). A - *Mesoclemmys jurutiensis*. B - *Mesoclemmys sabiniparaensis*. Fotos: Fábio A. G. Cunha.

**Tabela 1.** Lista de distribuição geográfica das 34 espécies de quelônios continentais brasileiros por estado. Ocorrências duvidosas (?) e registros invalidados (X) estão igualmente representados. Referências numeradas: (1) Costa, Bérnils e Guedes 2021; (2) TTWG 2021; (3) Garbin et al 2016; (4) Cunha et al 2022; (5) Cunha et al 2022a; (6) Cunha et al 2021a.

Espécie	Nome Popular	Estados brasileiros																			Ref.										
		RR	AP	AC	RO	AM	PA	TO	MT	MS	GO	DF	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE		BA	ES	MG	RJ	SP	PR	SC	RS		
<b>CRYPTODIRA</b>																															
<i>Chelonoidis carbonarius</i> (Spix 1824)	Jabutí-piranga, Jabuti-vermelho																														
<i>Chelonoidis denticulatus</i> (Linnaeus 1766)	Jabutí-tinga, Jabuti-amarelo																														
<i>Kinosternon scopiooides</i> (Linnaeus 1766)	Muçuçã, Peito-de-moia																														
<i>Trachemys dohrigi</i> (Duméril & Bibron 1835)	Tigre d'água brasileiro																														
<i>Trachemys aditrix</i> Vanzolini 1995	Pininga, Capinanga																														
<i>Rhinoclemmys punctularia</i> (Daudin 1801)	Perema, Aparama																														
<b>PLEURODIRA</b>																															
<i>Pettocephalus dumerilianus</i> (Schweigger 1812)	Cabequido																														
<i>Podocnemis erythrocephala</i> (Spix 1824)	Itapuca																														
<i>Podocnemis sextuberculata</i> Cornalia 1849	Pitú, laçá																														
<i>Podocnemis expansa</i> (Schweigger 1812)	Tartaruga-da-Amazônia, Capiani																														
<i>Podocnemis unifilis</i> Tröschel 1848	Tracajá, Zê-prego																														
<i>Hydromedusa maxmilliani</i> (Milan 1820)	Çágado peçoço-de-cobra																														
<i>Hydromedusa tectifera</i> Cope 1870	Çágado peçoço-de-cobra																														
<i>Platemys platycephala</i> (Schneider 1792)	Jabutí machado, Machadinha																														
<i>Chelus fimbriata</i> (Schneider 1783)	Matamatá																														
<i>Chelus ornocensis</i> (Vargas-Ramirez et al 2020)	Matamatá do Orinoco																														
<i>Acanthochelys spinix</i> (Duméril e Bibron 1835)	Çágado-de-espinhos																														
<i>Acanthochelys macrocephala</i> (Rhodin, Mittermeier e McMorris 1984)	Tartaruga-do-Pantanal																														
<i>Acanthochelys radialis</i> (Milan 1820)	Çágado-amarelo																														
<i>Rhinemys rufipes</i> (Spix 1824)	Çágado-vermelho																														
<i>Phrynops williamsi</i> Rhodin e Mittermeier 1983	Çágado-de-ferradura																														
<i>Phrynops hilarii</i> (Duméril e Bibron 1835)	Çágado-de-barbelas																														
<i>Phrynops geoffroanus</i> (Schweigger 1812)	Çangaparã, Çágado-de-barbela																														
<i>Phrynops tuberosus</i> (Peters 1870)	Çágado-de-barbicha																														
<i>Ranacephala hogeni</i> (Mertens 1967)	Çágado-de-Hoge																														
<i>Mesoclemmys vanderhaegae</i> (Bour 1973)	Tartaruga-cabeça-de-sapo																														
<i>Mesoclemmys perplexa</i> Bour e Zaher 2005	Çágado-golano																														
<i>Mesoclemmys juratensis</i> Cunha et al 2021b	Perema-de-Jurutí, Perema-preta																														
<i>Mesoclemmys gibba</i> (Schweigger 1812)	Tartaruga-de-poças																														
<i>Mesoclemmys tuberculata</i> (Luederwaldt 1926)	Çágado-do-nordeste																														
<i>Mesoclemmys nasuta</i> (Schweigger 1812)	Çágado-da-cabeça-de-sapo-commum																														
<i>Mesoclemmys raniceps</i> (Gray 1856)	Lalá																														
<i>Mesoclemmys wernuthi</i> (Mertens 1969)	Çágado de Wernuth																														
<i>Mesoclemmys subhinparaensis</i> Cunha et al 2022	Perema-do-Pará																														



## CHAVE TAXONÔMICA DE QUELÔNIOS CONTINENTAIS BRASILEIROS COM BASE EM CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E OSTEOLÓGICAS

1 Carapaça alta e muito abobadada; membros anteriores e posteriores elefantiformes ornados de escamas com dígitos distintamente separados; escudo cervical ausente; hábito predominantemente terrestre ..... 2- Jabutis – *Chelonoidis* sp.

1' Carapaça pouco abobadada ou com algum grau de achatamento dorsoventral; membros anteriores e posteriores com dígitos unidos por membrana interdigital; escudo cervical presente; hábito aquático ou semi aquático..... 3

2 Membros anteriores e posteriores com escamas de cor vermelha; dorso da cabeça com manchas amarelas ou vermelhas..... *Chelonoidis carbonarius*

2' Membros anteriores e posteriores com escamas de cor amarelada; dorso da cabeça com manchas amarelas; presença de duas escamas grandes distintas acima da narina ..... *Chelonoidis denticulatus*

3 Carapaça muito à pouco achatada dorsoventralmente; plastrão com pelo menos seis pares de escudos epidérmicos; fenda plastral ausente..... 4

3' Carapaça pouco abobadada, ornada de três quilhas longitudinais; plastrão com cinco pares de escudos e um escudo individual; duas fendas móveis plastrais presentes entre escudos peitoral-abdominal e entre escudos abdominal-femoral..... *Kinosternon scorpioides*

4 Carapaça oval ou elíptica; hábito aquático ou semiaquático; coloração do pescoço e cabeça em padrão estriado esverdeado e amarelado; presença de mancha auricular amarelo-alaranjada ..... 5 - Tigres d'água – *Trachemys* sp.

4' Carapaça arredondada ou ovalada; hábito aquático, semiaquático ou semiterrestre; ausência de mancha auricular ..... 6

5 Narinas pontudas; mancha auricular amarelo-alaranjada; presença de uma mancha amarela ventral à cada extremidade da mandíbula; plastrão amarelado com padrão de mancha escura central cobrindo as interseções dos escudos; distribuição natural em lagos e banhados do sul do país..... Tigre d'água brasileiro – *Trachemys dorbigni* - possível hibridação com tigre d'água americana *Trachemys scripta*

5' Narinas pontudas; mancha auricular amarelo-alaranjada; plastrão amarelado com padrão de mancha escura sobre as interseções dos escudos; dorso da cabeça de coloração esverdeada uniforme, sem estrias; distribuição natural em restinga e lagoas temporárias no litoral maranhense ..... *Trachemys adiutrix* – possível subespécie de *Trachemys dorbigni* (Rodrigues et al. 2016)

6 Pescoço curto com retração total no interior da carapaça (Subordem Cryptodira); ausência de escudo intergular no plastrão; narinas proeminentes e bem marcadas; carapaça com quilha mediana; cabeça com padrão de coloração preto com poucas estrias alaranjadas ou vermelhas ..... Perema – *Rhinoclemmys punctularia*

6' Pescoço médio à longo com retração lateral, horizontal à carapaça, e incapaz de retração total no interior da carapaça; presença de escudo intergular (entre os dois escudos gulares); hábito aquático e semiaquático .....  
..... 7- subordem Pleurodira

### **SUBORDEM PLEURODIRA**

7 Margem anterior do plastrão na mesma altura que a margem anterior da carapaça; ossos mesoplastrais presentes (entre hioplastrão e hipoplastrão); pescoço de comprimento médio; distribuição predominante na região da bacia Amazônica ..... 8- Família Podocnemididae

7' Margem anterior do plastrão é posterior à margem anterior da carapaça; ossos mesoplastrais ausentes (hioplastrão e hipoplastrão se tocam); pescoço de comprimento médio à muito longo; distribuição em todo país .....  
..... 12- Família Chelidae

8 Cabeça grande; presença de uma placa rígida na região dorsal da cabeça; carapaça lisa preta; presença de aroma almíscar quando capturado; plastrão de coloração uniforme amarelo-claro/pálido bico córneo em formato de gancho, semelhante a de papagaio ..... *Peltocephalus dumerilianus*

8' Cabeça com presença de sulcos na região dorsal; presença de manchas marcantes na região da cabeça quando juvenis ..... *Podocnemis* sp.

9 Indivíduos com manchas amarelas ou claras na região da cabeça quando filhotes/juvenis; cabeça com placas marrom avermelhado acima das narinas quando adultos ..... 10

9' Carapaça marrom avermelhado; plastrão bege uniforme; presença de coloração marcante em cor vermelho vibrante na extremidade de toda carapaça; cabeça com manchas avermelhadas, que tendem a desaparecer em fêmeas adultas ..... *Podocnemis erythrocephala*

10 Um ou dois barbelos abaixo da mandíbula; carapaça lisa com tonalidade escura; presença de placas entre os olhos ..... 11

10' Placa interparietal dividindo as placas parietais na cabeça; presença de pequenas manchas na cabeça; coloração da carapaça marrom claro, caqui ou bege; em filhotes e juvenis presença de seis tubérculos no plastrão (nos escudos peitorais, abdominais e femorais) ..... *Podocnemis sextuberculata*

11 Ausência de placas suboculares; ausência de fenda maxilar; carapaça sutilmente planada sendo mais plana na região posterior da carapaça; presença de dois barbelos relativamente pequenos abaixo da mandíbula ..... *Podocnemis expansa*

11' Carapaça alta em coloração preto uniforme; entalhe sutil na região anterior da carapaça em formato de "v"; manchas amarelas marcante na região da cabeça, desaparecendo em fêmeas adultas; presença de um único barbelo ..... *Podocnemis unifilis*

## **FAMÍLIA CHELIDAE**

12 Carapaça pouco achatada dorsoventralmente; pescoço de comprimento médio à longo; escudo cervical presente entre os primeiros escudos marginais, tocando a margem da carapaça; membros anteriores com 5 unhas cada ..... 14

12' Carapaça muito achatada dorsoventralmente; pescoço muito longo; escudo cervical presente mas não toca a margem anterior da carapaça; primeiros escudos marginais se tocam; membros anteriores com apenas 4 unhas cada ..... 13- Cágado-pescoço-de-cobra – *Hydromedusa* sp.

13 Carapaça escura com quilha mediana muito à pouco marcada; cabeça e pescoço com coloração dorsal castanho escura e coloração ventral amarelada; presença de poucos tubérculos no pescoço ..... *Hydromedusa maximiliani*

13' Carapaça escura com quilha mediana bem marcada, mesmo em adultos; cabeça e pescoço com coloração dorsal castanho escura e coloração ventral amarelada, separadas por uma linha preta iniciando na região dos olhos e que segue ao longo do pescoço; presença abundante de tubérculos no pescoço ..... *Hydromedusa tectifera*

14 Carapaça achatada com pelo menos uma quilha longitudinal muito ou pouco marcada, mas nunca uma depressão ou sulco; adultos com mais de 15 centímetros de comprimento de carapaça ..... 15

14 Carapaça achatada com depressão mediana forte formando um sulco e presença de duas quilhas laterais; cabeça triangular, pequena; carapaça e pescoço com coloração dorsal amarelo-alaranjada e coloração ventral preta; carapaça pequena ..... Jabuti-machado – *Platemys platycephala*

15 Cabeça ovalada e olhos ântero-laterais; presença de barbelos no ventre da cabeça; carapaça oval-arredondada; até seis ossos neurais presentes ..... 17

15 Narinas alongadas formando um tubo; cabeça triangular com olhos anteriores; pescoço longo e alargado, quase 2x mais largo que outras espécies; presença de abundantes fímbrias na lateral e ventre do pescoço; presença de 7 ossos neurais; carapaça com três quilhas longitudinais bem marcadas ou com uma forte quilha mediana e escudos pleurais elevados em pirâmide ..... 16 - Matamatá – *Chelus* sp.

16 Carapaça retangular; coloração do plastrão fortemente escuro em tons rosados e marrons com partes pretas em formatos irregulares, sobretudo na região central do plastrão; partes moles em coloração em tons róseos à avermelhados ..... *Chelus fimbriata*

16' Carapaça em formato oval, sendo mais larga na região anterior porém mantendo o formato oval; coloração do plastrão e partes moles do corpo em tons amarelo pálido ..... *Chelus orinocensis*

17 Carapaça arredondada à oval, com algum grau de achatamento dorsoventral ou um pouco piramidal; presença de barbelos médios à longos abaixo da mandíbula; até seis ossos neurais presentes ..... 20

17' Carapaça oval a elíptica, abobadada; presença de barbelos muito curtos ou ausentes abaixo da mandíbula; presença abundante de tubérculos pontiagudos ou arredondados no dorso e lateral do pescoço; presença abundante de tubérculos de diversos tamanhos na região entre a cauda e os membros posteriores; ossos neurais ausentes ..... 18 - *Acanthochelys* sp.

18 Plastrão, ventre dos membros, da cabeça e pescoço com coloração amarelada uniforme ou raiada, nunca completamente pretos ou castanho escuro; tubérculos dorsais do pescoço curtos e arredondados/pontiagudos, nunca longos; presença de sulco pouco profundo se estendendo entre o segundo e quarto escudos vertebrais ..... 19

18' Carapaça, plastrão, membros e região ventral do pescoço com coloração uniforme castanho escura à preta; presença de abundantes tubérculos longos e pontiagudos no dorso do pescoço; presença de sulco pouco profundo na carapaça podendo se estender entre o primeiro e quinto escudos vertebrais ..... *Acanthochelys spixii*

19 Comprimento da carapaça menor que cinco vezes a largura timpânica da cabeça; cabeça mais larga posteriormente; tubérculos entre a cauda e membros posteriores de forma irregular, médios à longos; padrão de coloração nos juvenis recém-eclodidos azul com manchas alaranjadas; entalhe ausente entre os 12os escudos marginais ..... *Acanthochelys macrocephala*

19' Comprimento da carapaça maior que cinco vezes a largura timpânica da cabeça; cabeça oval, com narinas pouco proeminentes; tubérculos entre a cauda e membros posteriores de forma irregular, curtos a médios; padrão de coloração nos juvenis recém-eclodidos com matriz alaranjada e manchas pretas; presença de pequeno entalhe entre os 12os escudos marginais ..... *Acanthochelys radiolata*

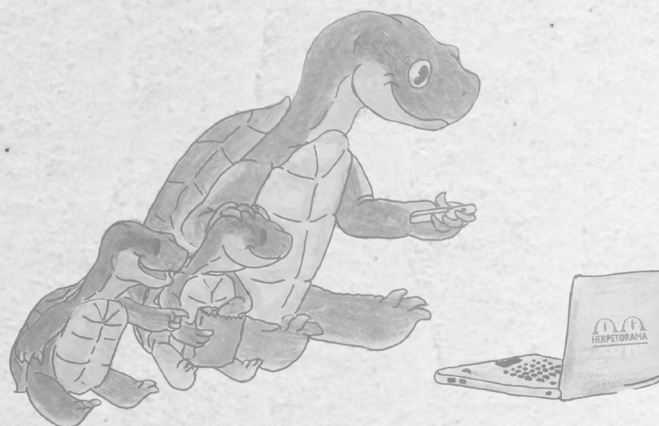
20 Carapaça arredondada à oval, com algum grau de achatamento dorsoventral, nunca piramidal; se presente, quilha mediana pouco marcada em adultos ..... 21

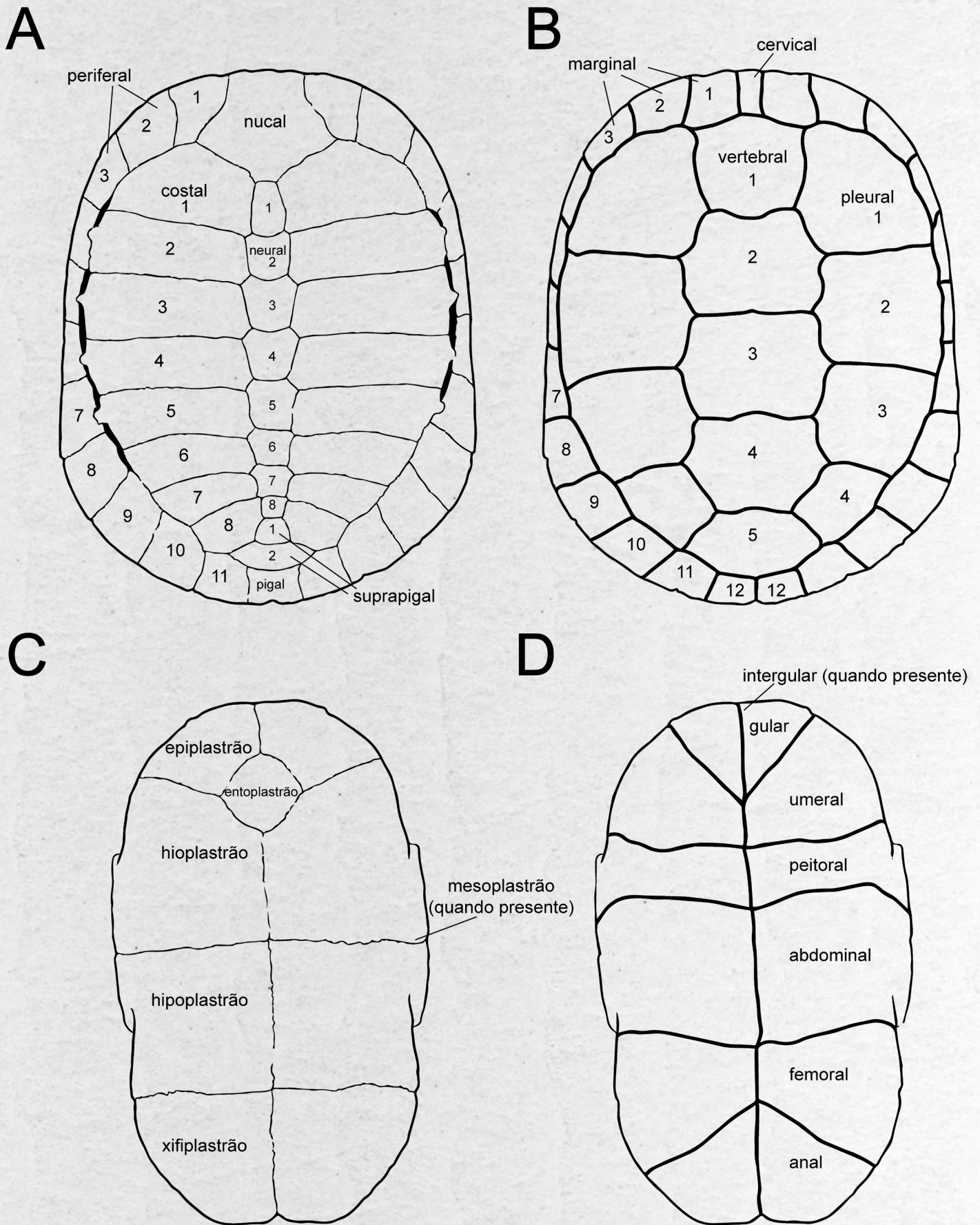
20' Carapaça com base arredondada e elevada na região central (piramidal), com quilha mediana bem marcada; carapaça, plastrão, cabeça e pescoço de coloração avermelhada; presença de linha preta lateral se iniciando nas narinas e seguindo ao longo da lateral do pescoço; narinas muito proeminentes ..... *Rhinemys rufipes*

- 21 Presença de uma ou mais listras escuras na região lateral da cabeça, passando pela região timpânica, pelos olhos até a narina; plastrão em tons róseos e laranjas, principalmente em juvenis, com manchas escuras em formatos de círculos irregulares; cabeça relativamente pequena em formato triangular ..... 22 - *Phrynops* sp
- 21' Cabeça grande, com presença de muitas placas irregulares na região lateral e dorsal da cabeça; é possível notar região abaulada na região dorsolateral da cabeça, sem a presença de ossos ..... 25 - *Mesoclemmys* sp. e *Ranacephala* sp.
- 22 Coloração da cabeça caqui, sobretudo na região dorsal; região ventral da cabeça de coloração clara, quase sempre branca ..... 23
- 22 Olhos uniformes completamente pretos; região dorsal cabeça escura com uma faixa irregular consideravelmente grossa de coloração branca; região ventral da cabeça em coloração branca com os barbelos longos e uma mancha delimitada de coloração preta em formato de ferradura ..... *Phrynops williamsi*
- 23 Duas ou mais manchas pretas grossas na região lateral da cabeça; por vezes com padrão zebrado; plastrão róseo com regiões escuras de tonalidade opaca ..... 24
- 23' Presença de uma única listra preta fina bem delimitada na região lateral da cabeça, do início da cabeça, passando pelos olhos até a ponta da narina; região ventral da cabeça em tons amarelo-pálido uniforme e, região dorsal da cabeça em tons marrom-claro a caqui ; plastrão com pequenas manchas pretas sobre os escudos ..... *Phrynops hilarii*
- 24 Carapaça baixa, relativamente aplanada de coloração escura, em alguns casos verde-musgo; plastrão com manchas delgadas de coloração cinza-escura com distribuição esparsa; plastrão em tons róseos à alaranjado; região ventral das partes moles de coloração branca com presença de manchas irregulares e esparsas pelos pescoço, patas dianteiras e traseiras e região caudal ..... *Phrynops geoffroanus*
- 24 Carapaça relativamente baixa; plastrão com manchas largas de coloração escuras, marcantes, presença de poucas listras na região dorso-lateral da cabeça; apresenta pescoço pouco rugoso ..... *Phrynops tuberosus*
- 25 Comprimento da carapaça maior ou igual a cinco vezes a largura timpânica da cabeça; narinas proeminentes; se presente, carapaça com fraca quilha medial ..... 26
- 25' Comprimento da carapaça menor que cinco vezes a largura timpânica da cabeça; cabeça alargada posteriormente, chamados de Cágado-cabeça-de-sapo ..... 30

- 26 Carapaça pouco à muito abobadada; quilha medial fraca ou ausente; presença de dois barbelos médios a longos no ventre da cabeça ..... 27
- 26' Carapaça baixa, com algum grau de achatamento dorsoventral, nunca abobadada; quilha medial presente; presença de dois barbelos curtos à muito curtos no ventre da cabeça ..... 28
- 27 Carapaça abobadada e longa (até 35 cm de comprimento), sem quilha ou sulco medial; cabeça com distinta coloração: escura dorsalmente (cinza à castanho avermelhado) e amarelada ventralmente; abdominal e femoral são os mais longos escudos plastrais, respectivamente; distribuição restrita à bacia do rio Paraíba do Sul e regiões do entorno ..... *Ranacephala hogei*
- 27' Carapaça pouco abobadada, com leve depressão sobre o segundo e terceiro escudos vertebrais; fraca quilha medial, se presente, na região posterior da carapaça; cabeça e pescoço com distinta coloração: escura dorsalmente (cinza-escuro ou cinza esverdeado) e amarelada ventralmente; maxilar e mandíbula amarelados mas raramente marcados com manchas pretas; margens laterais da carapaça elevadas, entre o quarto e sétimo escudos marginais; plastrão amarelado com mancha central entre escudos peitorais e femorais ..... *Mesoclemmys vanderhaegei*
- 28 Carapaça elíptica, achatada dorsoventralmente, e com constrição lateral em adultos; quilha medial presente; narinas curtas e pontiagudas; escudos vertebrais e pleurais com marcas concêntricas e estrias bem marcadas, adultos com padrão mais liso; dorso da cabeça, pescoço, carapaça e plastrão de coloração castanho escura à preta; plastrão amarelado com mancha central entre escudos umerais e femorais ..... *Mesoclemmys perplexa*
- 28' Carapaça ovalada-elíptica com fraca quilha medial; narinas proeminentes e pontiagudas; pescoço curto; barbelos curtos no ventre da cabeça..... 29
- 29 Dorso da cabeça e pescoço de coloração uniforme preta; ventre da cabeça cinza-escuro à preto, com detalhes amarelo-claro e barbelos da mesma cor; carapaça marrom-avermelhado achatada dorsoventralmente, com fraca quilha medial sobre o quarto e quinto escudos vertebrais; plastrão de coloração amarelo forte com mancha central preta..... *Mesoclemmys jurutiensis*
- 29' Carapaça, dorso da cabeça e pescoço de coloração cinza-escuro à preto; fraco entalhe entre os 12 escudos marginais ..... 30
- 30 Cabeça e pescoço com coloração bicolor distinta, dorso castanho escuro à preto e ventre claro amarelado; carapaça achatada de coloração castanho escuro avermelhado, plastrão amarelado com mancha central castanho escura; margens laterais da carapaça abaixadas..... *Mesoclemmys sabiniparaensis*
- 30' Cabeça e pescoço com coloração uniforme escura, cinza-escuro à preto, dorsal e ventral; carapaça levemente abobadada de coloração cinza-escuro à preto; margens laterais da carapaça elevadas..... *Mesoclemmys gibba*
- 31 Cabeça grande, com largura timpânica maior que 20% o comprimento da carapaça; carapaça baixa; plastrão

- amarelo queimado ou com presença da região central do plastrão escura .....31
- 31' Cabeça cinza escuro com pontos claros desde a ponta da narina até a base do cabeça/pescoço; inúmeras escamas em alto-relevo em formato irregular na região dorso-lateral da cabeça; presença de tubérculos cônicos nos pescoço; margem lateral da da carapaça elevada; ossos neurais muito reduzidos ou ausentes .....  
 ..... *Mesoclemmys tuberculata*
- 32 Cabeça grande, dorso da cabeça podendo apresentar manchas claras ou pequenos pontos, mas nunca de coloração uniforme; olhos médios a grandes ..... 32
- 32' Cabeça extremamente grande, sobretudo na medida da largura na região timpânica; espécie considerada megalocéfala; espécie endêmica do extremo norte do Brasil, no estado do Amapá ; olhos pequenos .....  
 ..... *Mesoclemmys nasuta*
- 33 Presença de manchas claras irregulares em tons pálidos por toda a cabeça; presença de inúmeras escamas planas em formato hexagonal na região dorso-lateral da cabeça; cabeça de coloração cinzenta; olhos grandes, posicionados na região anterior da cabeça; carapaça escura e nas regiões de intersecção dos escudos vertebrais, costais e marginais mais claros, de coloração amarelo ..... *Mesoclemmys raniceps*
- 33' Presença de uma linha pós-orbital preta ao longo da lateral da cabeça, de início nos olhos até o fim da maxila; olhos pequenos; narinas proeminentes e pontiagudas; cabeça de coloração dorsal escura com pequenos pontos pretos, tímpano de coloração amarela-clara uniforme; plastrão de coloração amarelo com mancha central preta..... *Mesoclemmys wermuthi* (= maculata, sensu Cunha et al. 2019)





**Figura 4.** Esquema geral da anatomia da carapaça e plastrão de um quelônio. A quantidade e disposição de ossos e escudos epidérmicos variam dentro da taxonomia. Nomenclatura segue Zangerl (1969). A - Ossos da carapaça. B - Escudos epidérmicos da carapaça. C - Ossos do plastrão. D - Escudos epidérmicos do plastrão.



## Referências

- Bonin, F., Devaux, B., e Dupré, A. 2006. *Turtles of the World*. 3ª edição. Baltimore. The John Hopkins University Press. 416pp.
- Bour, R., e Zaher, H. 2005. A new species of *Mesoclemmys*, from the open formations of northeastern Brazil (Chelonii, Chelidae). *Papéis avulsos de Zoologia*, 45:295–311.
- Costa, H. C., Guedes, T. B., e Bérnils, R. S. 2021. Lista de répteis do Brasil : padrões e tendências. *Herpetologia Brasileira* 10(3):110–279.
- Cunha, F. A. G., Fernandes, T., Franco, J., e Vogt, R. C. 2019. Reproductive biology and hatchling morphology of the Amazon toad-headed turtle (*Mesoclemmys raniceps*) (Testudines: Chelidae), with notes on species morphology and taxonomy of the *Mesoclemmys* group. *Chelonian Conservation and Biology* 18:195–209.
- Cunha, F. A. G., Fagundes, C. K., Brito, E. S., Vogt, R.C., F. Maffei, F., Pezzuti, J., Félix-Silva, D., Rojas-Runjaic, F. J. M., Lasso, C. A., Morales-Betancourt, M. A., de Carvalho, V. T., do Amaral, J. V., Balestra, R. A. M., Acácio, M., Malvasio, A. e Lustosa, G. 2021a. Distribution of *Chelus fimbriata* and *Chelus orinocensis* (Testudines: Chelidae). *Chelonian Conservation and Biology* 20:109–115.
- Cunha, F. A. G., Sampaio, I., Carneiro, J., Vogt, R.C. 2021b. A new species of Amazon freshwater toad-headed turtle in the genus *Mesoclemmys* (Testudines: Pleurodira: Chelidae) from Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 20:151-166
- Cunha, F. A. G., Sampaio, I. Carneiro, J. Vogt, R. C., Mittermeier, R. A., Rhodin, A. G. J. E Andrade, M. C. 2022. A new South American freshwater turtle of the genus *Mesoclemmys* from the Brazilian Amazon (Testudines: Pleurodira: Chelidae). *Chelonian Conservation and Biology* 21:158-180
- Ernst, C.H. e Barbour, R.W. 1989. *Turtles of the World*. Washington D.C. Smithsonian Institution Press. 313pp.
- Garbin, R. C., Karlguth, D. T., Fernandes, D. S. e Pinto, R. R. 2016. Morphological variation in the Brazilian radiolated swamp turtle *Acanthochelys radiolata* (Mikan, 1820) (Testudines, Chelidae). *Zootaxa* 4105:45–64.
- McCord, W. P., Joseph-Ouni, M. e Lamar, W. W. 2001. A taxonomic reevaluation of *Phrynops* (Testudines: Chelidae) with the description of two new genera and a new species of *Batrachemys*. *Revista de Biología Tropical* 49:715–764.
- Rodrigues, J. F. M., Coelho, M. T. P., e Diniz-Filho, J. A. F. 2016. Exploring intraspecific climatic niche conservatism to better understand species invasion: the case of *Trachemys dorbigni* (Testudines, Emydidae). *Hydrobiologia* 779:127–134.
- Segalla, M. V., Berneck, B., Canedo, C., Caramaschi, U., Cruz, C. A. G., Garcia, P. C. A., Grant, T., Haddad, C. F. B., Lourenço, A. C. C., Mângia, S., Mott, T., Nascimento, L. B., Toledo, L. F., Werneck, F. P. e Langone, J. A. 2021. List of Brazilian amphibians. *Herpetologia Brasileira* 10(1):121–216.
- Souza, F. L. 2005. Geographical distribution patterns of South American side-necked turtles (Chelidae), with emphasis on Brazilian species. *Revista Española de Herpetología* 19:33–46.
- TTWG (Turtle Taxonomy Working Group): Rhodin, A.G.J., Iverson, J.B., Bour, R., Fritz, U., Georges, A., Shaffer, H.B., Van Dijk, P.P. 2021. *Turtles of the world: annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status* (9th ed). *Chelonian Research Monograph* 8:1–472.
- Vanzolini, P. E. 1993. A new species of turtle, genus *Trachemys*, from the state of Maranhão, Brazil (Testudines, Emydidae). *Revista Brasileira de Biologia* 55:111–125.
- Vargas-Ramírez, M., Caballero, S., Morales-Betancourt, M. A., Lasso, C. A., Amaya, L., Martínez, J. G., Viana, M. N. S., Vogt, R. C., Farias, I. P., Hrbek, T., Campbell, P. D. e Fritz, U. 2020. Genomic analyses reveal two species of the matamata (Testudines: Chelidae: *Chelus spp.*) and clarify their phylogeography. *Molecular phylogenetics and evolution* 148:106823.
- Zangerl, R. 1969. The turtle shell. Pp 311 – 339. In Gans, C., D'Abellairs, A. e Parsons, T. S (eds.). *Biology of the Reptilia, Volume 1, Morphology*. London and New York. Academic Press.



# UMA ABORDAGEM MULTICARÁTER DA ECOLOGIA DE NINHOS E DO COMPORTAMENTO REPRODUTIVO DA TARTARUGA *PODOCNEMIS UNIFILIS*

José Erickson<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, Manaus, Amazonas, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Lab. de Genética e Evolução Molecular, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

Autor para correspondência: [erickson.herpeto@gmail.com](mailto:erickson.herpeto@gmail.com)

## Resumo

O tracajá (*Podocnemis unifilis*) é a tartaruga amazônica de maior plasticidade comportamental com relação ao local de desova, e as diferenças observadas em sua história de vida devem também ser interpretadas como uma resposta plástica ao uso dos diferentes substratos de nidificação. Como o investimento das fêmeas é diferente entre os substratos, potencialmente diferente será a história de vida dos ninhos incubados sob diferentes circunstâncias ambientais. Condições climáticas regionais, locais e seus impactos associados alteram vários parâmetros biológicos da espécie, afetando diretamente aspectos reprodutivos que influenciam o desenvolvimento do embrião, a determinação sexual e a sobrevivência dos filhotes. O comportamento de nidificação funciona como uma resposta compensatória às alterações climáticas e algumas interações complexas podem também se manifestar por meio de mecanismos associados a esta plasticidade comportamental. Além disso, múltiplas interações entre consumidores e seus recursos têm possibilitado a ocorrência de diferentes relações, aumentando o potencial de relações indiretas fortes e sustentando a coexistência entre elas. E, apesar das dificuldades inerentes aos estudos das interações ecológicas envolvendo tartarugas, particularmente o tracajá, explorar a capacidade dessa espécie em se adaptar, ajustar seu comportamento a situações ambientais distintas e que influenciam suas características reprodutivas, é fundamental. Mesmo populações pequenas, eventualmente, responderão de maneira diferente a condições adversas associadas a eventos climáticos extremos. Portanto, entender a sua história de vida e a eventual plasticidade observada no uso diversificado dos substratos de nidificação, nos seus padrões de diversidade e nas variações verificadas em diferentes escalas de tempo e espaço, são aspectos que devem ser considerados nas estratégias para sua conservação. Neste capítulo, apresentamos uma breve revisão de alguns dos principais padrões e processos em ecologia, aspectos do comportamento reprodutivo de tartarugas e, mais especificamente, da história de vida do tracajá, utilizando os ninhos em uma abordagem multicaráter.

Palavras-chave: Amazônia Central, conservação, interações, plasticidade fenotípica, quelônios, reprodução.

## Abstract

The Yellow-spotted Amazon River Turtle (*Podocnemis unifilis*) is the turtle species with the highest behavioral plasticity in relation to the nesting site, and the differences observed in their life history must also be interpreted as a plastic response to the use of different nesting substrates. As the investment of females is different between substrates, potentially different will be the life history of nests incubated under different environmental circumstances. Regional and local climatic conditions and their associated impacts change several biological parameters of the species, and directly affect reproductive aspects, which influence embryo development, sex determination and offspring survival. Nesting behavior works as a compensatory response to climate change and some complex interactions can also manifest themselves through mechanisms associated with this behavioral plasticity. In ad-

dition, multiple interactions between consumers and their resources have enabled the occurrence of different relationships, increasing the potential for strong indirect relationships and sustaining coexistence between them. And, despite the difficulties inherent in studies of ecological interactions involving turtles, particularly the Yellow-spotted Amazon River Turtle, explore the ability of this species to adapt, adjusting their behavior to different environmental situations that influence their reproductive characteristics is essential. Even small populations will eventually respond differently to adverse conditions associated with extreme weather events. Therefore, to understand their life history and the possible plasticity observed in the diversified use of nesting substrates, in their standards of diversity, and the variations observed at different scales of time and space must be considered in strategies for their conservation. In this chapter, we provide a brief review of some of the major patterns and processes in ecology, aspects of the reproductive behavior of turtles and, more specifically, from the life history of the Yellow-spotted Amazon River Turtle, using the nests in a multi-character approach.

Keywords: Central Amazon, chelonians, conservation, interactions, phenotypic plasticity, reproduction.

## A história de vida por padrões e processos

Na história de vida dos organismos, além das adaptações desenvolvidas ao longo do tempo evolutivo, ajustes individuais podem ser observados em resposta às variações ambientais que ocorrem no tempo ecológico e nas interações entre as espécies (Alcock 2011, Ricklefs 2011). Com a ecologia estabelecendo um contexto para evolução quando se observa as relações entre forma, função e o ambiente (Ricklefs 2011), entender os padrões de diversidade e a plasticidade fenotípica nas diferentes escalas de tempo e espaço é fundamental (Refsnider e Janzen 2012, Erickson et al. 2020b), já que as espécies, eventualmente, respondem de maneira distinta a condições muitas vezes extremas (Alcock 2011, Ricklefs 2011). Além disso, o ambiente pode também estruturar as comunidades das quais esses organismos fazem parte, como na modulação das assembleias localmente (Bruno et al. 2003).

Cada história de vida apresenta muitos componentes que variam entre populações de uma mesma espécie (Ricklefs 2011), e que frequentemente estão correlacionados com a variação em outros atributos como: idade de maturidade, fecundidade, migração e longevidade podem variar em relação ao hábitat e às condições do ambiente (Sever e Hamlet 2002, Southwood e Avens 2010, Ricklefs 2011). Quando se considera estes atributos, cada história de vida poderá ser modificada, ao longo do tempo, pela resposta evolutiva, com os indivíduos podendo ajustá-la em resposta às variações do ambiente (Ricklefs 2011, Erickson et al. 2020a). A história de vida, portanto, é dependente de certas condições, e as respostas dadas pelos organismos ocorrerão pela exibição de comportamentos específicos associados a cada fase de sua história de vida (Alcock 2011, Erickson et al. 2020b).

## Tartarugas: biologia e ecologia reprodutiva

Também conhecidas por quelônios, as tartarugas são consideradas um grupo pouco diverso e com poucas mudanças evolutivas na comparação com outros vertebrados (Hildebrand e Goslow 2006, Kardong 2011), em especial, membros da Classe Reptilia, como lagartos e serpentes (Uetz et al. 2021). Entretanto, apesar das poucas mudanças morfológicas que ocorreram ao longo de sua história evolutiva, são considerados um grupo bem adaptado (Hildebrand e Goslow 2006, Kardong 2011), com representantes sendo encontrados em ecossistemas

marinhos, de águas doce e terrestres (Turtle Taxonomy Working Group 2021). Desta forma, estudos que englobam aspectos da história de vida são cada vez mais fundamentais para entender alguns mecanismos mais complexos, como: adaptações comportamentais, fisiológicas, morfológicas e as respostas individuais a seus ambientes (Davy et al. 2011, Liu et al. 2013, Erickson et al. 2020a, b, 2021).

Muito dessas diferenças na história de vida e na capacidade das tartarugas em se adaptar a condições

ambientais distintas está associado a diferentes aspectos reprodutivos do grupo (Davy et al. 2011, Pendoley et al. 2014, Erickson et al. 2020b). A seleção fenotípica, por exemplo, tem possibilitado a observação de algumas particularidades em níveis espécie-específico, populacional e até mesmo entre os diferentes gêneros sexuais (Gist e Congdon 1998, Pearse e Avise 2001). Espécies que desovam em diferentes tipos de substratos (Erickson et al. 2020b) ou com diferentes características granulométricas podem responder de maneira alternativa a condições ambientais distintas (Ferreira-Júnior et al. 2003, 2008), sendo a escolha do substrato de nidificação, também, um fator importante na aptidão feminina (Valenzuela 2001, Páez et al. 2009).

Em muitos casos, a escolha de um hábitat considerado ideal para nidificar está relacionada a fatores associados ao tipo de substrato de incubação, às propriedades térmicas do ninho, aos riscos de predação e a alterações sazonais no regime hídrico (Escalona e Fa 1998, Rueda-Almonacid et al. 2007, Erickson e Baccaro 2016). Além disso, múltiplas interações entre consumidores e seus recursos têm possibilitado a observação de diferentes interações competitivas entre as espécies (Erickson et al. 2021). Esses são apenas alguns parâmetros ecológicos considerados fundamentais para compreender características biológicas básicas e as mudanças nos traços da história de vida, especialmente daquelas espécies que selecionam hábitats para nidificação (Mitchell e Walls 2013, Kobayashi et al. 2017, Erickson et al. 2020a, b) e que exibem alto grau de plasticidade (Erickson et al. 2020b, 2021).

Condições climáticas regionais, locais e seus impactos associados podem afetar vários parâmetros biológicos, desde aqueles associados a diferentes aspectos reprodutivos a outros envolvendo o desenvolvimento do embrião, a sobrevivência dos filhotes e a determinação sexual durante a incubação (Georges 2013, Erickson et al. 2020a). Nesta via, dois mecanismos distintos de determinação sexual em tartarugas são amplamente conhecidos: genotípico (GSD) ou dependente da temperatura (TSD) de incubação dos ovos (Bull 1980, Ewert e Nelson 1991). No primeiro, a diferenciação fenotípica para o sexo é determinada em uma condição genética já predeterminada logo após a fertilização (Bull 1980, Ewert e Nelson 1991). No segundo, o sexo em tarta-

rugos TSD depende, em parte, do efeito cumulativo da temperatura, que pode variar de acordo com sua amplitude no período termossensível (TSP) durante a incubação (Bull 1980, Ewert e Nelson 1991).

A maioria das tartarugas já estudadas apresenta o mecanismo TSD com dois modelos aparentes: o TSDIa, em que as fêmeas se desenvolvem em altas temperaturas e machos, em baixas temperaturas, e o TSDII em que os machos são produzidos em temperaturas intermediárias às que as fêmeas são geradas (Bull 1980, Ewert e Nelson 1991). Desta forma, para organismos longevos e de maturidade sexual tardia (Myers et al. 2007), como é o caso das tartarugas, o momento mais crítico observado na sobrevivência ainda é o período de incubação dos ovos durante o desenvolvimento da prole (Ferreira-Júnior e Castro 2010, Fuentes et al. 2010, Erickson et al. 2020b, 2021). Diversos estudos têm demonstrado que tartarugas TSD poderão ser impactadas em diferentes graus e escalas (Refsnider e Janzen 2012). O aumento gradual das temperaturas globais nas últimas décadas (Parry et al. 2007), por exemplo, tem ocasionado uma perda acentuada de filhotes (Escalona et al. 2009, Erickson et al. 2020a, b), além do aumento da proporção de fêmeas, particularmente nas espécies TSD, que desovam exclusivamente em substratos arenosos, sendo ainda as mais estudadas (Erickson et al. 2020a).

Investigações que descrevem a biologia, a ecologia e suas interações, e que incluem ainda aspectos do comportamento e do uso dos ambientes, são fundamentalmente importantes para testar as mais variadas hipóteses associadas à história de vida das tartarugas (Erickson et al. 2020b, 2021). Casos de múltipla paternidade, por exemplo, também têm sido cada vez mais reportados para espécies em seus diferentes ecossistemas (Moore e Ball 2002: tartarugas marinhas, Davy et al. 2011: tartarugas terrestres, Erickson et al. 2015: tartarugas de água doce), muitas vezes indicando um sistema de acasalamento poliândrico quando avaliado por meio de ferramentas moleculares, utilizando os genótipos de fêmeas e filhotes (Pearse e Avise 2001). E, embora as chances de fertilização aumentem com este tipo de sistema de acasalamento, ainda não se sabe ao certo os danos que eventualmente a poliantria pode causar (Roques et al. 2006, Wright 2013). Como o acasalamento múltiplo também favorece a

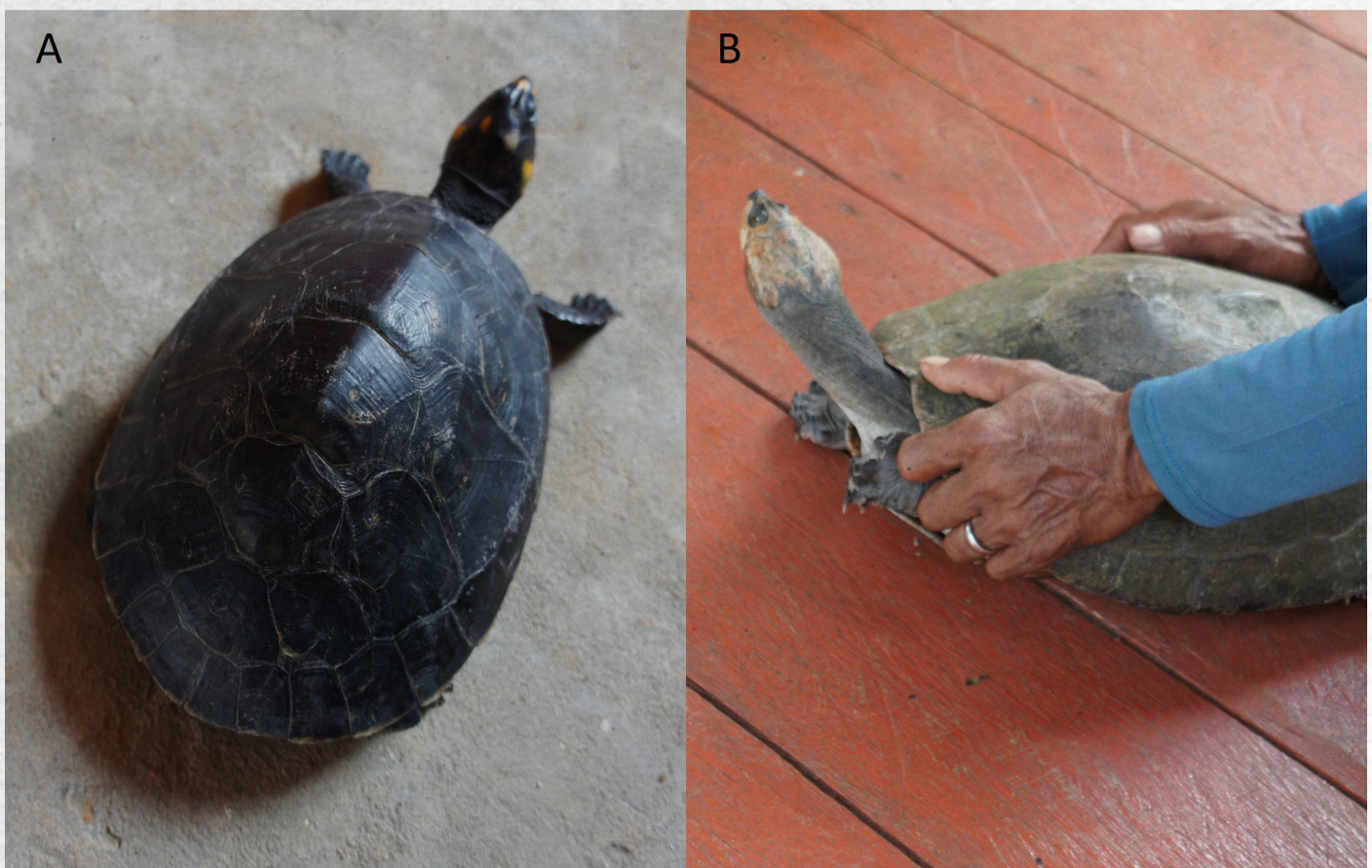
troca de genes recessivos causadores de doenças (Awise 2004), a ocorrência de malformações embrionárias, de indivíduos com coloração anômala (albinismo total e leucismo/albinismo parcial) e a perda de filhotes (Turkozan e Durmus 2001, Erick-

son e Kaefer 2015) é frequente. Além disso, o isolamento causado por atividades humanas pode levar à redução do fluxo gênico entre as populações com o aumento da endogamia (Erickson et al. 2015, Vianna et al. 2017).

### Tracajá (*Podocnemis unifilis*): uma revisão de aspectos da sua história de vida

De coloração críptica e dimorfismo sexual acentuado (quando adultos), o tracajá (Figura 1A, B) é a segunda maior espécie do gênero *Podocnemis* (Rueda-Almonacid 2007). Pode chegar a medir até 50cm de comprimento (Rueda-Almonacid 2007), exibindo, assim, uma envergadura que possibilita a fêmea oviposições de até 51 ovos (Erickson et al. 2020b), além de apresentar comportamento poliândrico (Fantin et al. 2008). Das espécies de tartarugas conhecidas, o tracajá é, provavelmente, a espécie que exibe a maior plasticidade fenotípica e representa um bom exemplo de adaptação às va-

riações naturais impostas pelo ambiente (Erickson et al. 2020b). Ocorre nas bacias dos rios Amazonas, Orinoco e Tocantins-Araguaia (Rueda-Almonacid et al. 2007, Turtle Taxonomy Working Group 2021). Tipicamente residente e generalista no que se refere aos locais de nidificação, desova em praias (solo arenoso) com diferentes características granulométricas, barrancos (solo argiloso), áreas de savanas e bancos flutuantes de macrófitas em decomposição (Caputo et al. 2005, Ferreira-Júnior e Castro 2010, Erickson et al. 2020b).



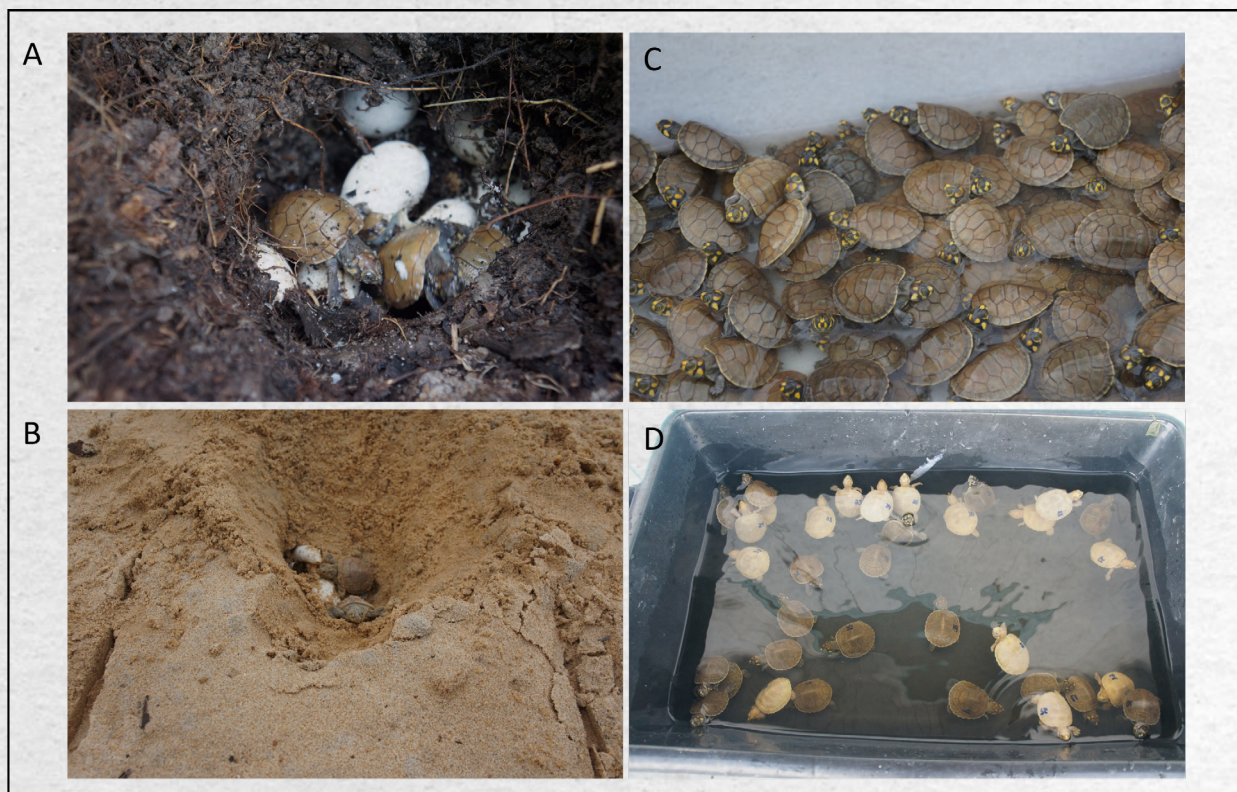
**Figura 1.** *Podocnemis unifilis* (tracajá). A) Indivíduo juvenil (detalhe para as manchas cefálicas amarelas). B) As manchas cefálicas amareladas esmaecem nas fêmeas adultas.

As características do ambiente de nidificação têm sido cada vez mais importantes para entender a ecologia de nidificação e o padrão utilizado pelo tracajá para realizar suas posturas (Ferreira-Júnior et al. 2003, Erickson et al. 2020b). Em muitos casos, a escolha de um hábitat considerado ideal para nidificar representa um “trade-off” (Escalona et al. 2009), devido aos riscos inerentes da predação (Pignati et al. 2013, Erickson e Baccaro 2016) e da influência no sucesso reprodutivo que decorre das características do substrato, da fitofisionomia na área geral de nidificação, do microclima e das propriedades térmicas do ninho (Ferreira-Júnior e Castro 2003, 2006, Ferreira-Júnior et al. 2003, Erickson et al. 2020a). Além disso, alterações no regime hídrico têm provocado inundações repentinas, o que compromete a sobrevivência de embriões e filhotes por causa do alagamento de ninhos (Waldez et al. 2013, Erickson et al. 2020b).

Uma vez que está associada às características das fêmeas, a escolha dos locais de nidificação não é aleatória (Escalona et al. 2018, Erickson et al. 2020b). O comportamento reprodutivo (maturação, pareamento sexual, nidificação) do tracajá, bem como de outros membros do gênero *Podocnemis* (Rueda-Almonacid et al. 2007), está sincronizado com a variação sazonal e estabilidade dos níveis da água (Alho

e Pádua 1982, Thorbjarnarson et al. 1993), e em muito, associado a diferentes “plataformas” de nidificação utilizadas pelas fêmeas (Caputo et al. 2005, Conway-Gomez et al. 2014, Erickson et al. 2020b). Entretanto, para o tracajá, o sucesso de incubação tem sido fundamentalmente afetado de maneira distinta entre populações isoladas geograficamente (Páez e Bock 1998, Ferreira-Júnior e Castro 2010, Pignati et al. 2013, Conway-Gomez et al. 2014, Erickson et al. 2020b), pois é a espécie que usa com maior frequência substratos geomorfologicamente diferentes durante a desova (Ferreira-Júnior et al. 2003, Rueda-Almonacid et al. 2007).

Essa plasticidade comportamental coloca o tracajá entre as espécies de tartarugas mais bem ajustadas frente a mudanças extremas (Erickson et al. 2020a, b, 2021). De uma forma adaptativa, as fêmeas podem influenciar o fenótipo e a aptidão de seus descendentes por meio da escolha do local de nidificação (Escalona et al. 2009, 2018) e, em última instância, garantir a sobrevivência dos filhotes (Figura 2A-D), uma vez que a seleção vai depender da capacidade das fêmeas em discriminar locais considerados espaço-temporal adequados para o estabelecimento de sua prole (Escalona et al. 2009, 2018, Ferreira-Júnior e Castro 2010, Erickson et al. 2020b).



**Figura 2.** Filhotes de *Podocnemis unifilis* (tracajá) completando a emergência em A) substrato argiloso e B) substrato arenoso. C) Detalhe das manchas cefálicas amarelas predominantes na espécie quando filhotes, e que permanecem evidentes apenas nos machos quando adultos. D) Um caso de leucismo/albinismo parcial registrado em um ninho de tracajá incubado em solo argiloso.

Em algumas populações de *P. unifilis*, estudadas nas bacias do rio Tocantins-Araguaia (Ferreira-Júnior et al. 2007) e do rio Orinoco na Venezuela (Escalona et al. 2018), tem sido observado efeito do tamanho ou da idade da fêmea sobre a morfologia dos ovos e no tamanho da ninhada. Na Amazônia Central, a relação entre as biometrias dos ovos e o tamanho da ninhada com o tamanho das fêmeas se mostrou mais evidente nos ninhos depositados em substratos arenosos (praias), em comparação aos ninhos depositados em substratos argilosos (barrancos), sugerindo haver maior efeito do substrato de nidificação para os mesmos parâmetros (Erickson et al. 2020b). Escalona et al. (2018) sugerem ainda que as características da ninhada (tamanho e forma do ovo, tamanho da ninhada) podem estar associadas ao tamanho das fêmeas, com elas maximizando sua aptidão de maneira distinta e seguindo alguns pressupostos da “Optimality Theory” (Smith e Fretwell 1974). Entretanto, associações entre tamanho da fêmea e biometrias dos ovos podem ainda estar sendo restringidas por outros fatores além do tamanho materno, como os custos da nidificação em uma segunda desova e o tipo de substrato de incubação predominante na área de ocorrência, como observado em uma outra população avaliada, desta vez em região Central da bacia Amazônica (Erickson et al. 2020b).

Tanto para o tracajá quanto para outras espécies do gênero *Podocnemis*, identificar a idade reprodutiva de indivíduos *in situ* tem um tom especulativo. As informações sobre o tamanho reprodutivo parecem ser mais adequadas, visto que o acesso a parâmetros de tamanho corpóreo (comprimento e largura da carapaça e plastrão) ou rastros deixados nos substratos de nidificação são mais informativos. Estudos mais recentes identificaram que há uma relação significativa entre a largura do rastro com o comprimento retilíneo da carapaça de fêmeas de tracajá (Escalona et al. 2018, Erickson et al. 2020b). O tamanho reprodutivo das fêmeas de tracajá de populações geograficamente e com conectividade restritas são ainda convergentes, com as fêmeas apresentando tamanhos mínimo e máximo reprodutivos (Comprimento Retilíneo da Carapaça ou Largura do Rastro da Fêmea: veja Erickson et al. 2020b) que variam entre 23cm e 51.8cm (Fachín-Terán e Vogt 2004: rio Guaporé na Amazônia Ocidental, Escalona et al. 2012: Colômbia, Conway-Gómez et al. 2014: nordeste da Bolívia, Escalona et al. 2018: Bacia do rio Orinoco na Venezuela, Erickson et al. 2020b: Amazônia Central).

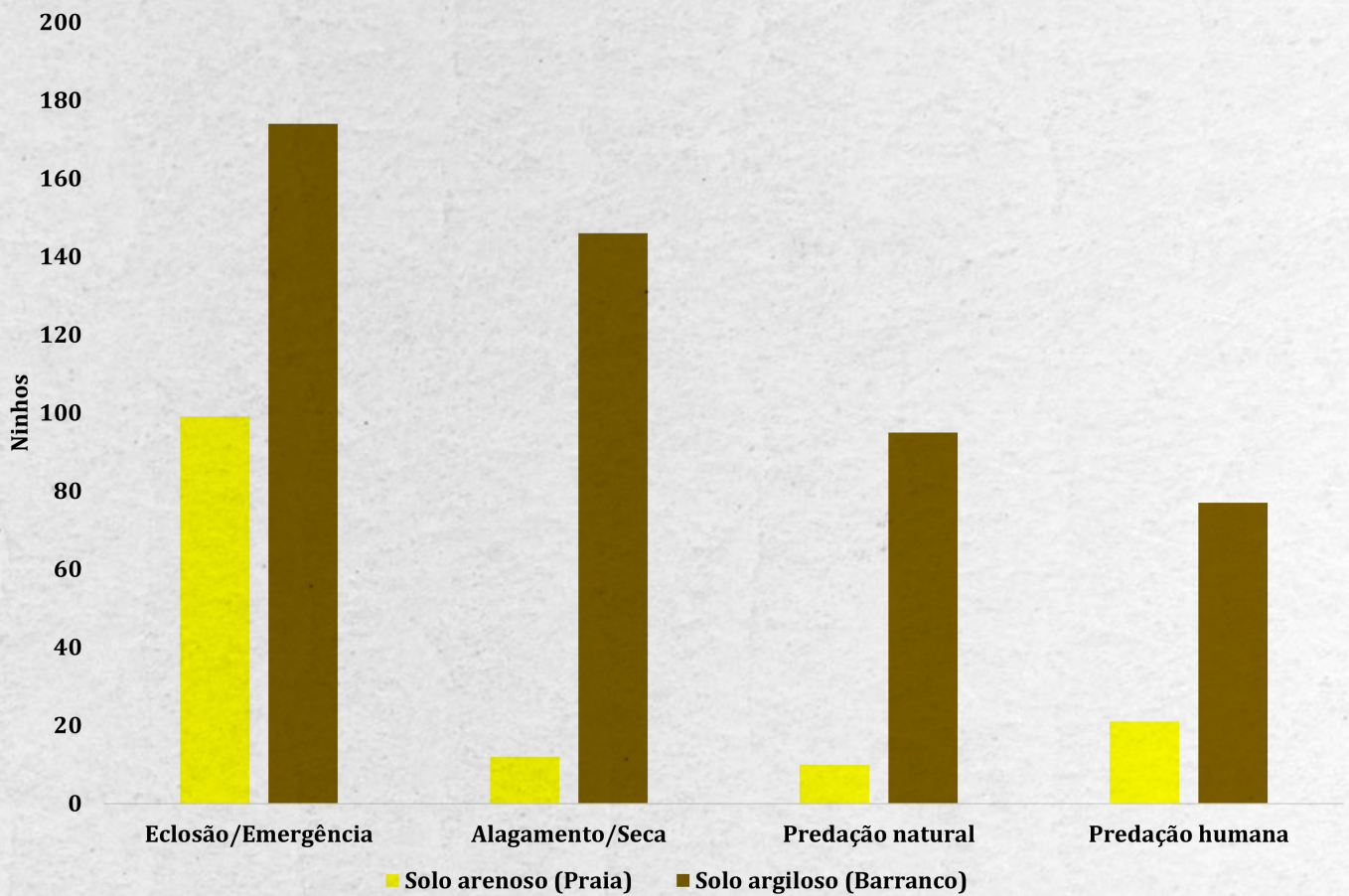
Em alguns locais, a sobreposição de nicho com ou-

tras espécies mais especializadas em desovar em substrato arenoso, como *P. expansa* (tartaruga-da-amazônia) e *P. sextuberculata* (iaçá), tem permitido que algumas espécies selecionem partes das praias, como a tartaruga-da-amazônia, por exemplo, preferindo locais mais altos, e o tracajá, pontos mais baixos das praias (Ferreira-Júnior e Castro 2003, Pantoja-Lima et al. 2009). Entretanto, quando não há competição interespecífica, a competição intraespecífica pode ocorrer em função de outras variáveis. Apesar de ser considerada uma espécie residente, essa plasticidade comportamental observada no tracajá a coloca em uma posição particular em relação às suas congêneres.

Erickson et al. (2020b) observou que fêmeas maiores apresentaram uma tendência a desovar nas praias no início da estação reprodutiva, visto pela posição e localização em que os ninhos se encontravam em relação à vegetação e ao corpo hídrico. Fêmeas menores, por sua vez, apresentaram uma tendência a desovar ao longo de toda extensão da praia, mas sempre mantendo uma distância intermediária entre a vegetação e o mesmo ambiente aquático. Já nos barrancos, a escolha do local de desova esteve intimamente relacionada com a disponibilidade de substrato, do que com a proximidade do ninho até a água ou a vegetação. Nesse caso em particular, o investimento da fêmea esteve centrado no tamanho da ninhada. No mesmo estudo, foi ainda observado que fêmeas que nidificaram nas praias pareceram ser mais seletivas do que as fêmeas que desovaram em barrancos. Aquelas fêmeas que usaram as praias de areia, depositaram, em média, menos ovos (média de 22 ovos, entre 4 e 40) que as fêmeas que se utilizaram dos barrancos de argila (média de 28 ovos, entre 13 e 51). Esses valores são similares ao encontrado na literatura para a espécie em diferentes populações encontradas nas bacias dos rios Orinoco (Escalona et al. 2018) e Amazonas (Vanzolini 2003). Para a bacia do rio Tocantins-Araguaia, o tamanho médio da ninhada (12 a 13 ovos) foi mais reduzido (Ferreira-Júnior et al. 2007, Ferreira-Júnior e Castro 2010), provavelmente em função das características genético-populacionais e histórias particulares da biota do ecossistema predominante desta bacia.

A influência de diversos fatores externos (bióticos e abióticos) podem ainda comprometer o sucesso de incubação, a sobrevivência e a razão sexual da prole de maneiras distintas. Em áreas de nidificação com substrato arenoso, o sucesso de incubação é normalmente maior que em substratos argilosos (Figura 3).





**Figura 3.** Sucesso de eclosão/emergência, fatores abióticos e bióticos que comprometem com frequência a eclosão dos filhotes de *Podocnemis unifilis* nos ninhos durante o período de incubação (Adaptado de Erickson et al. 2020b).

Solos arenosos são pobres em nutrientes (Lepsch 2011, Santos et al. 2013) e permitem maior incidência solar devido à sua alta permeabilidade (Erickson et al. 2020a). Além de acelerar o desenvolvimento, a eclosão e emergência dos filhotes (média: 62 dias), tendem a favorecer o maior nascimento de fêmeas (2.28 fêmeas: 1 macho). Por sua vez, solos argilosos retêm menos calor que solos arenosos, o que, além de retardar o tempo de incubação dos ovos (média: 77 dias), tem favorecido o nascimento em maior proporção de machos (1.9 machos: 1 fêmea). Particularmente para espécies mais generalistas, como é o caso do tracajá, a utilização de diferentes ambientes de desova pode resultar em uma proporção sexual de filhotes equilibrada, podendo diminuir os efeitos das mudanças climáticas na determinação do sexo (Malvasio et al. 2012, Pignati et al. 2013, Erickson et al. 2020a). Uma vez que, há sugestões de desenvolvimento em maior escala de fêmeas em relação ao número de machos, e como o tracajá desova em substratos expostos a condições ambientais distintas, eventualmente a resposta da espécie pode vir ajustada por meio do equilíbrio da razão sexual da população quando expostas a eventos extremos (aumento global da temperatura, por exemplo).

O alagamento dos ninhos é apontado como o principal fator abiótico associado ao déficit observado no sucesso de incubação (Caputo et al. 2005, Pantoja-Lima et al. 2009, Pignati et al. 2013, Erickson et al. 2020b), visto que o comportamento de nidificação do tracajá acompanha a variação dos níveis da água (Alho e Pádua 1982, Thorbjarnarson et al. 1993). Ninhos que apresentam períodos de incubação mais longos (em solos argilosos) têm o desenvolvimento e a sobrevivência da prole mais fortemente comprometidos, uma vez que são mais afetados pela flutuação anual dos níveis da água. Além disso, são susceptíveis a maior mortalidade, devido à umidade elevada do substrato com a também proliferação de fungos, e por uma maior exposição à predação (Pignati et al. 2013, Erickson e Baccaro 2016, Norris et al. 2020).

Nas praias, os lagartos teiús (Pignati et al. 2013, Erickson et al. 2020b: *Tupinambis teguixin*), aves das famílias Falconidae (Ferreira-Júnior e Castro 2010, Erickson et al. 2020b: *Caracara plancus*) e Cathartidae (Ferreira-Júnior e Castro 2010: *Cathartes aura*, *Coragyps atratus*) têm sido os mais comumente reportados predadores naturais de ninhos de tracajá. A predação natural tem sido mais intensa em ninhos depositados em solo argiloso do que em solo arenoso (Erickson et al.

2020b). Para os barrancos, a literatura ainda é restrita a poucas localidades, possivelmente pelos estudos ainda se restringirem ao monitoramento realizado em praias de desova. Os principais registros de predação em ninhos depositados em substrato argiloso estão associados a macacos-prego (Erickson et al. 2020b: *Sapajus apella*), teiús (Pignati et al. 2013, Erickson et al. 2020b: *T. teguixin*) e duas espécies de formigas (Pignati et al. 2013: *Solenopsis saevissima*, Erickson e Baccaro 2016, Erickson et al. 2020b, 2021: *S. geminata*). Além

disso, a utilização dos ovos e a exploração de sua carne por meio do comércio ilegal e “subsistência” requer mais atenção dos gestores das Unidades de Conservação para a realização de um manejo e fiscalização mais adequados (Erickson et al. 2020b), pois ainda é uma condição bastante reportada em diversas áreas da Amazônia (Norris e Michalski 2013, Pignati et al. 2013, Waldez et al. 2013, Pantoja-Lima et al. 2014, Famelli et al. dados não publicados).

## Facilitação indireta entre tartarugas e formigas

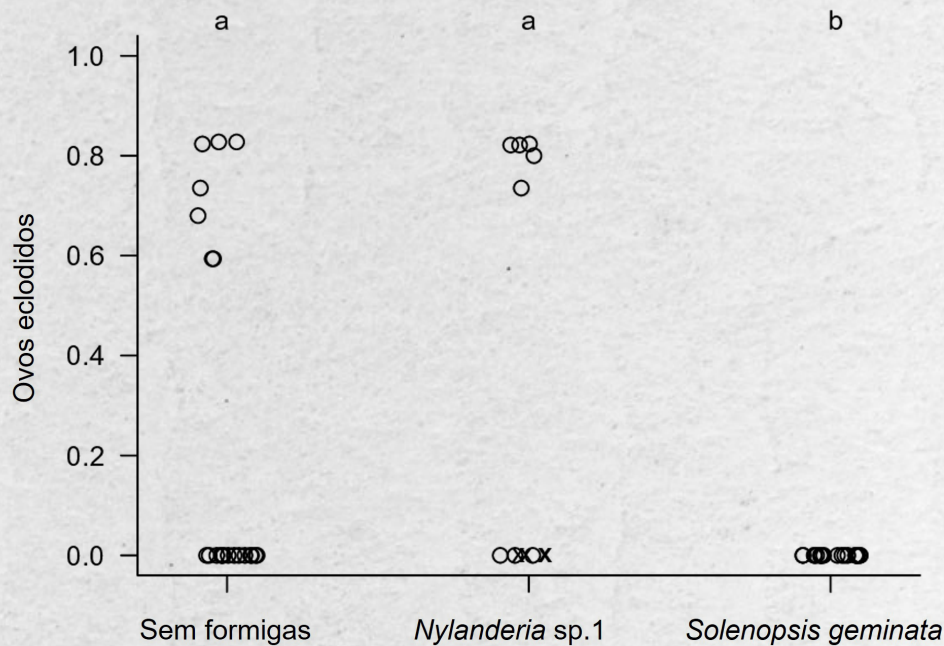
Relevante para a conservação da vida selvagem, novas ideias que desafiam a visão atual sobre as interações devem ser mais bem observadas. Múltiplas interações entre consumidores e seus recursos têm possibilitado a ocorrência de diferentes interações entre as espécies, como as que sustentam a coexistência entre elas através de relações indiretas fortes (Erickson et al. 2021). Diferentes formas de interações podem ocorrer simultaneamente, por exemplo, com a supressão competitiva de uma das espécies, gerando efeitos sobre uma terceira espécie (Bruno et al. 2003). Muitas espécies podem ainda modificar o ambiente local, facilitando a ocorrência de espécies vizinhas simplesmente através de sua presença (Bruno et al. 2003). Espécies que são resistentes aos predadores podem fornecer “refúgio associativo” para outras espécies que são suscetíveis a esses predadores, ao mesmo tempo que espécies não resistentes à predação podem oferecer “recurso associativo” a espécies competidoras (Abrams 2000, Guin et al. 2016).

Nessa via, as interações facilitadoras se tornam encontros entre organismos que beneficiam pelo menos um dos participantes além de não os prejudicar (Stachowicz 2001), apoiando a coexistência entre elas. Em experimento conduzido em área de nidificação na Amazônia Central, Erickson e Baccaro (2016) observaram que a predação natural de ninhos de tracajá, em várias temporadas reprodutivas, representou cerca de 19%, sendo as formigas-de-fogo (*S. geminata*) responsáveis por 65% das perdas de ninhos e filhotes incubados em sítios de nidificação com substrato argiloso. Buscando avaliar como ocorria esse padrão de infestação das colônias de *S. geminata* nos ninhos de tracajá, Erickson et al. (2021) observaram a existência de um complexo de outras interações entre os ninhos de tracajá, a formiga-de-fogo e outras formigas.

Como espécies de formigas costumeiramente não

compartilham os mesmos recursos (locais de nidificação e estabelecimento de suas colônias), esse comportamento resulta em um sistema competitivo e hierárquico entre espécies dominantes, subdominantes e subordinadas (Arnan et al. 2011). Foi visto que o padrão de infestação de duas espécies de formigas, *Nylanderia* sp.1 (formiga-louca) e as formigas-de-fogo, envolve exclusão competitiva quando elas se estabelecem nos ninhos de tracajá. As formigas-louca colonizam os ninhos de tracajá predominantemente no início do período de incubação, enquanto as formigas-de-fogo ocorrem no terço final do período de incubação. Com a presença de *Nylanderia* sp.1, os autores sugerem haver um efeito positivo no sucesso de eclosão nos ninhos de tracajá, uma vez que a colônia se associa aos ninhos sem causar dano a eles. Por outro lado, para os ninhos colonizados por *S. geminata*, o efeito é predominantemente negativo, com a perda total da prole de *P. unifilis*.

Durante a fase de incubação, os ninhos de tracajá estão mais suscetíveis e podem se beneficiar ao atraírem um potencial facilitador. A predação pela colônia de formigas-de-fogo é intensa, como já observado por Erickson e Baccaro (2016), assim, os ninhos de tracajá acabam funcionando como “recurso associativo” junto à colônia de formigas-louca, estas, especializadas em encontrar e explorar os recursos mais rapidamente que a espécie competidora, a formiga-de-fogo. Como a taxa de eclosão dos ninhos colonizados pelas formigas-louca foi similar aos ninhos sem a presença de formigas, e a taxa de eclosão dos ninhos colonizados pelas formigas-de-fogo foi zero (Figura 4), uma vez estabelecida nos ninhos, as formigas-louca acabam atuando como facilitadores até a emergência dos filhotes de tracajá, frente à predação imposta pelas formigas-de-fogo.



**Figura 4.** Proporção de ovos de *Podocnemis unifilis* que eclodiram na presença de *Solenopsis geminata* e *Nylanderia sp.1*, e na ausência das duas espécies de formigas (Adaptado de Erickson et al. 2021).

Os resultados apresentados mostraram que, em condições naturais, as interações facilitadoras entre espécies são mecanismos cada vez mais importantes na dinâmica das assembleias locais. Espécies dominantes geralmente excluem outras espécies dos recursos,

mas diversos mecanismos de partição de nicho, como observado por Erickson et al. (2021), explicam que a coocorrência entre espécies pode seguir um sistema hierárquico de competição.

## Síntese

Uma abordagem centrada nos ninhos traz novas perspectivas para o melhor conhecimento sobre a história de vida desses organismos frente às alterações ambientais, como, por exemplo, as que estão em curso na Amazônia. Em geral, estratégias conservacionistas direcionadas a espécies do gênero *Podocnemis* na Amazônia, Orinoco e Tocantins-Araguaia e, em particular o tracajá, ainda se limitam ao monitoramento e manejo de sítios reprodutivos em praias arenosas, que enviam as informações sobre os aspectos comportamentais gerais observados. *Podocnemis unifilis* possui ampla desova em áreas de substratos argilosos (barrancos) e, devido à importância desses habitats, para o equilíbrio da razão sexual da população, é importante que medidas de proteção a esses habitats de nidificação sejam também adotadas e que não estejam restritas a substratos arenosos (praias de areia). Assim, explorar a capacidade do tracajá em se adaptar e ajustar seu comportamento a situações ambientais distintas e que influenciam suas características reprodutivas, é fundamental para entender a sua história de vida e a eventual plasticidade ao uso diverso dos substratos de nidificação.

## Agradecimentos

O autor agradece o incentivo e a parceria colaborativa feitas com Jansen Zuanon e Fabrício Baccaro na condução das pesquisas, envolvendo tartarugas e suas interações. Aos pais, colegas e amigos que indiretamente apoiam a pesquisa em curso. A Mônica Regina de Souza pelas correções linguísticas e textuais. Ao Herpeto Capixaba pelo convite para apresentação deste capítulo.

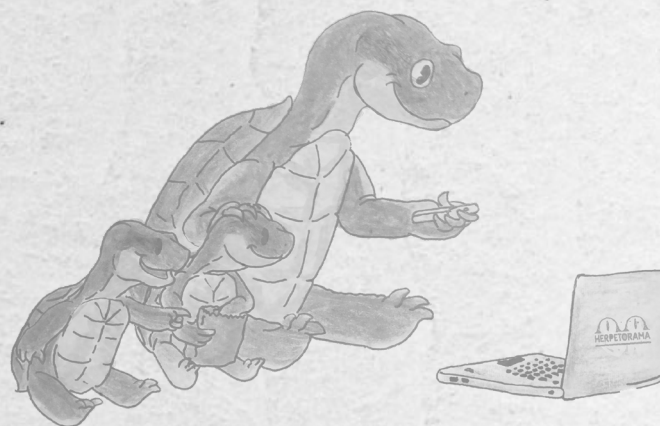
## Referências

- Abrams, P. A. 2000. The evolution of predator-prey interactions: theory and evidence. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31: 79–105.
- Alcock, J. (ed.). 2011. *Comportamento Animal: Uma Abordagem Evolutiva*. Porto Alegre. Artmed. 606 pp.
- Alho, C. J. R. e Pádua, L. F. M. 1982. Reproductive parameters and nesting behaviour of the Amazon turtle *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae) in Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, 60: 97–103.
- Arnan, X., Cerdá, X. e Retana, J. 2011. Distinctive life traits and distribution along environmental gradients of dominant and subordinate Mediterranean ant species. *Oecologia* 170: 489–500.
- Avise, J. C. (ed.). 2004. *Molecular Markers, Natural History and Evolution*. Sunderland, Massachusetts. Sinauer. 684 pp.
- Bruno, J. F., Stachowicz, J. J. e Bertness, M. D. 2003. Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 119–125.
- Bull, J. J. 1980. Sex determination in reptiles. *The Quarterly Review of Biology* 55: 3–21.
- Caputo, F. P., Canestrelli, D. e Boitani, L. 2005. Conserving the terecay (*Podocnemis unifilis*, Testudines: Pelomedusidae) through a community-based sustainable harvest of its eggs. *Biological Conservation* 126: 84–92.
- Conway-Gomez, K., Reibel, M. e Mihlar, C. 2014. A predictive model of yellow spotted river turtle (*Podocnemis unifilis*) encounter rates at basking sites in lowland eastern Bolivia. *Applied Geography* 53: 332–340.
- Davy, C. M., Edwards, T., Lathrop, A., Bratton, M., Hagan, M., Henen, B., Nagy, K. A., Stone, J., Hillard, L. S. e Murphy, R. W. 2011. Polyandry and multiple paternities in the threatened Agassiz's desert tortoise, *Gopherus agassizii*. *Conservation Genetics* 12: 1313–1322.
- Erickson, J., Pereira, F. R. e Baccaro, F. 2021. Competitive interaction between two ant species facilitates egg hatching in yellow-spotted Amazon River turtles (*Podocnemis unifilis*). *South American Journal of Herpetology* 20: 84–91.
- Erickson, J., Fagundes, C. K., Magalhães, M. S., Dias, L. C., Farias, I. P. e Zuanon, J. 2020a. Natural nests incubated at two different soil types lead to an overall balanced sex ratio of *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) hatchlings in lower Purus River, Brazil. *Salamandra* 56: 309–316.
- Erickson, J., Farias, I. P. e Zuanon, J. 2020b. The life history of the Yellow-spotted Amazon River Turtle (*Podocnemis unifilis*) as told from the nests. *Salamandra* 56: 296–308.
- Erickson, J. e Baccaro, F. 2016. Nest predation of the yellow-spotted Amazon River turtle (*Podocnemis unifilis*, Troschel, 1848) by the fire ant (*Solenopsis geminata*, Fabricius, 1804) in the Brazilian Amazon. *Herpetological Journal* 26: 183–186.
- Erickson, J. e Kaefer, I. L. 2015. Multiple leucism in a nest of the yellow-spotted Amazon River turtle, *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848). *Salamandra* 51: 273–276.
- Erickson, J., Oliveira, D. P., Mariõni, B. E. e Farias, I. P. 2015. Analysis of the mating system of *Podocnemis sextuberculata* in the lower Purus River of the Brazilian Amazon: another record of multiple paternity in chelonians. *Salamandra* 51: 215–220.
- Escalona, T. e Fa, J. E. 1998. Survival of nests of the terecay turtle (*Podocnemis unifilis*) in the Nichare-Tawadu Rivers, Venezuela. *Journal of Zoology* 244: 303–312.
- Escalona, T., Valenzuela, N. e Adams, D. C. 2009. Nesting ecology in the freshwater turtle *Podocnemis unifilis*: spatiotemporal patterns and inferred explanations. *Functional Ecology* 23: 826–835.
- Escalona, T., Conway-Gomez, K., Morales-Betancourt, M., Arbelaez, F. e Antelo, R. 2012. *Podocnemis unifilis*. Pp. 386–398 In Páez, V. P., Morales-Betancourt, M. A., Lasso, C. A., Castaño-Mora, O. V. e Bock, B. C. (eds.), *Biología y conservación de las tortugas continentales de Colombia*. Series recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia. Bogotá. Instituto de Investigación de los Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Escalona, T., Adams, D. C., e Valenzuela, N. 2018. A lengthy solution to the optimal propagule size problem in the large-bodied South American freshwater turtle, *Podocnemis unifilis*. *Evolutionary Ecology* 32: 29–41.
- Ewert, M. A. e Nelson, C. E. 1991. Sex determination in turtles: diverse patterns and some possible adaptive values. *Copeia* 1991: 50–69.
- Fachín-Terán, A. e Vogt, R. C. 2004. Population structure, size and sex ratio in *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) in the Guaporé river (RO), northern Brazil. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology* 3: 29–42.
- Fantin, C., Viana, L. S., Monjeló, L. A. S. e Farias I. P. 2008. Polyandry in *Podocnemis unifilis* (Pleurodira, Podocnemididae), the vulnerable yellow-spotted Amazon River turtle. *Amphibia-Reptilia* 29: 479–486.
- Ferreira-Júnior, P. D. e Castro, P. T. A. 2003. Geological control of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas in Rio Javaés, Bananal Island, Brazil. *Acta Amazonica* 33: 445–468.
- Ferreira-Júnior, P. D., Malvasio, A. e Guimarães, O. S. 2003. The influence of geological factors on reproductive aspects of *Podocnemis unifilis* (Testudines, Pelomedusidae), on the Javaés River, Araguaia National Park, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 4: 626–635.
- Ferreira-Júnior, P. D. e Castro, P. T. A. 2006. Thermal environment characteristics of *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* nesting areas the Javaés river, Tocantins, Brazil. *Chelonian Conservation and Biology* 5: 102–107.
- Ferreira-Júnior, P. D., Castro, A. Z. e Castro, P. T. A. 2007. The importance of nidification environment in the *Podocnemis expansa* and *Podocnemis unifilis* phenotypes (Testudines: Podocnemididae). *South American Journal of Herpetology* 2: 39–46.
- Ferreira-Júnior, P. D., Rosa, M. F., De Lorenzo, M., Monteiro, M. F. e Júnior, R. A. 2008. Influência das características geológicas do local de desova na duração da incubação e no sucesso da eclosão dos ovos de *Caretta caretta* na praia da Guanabara, Anchieta, Espírito Santo. *Iheringia* 98: 447–453.
- Ferreira-Júnior, P. D. e Castro, P. T. A. 2010. Nesting ecology of *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) (Testudines, Podocnemididae) in the Javaés river, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 70: 85–94.
- Fuentes, M. M. P. B., Hamann, M. e Limpus, C. J. 2010. Past, current and future thermal profiles of green turtle nesting grounds: implications from climate change. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 383: 56–64.
- Georges, A. 2013. For reptiles with temperature-dependent sex determination, thermal variability may be as important thermal averages. *Animal Conservation* 16: 493–494.
- Gist, D. H. e Congdon, J. D. 1998. Oviductal sperm storage as a reproductive tactic of turtles. *The Journal of Experimental Zoology* 282: 526–534.
- Guin, L. N., Mondal, B. e Chakravarty, S. 2016. Existence of spatiotemporal patterns in the reaction-diffusion predator-prey model incorporating prey refuge. *International Journal of Biomathematics* 9: 1650085-1–1650085-25.
- Hildebrand, M. e Goslow, G. E. (eds.). 2006. *Análise da Estrutura dos Vertebrados*. São Paulo. Atheneu. 637 pp.
- Kardong, K. V. (ed.). 2011. *Vertebrados: Anatomia Comparada, Função e Evolução*. São Paulo. Roca. 913 pp.
- Kobayashi, S., Wada, M., Fujimoto, R., Kumazawa, Y., Arai, K., Watanabe, G. e Saito, T. 2017. The effects of nest incubation temperature on embryos and hatchlings of the loggerhead sea turtle: Implications of sex difference for survival rates during early life stages. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 486: 274–281.
- Lepsch, I. F. (ed.). 2011. *19 Lições de Pedologia*. São Paulo. Oficina de Textos. 456 pp.
- Liu, Y., Davy, C. M., Shi, H.-T. e Murphy, R. W. 2013. Sex in the half-shell: a review of the functions and evolution of courtship behavior in freshwater turtles. *Chelonian Conservation and Biology* 12: 84–100.
- Malvasio, A., Nascimento-Rocha, J. M., Santos, H. D., Ataídes, A. G. e Portelinha, T. C. G. 2012. Morfometria e histologia das gônadas de machos e fêmeas recém eclodidos de *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis*

- (Testudines, Podocnemididae). *Acta Scientiarum* 34: 105–112.
- Mitchell, J. C. e Walls, S. C. 2013. Nest site selection by Diamond-backed terrapins (*Malaclemys terrapin*) on a Mid-Atlantic Barrier Island. *Chelonian Conservation and Biology* 12: 303–308.
- Moore, M. K. e Ball, R. M. 2002. Multiple paternity in loggerhead turtle (*Caretta caretta*) nests on Melbourne Beach, Florida: a microsatellite analysis. *Molecular Ecology* 11: 281–288.
- Myers, E. M., Tucker, J. K. e Chandler, C. H. 2007. Experimental analysis of body size and shape during critical life-history events of hatchling slider turtles, *Trachemys scripta elegans*. *Functional Ecology* 21: 1106–1114.
- Norris, D. e Michalski, F. 2013. Socio-economic and spatial determinants of anthropogenic predation on Yellow-spotted Amazon River Turtle, *Podocnemis unifilis* (Testudines: Pelomedusidae), nests in the Brazilian Amazon: implications for sustainable conservation and management. *Zoologia* 30: 482–490.
- Norris, D., Michalski, F. e Gibbs, J. P. 2020. Community based actions save Yellow-spotted river turtle (*Podocnemis unifilis*) eggs and hatchlings flooded by rapid river level rises. *Peer J* 8:e9921.
- Páez, V. P. e Bock, B. C. 1998. Temperature effect on incubation period in the yellow-spotted river turtle, *Podocnemis unifilis*, in the Colombian Amazon. *Chelonian Conservation and Biology* 3: 31–36.
- Páez, V. P., Correa, J. C., Cano, A. M. e Bock B. C. 2009. A comparison of maternal and temperature effects on sex, size, and growth of hatchlings of the Magdalena river turtle (*Podocnemis lewyana*) incubated under field and controlled laboratory conditions. *Copeia* 4: 698–704.
- Pantoja-Lima, J., Pezzuti, J. C. B., Teixeira, A. S., Félix-Silva, D., Rebêlo, G. H., Monjeló, L. A. S. e Kemenes, A. 2009. Seleção de locais de desova e sobrevivência de ninhos de quelônios *Podocnemis* no baixo Rio Purus, Amazonas, Brasil. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 1: 37–59.
- Pantoja-Lima, J., Aride, P. H. R., Oliveira, A. T., Félix-Silva, D., Pezzuti, J. C. B. e Rebêlo, G. H. 2014. Chain of commercialization of *Podocnemis* spp. turtles (Testudines: Podocnemididae) in the Purus River, Amazon basin, Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10: 1–10.
- Parry, M. L. O. F., Canziani, J. P., Palutikof, P. J. e van der Linden, C. E. (eds.). 2007. *Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel Climate Change*. Cambridge. University of Cambridge. 976 pp.
- Pendoley, K. L., Bell, C. D., McCracken, R., Ball, K. R., Sherborne, J., Oates, J. E., Becker, P., Vitenbergs, A. e Whittock, P. A. 2014. Reproductive biology of the flatback turtle *Natator depressus* in Western Australia. *Inter-Research Science Publisher* 23: 115–123.
- Pearse, D. E. e Avise, J. C. 2001. Turtle mating systems: behavior, sperm storage and genetic paternity. *The Journal of Heredity* 96: 206–211.
- Pignati, M. T., Fernandes, L. F., Miorando, P. S., Ferreira, P. D. e Pezzutti, J. C. B. 2013. Nesting site and hatching success of *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) in a floodplain area in lower Amazon river, Pará, Brazil. *South American Journal of Herpetology* 8: 175–185.
- Refsnider, J. M. e Janzen, F. J. 2012. Behavioural plasticity may compensate for climate change in a long-lived reptile with temperature-dependent sex determination. *Biological Conservation* 152: 90–95.
- Ricklefs, R. E. (ed.). 2011. *Economia da Natureza*. Rio de Janeiro. Guanabara Koogan. 606 pp.
- Roques, S., Díaz-Paniagua, C., Portheault, A., Pérez-Santigosa, N. e Hidalgo-Vila, J. 2006. Sperm storage and low incidence of multiple paternity in the european pond turtle, *Emys orbicularis*: a secure but costly strategy? *Biological Conservation* 129: 236–243.
- Rueda-Almonacid, J. V., Carr, J. L., Mittermeier, R. A., Rodríguez-Mahecha, J. V., Mast, R. B., Vogt, R. C., Rhodin, A. G. J., Ossa-Velásquez, J., Rueda, J. N. e Mittermeier, C. G. 2007. *Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico*. Bogotá. Editorial Panamericana. 274 pp.
- Santos, H. G., Almeida, J. A., Oliveira, J. B., Lumbreras, J. F., Anjos, L. H. C., Coelho, M. R., Jacomine, P. K. T., Cunha, T. J. F. e Oliveira, V. A. 2013. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília. EMBRAPA.
- Sever, D. M. e Hamlett, W. C. 2002. Female sperm storage in reptiles. *Journal Experimental Zoology* 292: 187–199.

- Smith, C. C. e Fretwell, S. D. 1974. The optimal balance between size and number of offspring. *The American Naturalist* 108: 499–506.
- Southwood, A. e Avens, L. 2009. Physiological, behavioral, and ecological aspects of migration in reptiles. *Journal of Comparative Physiology B*, 1: 1–23.
- Stachowicz, J. J. 2001. Mutualism, facilitation, and the structure of ecological communities. *Bioscience* 51: 235–246.
- Thorbjarnarson, J. B., Perez, N., e Escalona, T. 1993. Nesting of *Podocnemis unifilis* in the Capanaparo river, Venezuela. *Journal of Herpetology* 27: 347–351.
- Turkozan, O. e Durmus, H. 2001. Albino loggerhead and green turtle (*Caretta caretta* and *Chelonia mydas*) hatchlings in Turkey. *Zoology in the Middle East* 24: 133–136.
- Turtle Taxonomy Working Group. 2021. Turtles of the world: Annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status. *Chelonian Research Monographs*, 8: 1-486.
- Uetz, P. (ed.). 2021. The Reptile-Database (data de acesso: 22/07/2021). Electronic Database accessible at <http://www.reptile-database.org>.
- Valenzuela, N. 2001. Constant, shift, and natural temperature effects on sex determination in *Podocnemis expansa* turtles. *Ecology* 82: 3010–3024.
- Vanzolini, P. E. 2003. On clutch size and hatching success of the south American turtles *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) and *P. unifilis* Troschel, 1848 (Testudines, Podocnemididae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 75: 415–430.
- Viana, M. N. S., Oliveira, J. A., Agostini, M. A., Erickson, J., Moraes, G. M., Monjelo, L. A. S., Machado, P. C. A., Felix-Silva, D., Oliveira-Junior, W. P., Sites, J. R., Hrbek, T. e Farias, I. P. 2017. Population genetic structure of the Threatened Amazon River Turtle, (Testudines, Podocnemididae). *Chelonian Conservation and Biology* 16: 128–138.
- Waldez, F., Gama e Adário, L., Marioni, B., Rossoni, F. e Erickson, J. 2013. Monitoramento participativo da caça de quelônios (Podocnemididae) por comunitários ribeirinhos no baixo Rio Purus e proteção de sítios de desova na RDS Piagaçu-Purus, Brasil. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 5: 4–23.
- Wright, L. I., Fuller, W. J., Godley, B. J., McGowan, A., Tregenza, T. e Broderick, A. C. 2013. No benefits of polyandry to female green turtles. *Behavioral Ecology* 24: 1022–1029.







# JACARÉS URBANOS NO BRASIL

Jessica Rhaiza Mudrek<sup>1</sup>, André Yves<sup>2</sup> e Maria Beatriz Barbosa de Andrade<sup>3</sup>

<sup>1</sup>MRS Estudos Ambientais, Cuiabá, MT, Brasil.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Programa de Pós-graduação em Ecologia, Manaus, AM, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Física, Juiz de Fora, MG, Brasil.

Autor para correspondência: [jessicamudrek@gmail.com](mailto:jessicamudrek@gmail.com)

Leia ou clique no código para assistir a palestra desse capítulo na Herpetorama!



## Resumo

A ordem Crocodylia, formada por grandes répteis carnívoros e semiaquáticos, é representada no Brasil por seis espécies de jacarés que habitam importantes bacias hidrográficas ao longo do país. Em alguns espaços urbanos brasileiros, esses animais ocorrem em corpos d'água antropicamente modificados e estão sujeitos a pressões humanas como a poluição da água, o contato frequente com pessoas e a supressão das matas ciliares. Embora os jacarés possuam uma boa capacidade de adaptação a determinadas condições comuns a ambientes alterados, os poucos estudos existentes a respeito de sua presença em contexto urbano revelam quadros preocupantes de alteração genômica, conflito com humanos, ingestão de resíduos sólidos e alterações em sua dieta e estrutura populacional. Considerando que a urbanização é uma das maiores causas do declínio populacional e extinção local de espécies animais, novas pesquisas são necessárias para elucidar seus efeitos a longo prazo sobre essas populações e investigar a potencial disponibilidade de presas e locais para nidificação, o que poderia explicar a permanência de jacarés em áreas urbanas brasileiras.

## Abstract

The order Crocodylia comprises large, carnivorous, semi aquatic reptiles and is represented in Brazil by six caiman species which inhabit major drainage basins throughout the country. In some Brazilian urban areas, these animals occur in anthropically modified water bodies and are subject to different types of human pressure, such as water pollution, frequent interaction with people and suppression of riparian vegetation. Although caimans are adequately capable of adapting to certain conditions common to altered environments, the few available studies evaluating their presence in urban contexts reveal a concerning picture in terms of genomic alteration, conflict with humans, solid waste ingestion, alterations in population structure and dietary shifts. Since urbanization is one of the major causes of population decline and local extinction of animal species, further research is required in order to elucidate its long-term effects on urban caiman populations and investigate the potential availability of prey and nesting sites, what could possibly explain why caimans dwell in Brazilian urban spaces.

## Introdução

Crocodilianos são grandes répteis carnívoros e semiaquáticos, pertencentes à ordem Crocodylia, que inclui os crocodilos, jacarés e gaviais. Eles estão entre os maiores organismos que habitam seus ecossistemas e têm uma expectativa de vida alta (Ross 2022), com algumas espécies atingindo até mesmo mais do que 70 anos de vida (Grigg 2015). Esses répteis habitam uma grande variedade de ambientes aquá-

ticos em regiões tropicais, subtropicais e, em alguns casos, temperadas, como lagos, pântanos, rios, áreas alagáveis, mangues e recifes de corais. Nesses ecossistemas, crocodilianos adultos ocupam posições terminais nas cadeias alimentares, interagem com diversas outras espécies e modificam seus ambientes, desempenhando, dessa forma, funções de grande valor ecológico (Nifong 2018).

## Espécies e sua distribuição

Atualmente, são consideradas 26 espécies de crocodilianos vivos no planeta (Uetz et al. 2021). Dentre elas, seis espécies, pertencentes a três gêneros, possuem sua ocorrência, ou parte dela, registrada para o Brasil. São elas: *Caiman crocodilus*, *C. latirostris*, *C. yacare*, *Melanosuchus niger*, *Paleosuchus palpebrosus* e *P. trigonatus*. Distribuídos em diferentes biomas e tipos de habitats, os crocodilianos brasileiros ocupam grande parte do território nacional, estando geralmente associados a importantes bacias hidrográficas ao longo do país (Campos et al. 2013a, b; Coutinho et al. 2013, Farias et al. 2013a, b, Marioni et al. 2013).

Conhecido popularmente como jacaré-tinga ou jacaré-de-óculos, o *Caiman crocodilus* (Linnaeus, 1758) está amplamente distribuído na América Central e do Sul. No Brasil, a espécie se distribui nos biomas Amazônia e Caatinga (Farias et al. 2013a), habitando todo tipo de ambiente fluvial ou lacustre, água doce ou salobra (Thorbjarnarson 1994). Batista (2009) reportou a ocorrência do jacaré-tinga no lago Paranoá em Brasília. Porém, há uma incerteza quanto à origem dessa população no Distrito Federal.

O jacaré-de-papo-amarelo, ou *Caiman latirostris* (Daudin, 1801), é outra espécie com distribuição ampla na América do Sul (Verdade e Piña 2006). No Brasil, a espécie ocorre nos biomas do Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga e Pampas (Coutinho et al. 2013). Bastante generalista, o jacaré-de-papo-amarelo ocupa diversos tipos de habitats, desde lagos, brejos e pântanos até ambientes bastante alterados ou até criados pelo homem, como é o caso de açudes ou córregos em meio a grandes centros urbanos (Freitas-Filho 2013, Marques et al. 2016).

Em altas densidades, vivendo particularmente no Pantanal brasileiro, o *Caiman yacare* (Daudin, 1801), ou jacaré-do-pantanal, habita regiões alagadas também da Bolívia, parte do Paraguai e Argentina (Coutinho e Campos 1996, Farias et al. 2013b). No Brasil, além do Pantanal, a espécie pode ser encontrada em algumas drenagens no sul da Amazônia brasileira (Farias et al. 2013b). Devido à disponibilidade de

ambientes, e também de outros recursos, o jacaré-do-pantanal é considerado uma das espécies mais abundantes de crocodilianos brasileiros (Coutinho e Campos 1996).

Considerado o maior crocodiliano brasileiro, podendo atingir mais de quatro metros de comprimento (Thorbjarnarson 2010), o jacaré-açu *Melanosuchus niger* (Spix, 1825) é um crocodiliano exclusivo da bacia Amazônica, que também ocorre em grandes densidades. Mendonça e Coutinho (2009) registraram uma densidade relativa que variava entre 5,1 e 100,4 jacarés/km percorrido em Rondônia. Mesmo habitando uma extensa área de ambientes alagáveis, além de grandes rios e lagos, a espécie aparentemente apresenta uma diferença de abundância entre populações existentes em rios de água branca e água escura na Amazônia (Da Silveira e Da Silveira 1997, Rebêlo e Lugli 2001, Junk et al. 2011).

Passando da maior para a menor espécie de crocodiliano brasileiro, o jacaré-paguá ou jacaré-anão *Paleosuchus palpebrosus* (Cuvier, 1807) pode ser encontrado em quase todos os biomas do Brasil (Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e entorno do Pantanal), além de estender sua distribuição ao longo de nada menos que dez países da América do Sul (Magnusson 1992a). Um pouco mais críptico, o jacaré-paguá ocupa habitats de água um pouco mais fria e associados a riachos e corredeiras, mesmo dentro de florestas ou ambientes com substrato rochoso (Campos et al. 2013a). Sua aparente tolerância a temperaturas mais frias pode ser uma estratégia para colonizar ambientes mais crípticos como os mencionados acima (Campos e Magnusson 2013).

Por fim, o jacaré-coroa *Paleosuchus trigonatus* (Schneider, 1801), no Brasil, também está restrito ao bioma Amazônico (Magnusson 1992b). A espécie pode ser encontrada em pequenos córregos e riachos ao longo de florestas de terra firme e de igapó na floresta Amazônica, e em ambientes mais abertos próximos a cachoeiras ou grandes rios como o Madeira ou Mamoré (Vasconcelos e Campos 2007, Campos et al. 2013b).

## Quais as consequências da urbanização para a fauna?

Antes de entendermos quais são as suas consequências, precisamos entender, primeiramente, o que é urbanização. A urbanização pode ser definida como perturbação do ambiente decorrentes de aglomerações humanas (Marzluff 1997). Esse fenômeno altera drasticamente o ambiente, causando a impermeabilização do solo, remoção da vegetação nativa, alterando a estrutura do habitat que, conseqüentemente, acaba substituindo a fauna nativa pela fauna exótica, sendo uma das maiores causas de declínios ou extinções populacionais das espécies (McKinney 2006). Além disso, a urbanização altera as interações ecológicas, resultando em desequilíbrio ambiental. A biomassa dos insetos pode ser alterada pela urbanização. Com isso, morcegos, por exemplo, não utilizam mais os habitats com baixa biomassa dos insetos que consomem, que são altamente impactados pela urbanização (como por exemplo mariposas – Threlfal et al. 2012).

As consequências da urbanização são distintas entre as espécies. Algumas espécies de diferentes grupos se beneficiam em ambientes urbano, como aves (Meillère et al. 2015), mamíferos (McKinney 2002) e grandes répteis, como serpentes constritoras (Fearn et al. 2001) ou crocodilianos (Freitas-Filho 2013), principalmente pela

entrada contínua de alimentos. Em contrapartida, algumas espécies desses mesmos grupos, podem ser prejudicadas, seja pela poluição de ambientes aquáticos ou pela supressão de vegetação nativa (Russo e Ancillotto 2015, Thorbjarnarson et al. 2002).

O processo de urbanização é durador e muitas vezes irreversível, sendo que seus efeitos mais severos estão sob a fauna aquática, devido à poluição, alterações no leito dos corpos d'água e supressão da mata ciliar (Araújo 1998). Dentre os organismos comumente encontrados em ambiente urbano, os crocodilianos são comuns. Com isso, questões sobre como os crocodilianos respondem aos processos de urbanização começaram a ser levantadas. Esses estudos buscam compreender como as populações de crocodilianos ainda resistem aos impactos antrópicos. Por exemplo, o aligátor americano (*Alligator mississippiensis*) tem prosperado em ambientes urbanos, devido à capacidade de se adaptar rapidamente a variações nos recursos nutricionais (Janés 2004). Uma espécie próxima, o aligátor chinês (*A. sinensis*), está em risco de extinção na natureza devido à substituição de seu habitat natural por arrozais, à urbanização e conflitos com populações humanas em suas áreas de ocorrência (Thorbjarnarson et al. 2002).

## Jacarés urbanos no Brasil

Os impactos causados pela alteração das condições naturais em áreas com populações de crocodilianos no Brasil ainda são desconhecidos (Villaça 2004). Entretanto, é comum as pessoas se depararem com

jacarés em ambientes urbanos (Figuras 1 e 2) e, em decorrência disso, várias notícias são publicadas (principalmente na internet) sobre esses encontros.



**Figura 1.** Jacaré-paguá (*Paleosuchus palpebrosus*) em saída de esgoto no centro urbano de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. Foto: Mudrek, J. R.



**Figura 2.** Jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), habitando de brejos urbanos, sendo resgatado em rodovia da Grande Vitória, Espírito Santo, Brasil. Foto: Leonardo Merçon.

Em diversas ocasiões, a população entra em contato com órgãos competentes para a remoção adequada dos animais, mas em alguns casos, as pessoas tentam removê-los sozinhas e é quando ocorrem os principais acidentes, podendo fazer o ser humano ou o jacaré de vítimas. Apesar disso, no Brasil, são poucos os acidentes envolvendo jacarés em ambientes urbanos (vide BOX 1).

O grande número de encontros vem chamando a atenção dos cientistas já há algum tempo e, apesar de poucos, existem alguns trabalhos sobre crocodilianos

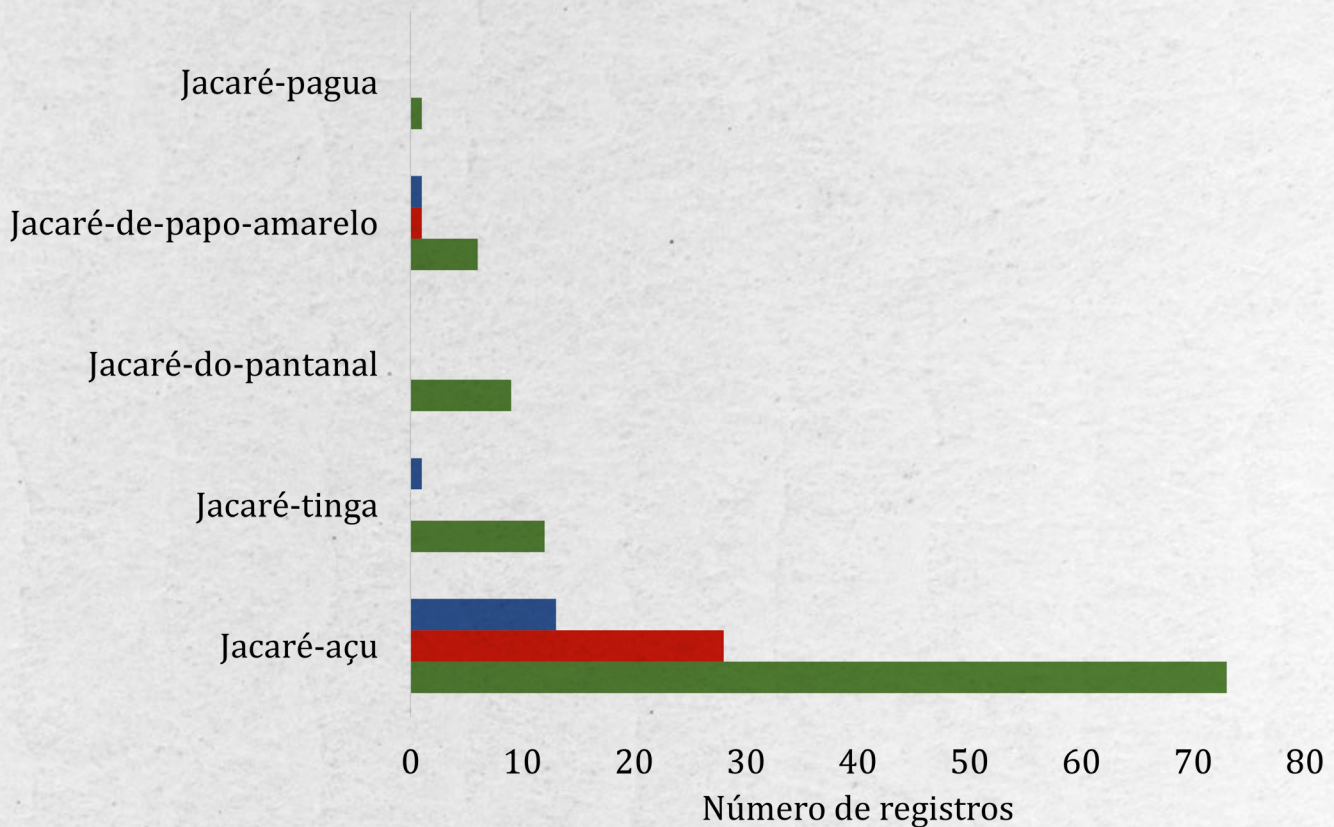
brasileiros em ambientes urbanos. Alguns apenas aumentam o número de registros de espécies de jacarés encontrados em ambientes urbanizados, provenientes de estudos de levantamento e/ou monitoramento de espécies (e.g. Batista 2009, Filogônio et al. 2010, Freitas-Filho 2013, Mudrek 2016, Marques et al. 2016). Outros, procuram explorar os impactos e características das populações de jacarés que vivem em ambientes urbanos ou degradados (e.g. Freitas-Filho 2008, Marques et al. 2013, Basset 2016, Siroski et al. 2016, Mudrek 2016, Júnior et al. 2018, Oliveira et al. 2021).

### Box 1: CrocBITE

O website CrocBITE é um projeto que busca compilar informações sobre ataques a humanos por crocodilianos em todo o mundo, com o objetivo de contribuir para com a conservação desses animais, desmistificar o medo que as pessoas sentem e evitar que esses acidentes continuem ocorrendo (CrocBITE 2013).

A seguir, há algumas informações acerca dos ataques de jacarés a humanos em território brasileiro. O jaca-

ré-açu (*Melanosuchus niger*) é o jacaré brasileiro que mais causa ataques (Figura 3). Esta é a única espécie presente em território brasileiro que atinge mais do que 3 metros de comprimento, podendo chegar até mesmo a 5 metros! Por representar uma ameaça física muito maior do que os demais, ataques fatais são bem mais frequentes para o jacaré-açu, e essa foi também a espécie mais frequentemente abatida após acidentes.



**Figura 3.** Número de registros de ataques e abates desses jacarés em território brasileiro. Barras verdes: número de ataques; Barras vermelhas: ataques fatais e; Barras azuis: jacarés abatidos após ataques.

O número de jacarés abatidos após ataques deve ser entendido como um limite inferior, pois, em muitos dos registros, não há informações sobre se o animal foi ou não abatido e, em outros, mais de um jacaré foi morto até que o animal responsável fosse identificado. Não há registro de ocorrências para a sexta espécie presente em território brasileiro, o jacaré-coroa (*Paleosuchus trigonatus*) com consequências ruins para ambos os lados envolvidos.

Além dos ataques resultarem em morte humana, há também o abate eventual dos jacarés, evidenciando que essas interações indesejáveis geram consequências negativas para ambos os lados envolvidos. Na maioria dos casos, os jacarés foram mortos por membros das próprias comunidades, muito provavelmente motivados pelo medo que sentiam desses animais. Afinal, a maior parte deles foi abatida após o ataque, de forma a não ser possível argumentar que esses abates tenham sido necessários para preservar as vidas das vítimas.

Portanto, além de ameaçar a segurança humana, esses conflitos parecem ter o potencial de causar aversão a esses animais nas pessoas, podendo gerar uma atitude negativa que, potencialmente, comprometeria esforços conservacionistas. Assim, quando nos deparamos com humanos e jacarés compartilhando espaços em áreas urbanas, é essencial que nos atentemos para essa problemática e busquemos medidas de redução de danos.

Campanhas de conscientização voltadas para as comunidades locais, por exemplo, reduzem a probabilidade de conflitos e ensinam as pessoas a lidar com potenciais ataques (Stevenson 2022). Da mesma forma, iniciativas de apuração de dados, como a CrocBITE e trabalhos de educação ao público, portanto, devem ser encorajados, a fim de disseminar informações que poderão agir em prol da coexistência pacífica entre as diferentes espécies.

Em diferentes regiões do Brasil, pesquisadores buscam compreender quais as consequências da urbanização sobre as populações de crocodilianos. A maior parte dos estudos conduzidos em áreas urbanas brasileiras apresenta algum fator preocupante. Em estudo recente, conduzido em Manaus com o jacaré-tinga, por exemplo, os autores concluíram que a poluição está alterando o genoma dos espécimes que habitam o ambiente urbano. Essas alterações estão afetando a organização cromossômica e o material genético dos jacarés, podendo causar mutações gênicas (Oliveira et al. 2021).

Estudos de estrutura populacional em ambientes urbanos têm demonstrado que o recrutamento de novos indivíduos pode estar sendo prejudicado por essas alterações ambientais. Na área urbana do Rio de Janeiro (RJ), populações do jacaré-do-papo-amarelo foram avaliadas e apenas 6,7% dos jacarés registrados eram menores que 50cm em Comprimento Total (CT). O autor ainda salienta que não registrou nenhum indivíduo menor que 40cm de CT (Freitas-Filho 2008). Na área urbana de Cuiabá (MT), populações do jacaré-paguá foram também avaliadas quanto à sua estrutura (Mudrek 2016). Foram registrados poucos neonatos (recém-eclodidos), enquanto houve predominância dos indivíduos de tamanhos intermediários para a espécie.

Além da estrutura populacional ser afetada em ambiente urbano, a razão sexual (proporção entre machos e fêmeas) também sofre alterações. A razão sexual dos crocodilianos é diretamente afetada pela temperatura, sendo que, em temperaturas mais altas, há maior proporção de machos em relação à proporção de fêmeas (Thorbjarnarson 1997). Isso foi demonstrado no Rio de Janeiro, onde a razão sexual da população de jacaré-do-papo-amarelo foi de 2,8 machos para cada fêmea (Freitas-Filho 2008). Em Cuiabá, para a população de jacaré-paguá foram registrados 1,25 machos para cada fêmea. Embora essa proporção seja sutil, ainda há desvio para machos (Mudrek 2016). Em áreas urbanas, há aumento da temperatura causado pelo efeito conhecido como ilha de calor (McKinney 2002), e a maior proporção de machos em relação a fêmeas pode ser reflexo direto desse efeito.

Outros estudos interessantes em ambiente urbano são aqueles sobre a dieta dos jacarés. Os crocodi-

lianos são generalistas e oportunistas, consumindo as presas mais abundantes disponíveis no ambiente (Magnusson et al. 1987). Em Manaus (AM), foram estudados conteúdos estomacais de jacaré-tinga e jacaré-coroa. Em ambas as espécies, o item alimentar predominante foi rato (*Rattus* sp.) (Dutra-Araújo et al. 2015). No Rio de Janeiro, os itens mais frequentes em conteúdos estomacais de jacarés-do-papo-amarelo foram gastrópodes (caramujos) e hemípteros (insetos) (Freitas-Filho 2008). Em Cuiabá, para o jacaré-paguá os peixes conhecidos como lebiste ou barrigudinho (*Poecilia* sp.) foram predominantes nos conteúdos estomacais analisados (Mudrek 2016).

Apesar dos itens alimentares desses diferentes estudos não serem os mesmos, todos os itens de maior predominância são respostas à urbanização. Os ratos são atraídos pelo acúmulo de lixo e, com isso, os jacarés tinga e coroa se beneficiam da abundância desses roedores e se alimentam deles em Manaus (Dutra-Araújo et al. 2015). Os hemípteros registrados nos conteúdos estomacais de jacarés-do-papo-amarelo são associados a ambientes poluídos, não sendo encontrados em conteúdos estomacais de animais provenientes de ambientes naturais (Freitas-Filho 2008). Já os peixes registrados nos conteúdos estomacais dos jacarés-paguá são exóticos e possuem alta plasticidade ecológica, competindo com espécies nativas (Mudrek 2016). A presença desses peixes em grande quantidade nos córregos urbanos de Cuiabá pode ser reflexo da soltura desses animais em córregos, uma vez que são comumente utilizados em aquários.

Além disso, esses estudos sobre a dieta de jacarés em ambientes urbanos reportaram presença de lixo nos conteúdos estomacais. Na área urbana de Manaus, foram encontrados, em conteúdos estomacais do jacaré-tinga, fragmentos de tecido e plástico; já em conteúdos estomacais do jacaré-coroa, além de fragmentos de plástico, foram encontrados borraça e vidro (Dutra-Araújo et al. 2015). Em conteúdos estomacais dos jacarés-do-papo-amarelo do Rio de Janeiro, foram encontrados fragmentos de balões de festa, sacolas e garrafas plásticas e até mesmo preservativos (Freitas-Filho 2008). Em Cuiabá, nos conteúdos estomacais dos jacarés-paguá foram encontrados fragmentos de plástico, barbante e tecido (Mudrek 2016).

## Conclusões

Embora haja estudos que demonstrem a capacidade de jacarés brasileiros de se adaptarem a determinadas alterações antrópicas (eg.: Strüssmann 2003, Villaça 2004, Soares 2007, Batista 2009, Filogonio et al. 2010), estudos conduzidos estritamente em ambiente urbano fazem-se necessários. Não se sabe quais são os efeitos da bioacumulação da poluição proveniente de esgotos, nem como as populações se comportarão a longo prazo mediante essas mudanças. A mudança da temperatura local dos ambientes urbanos pode ser considerada uma das ameaças para a conservação das espécies de jacarés brasileiros, uma vez que populações desviadas para apenas

um sexo tendem a declinar e extinguir localmente.

Mesmo com a ocorrência de jacarés em diversas cidades brasileiras (Figura 4), há desconhecimento acerca de como essas populações estão estruturadas. Os jacarés desempenham importantes serviços ecológicos controlando populações de presas que podem ser vistas como asquerosas ou nojentas pelos seres humanos. Além disso, estudos sobre disponibilidade de presas e locais para nidificação, por exemplo, poderiam explicar a permanência de populações de jacarés nas cidades brasileiras.



**Figura 4.** Jacaré-do-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), tenta atravessar rodovia movimentada momentos antes de ser resgatado na Grande Vitória, Espírito Santo, Brasil. Foto: Leonardo Merçon.

## Referências

- Basset, L. A. B. 2016. Estado sanitário do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em paisagens antropizadas no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Brasil.
- Batista, V. B. G. V. 2009. Ecologia, uso de habitat e conservação do *Caiman crocodilus* (Alligatoridae, Crocodylia) no lago Paranoá, Brasília- DF. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasil. 63 pp.
- Britton, A., Sideleau, B. e Britton, E. 2013. CrocBITE: Worldwide Crocodylian Attack Database (acesso em 10/07/2021). Disponível em: <http://www.crocodile-attack.info/>.
- Campos, Z. e Magnusson, W.E. 2013. Thermal relations of dwarf caiman, *Paleosuchus palpebrosus*, in a hillside stream: evidence for an unusual thermal niche among crocodylians. *Journal of Thermal Biology*, 38: 20-23.
- Campos, Z., Marioni, B., Farias, I. P., Verdade, L. M., Bassetti, L., Coutinho, M. E., Mendonca, S. H. S. T., Vieira, T. Q., Magnusson, W. E. 2013a. Avaliação do risco de extinção do jacaré-paguá *Paleosuchus palpebrosus* (Cuvier, 1807) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 1: 40-47.
- Campos, Z., Marioni, B., Farias, I. P., Verdade, L. M., Bassetti, L., Coutinho, M. E., Mendonca, S. H. S. T., Vieira, T. Q., Magnusson, W. E. 2013b. Avaliação do risco de extinção do jacaré-coroa *Paleosuchus trigonatus* (Schneider, 1801) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 1: 48-53.
- Coutinho, M. E. e Campos, Z. 1996. Effect of habitat and seasonality on the densities of caiman in southern Pantanal- Brazil. *Journal of Tropical Ecology* (Print), 12: 741-747.
- Coutinho, M. E., Marioni, B., Farias, I. P., Verdade, L. M., Bassetti, L., Mendonca, S. H. S. T., Vieira, T. Q., Magnusson, W. E. e Campos, Z. 2013. Avaliação do risco de extinção do jacaré-do-papo-amarelo *Caiman latirostris* (Daudin, 1802) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 1: 13-20.
- Da Silveira, R. e Da Silveira, B.B. 1997. Capture and recapture of an adult black caiman in Mamirauá. *Crocodile Specialist Group Newsletter – IUCN/SSC*, 16(2): 18-20.
- Farias, I. P., Marioni, B., Verdade, L. M., Bassetti, L., Coutinho, M. E., de Mendonça, S. H., Vieira, T. Q., Magnusson, W. E. e Campos, Z. 2013a. Avaliação do risco de extinção do jacaré-tinga *Caiman crocodilus* (Linnaeus, 1758) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 1: 31-39.
- Farias, I. P., Marioni, B., Verdade, L. M., Bassetti, L., Coutinho, M. E., Mendonca, S. H. S. T., Vieira, T. Q., Magnusson, W. E. e Campos, Z. 2013b. Avaliação do risco de extinção do jacaré-do-pantanal *Caiman yacare* (Daudin, 1802) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 1: 21-30.
- Fearn, S., Robinson, B., Sambono, J. e Shine, R. 2001. Pythons in the pergola: the ecology of “nuisance” carpet pythons (*Morelia spilota*) from suburban habitats in south-eastern Queensland. *Wildlife Research*, 28: 573–579.
- Filogonio, R., Assis, V. B., Passos, L. F. e Coutinho, M. E. 2010. Distribution of populations of broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*, Daudin 1802, Alligatoridae) in the São Francisco River basin, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70: 961-968.
- Freitas-Filho, R. 2008. Dieta e avaliação de contaminação mercurial em *Caiman latirostris* em dois parques municipais do Rio de Janeiro, Brasil. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas. Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil.
- Freitas-Filho, R. F. 2013. Ecologia do jacaré de papo amarelo (*Caiman latirostris* Daudin 1802) em ambientes urbanos no município do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. 123pp.
- Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Shöngart, J., Cohn-Haft, M., Adeney, J. M. e Wittman, F. 2011. A Classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands*, 31: 623-640.
- Júnior, P. B. M., dos Anjos, H. R., dos Santos, E. M. e de Sousa Correia, J. M. 2018. *Caiman latirostris* (Daudin, 1802) interaction with fishing nets in a lentic area, Northeast of Brazil. *Herpetology Notes*, 11: 977-980.



- Magnusson, W. E. 1992a. *Paleosuchus palpebrosus*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles, 554: 1-2.
- Magnusson, W.E. 1992b. *Paleosuchus trigonatus*. Catalogue of American Amphibians and Reptiles, 555: 1–3.
- Magnusson, W.E., Silva, E.V., Lima, A.P. 1987. Diets of Amazonian Crocodylians. *Journal of Herpetology*, 21: 85–95.
- Marioni, B., Farias, I. P., Verdade, L. M., Bassetti, L., Coutinho, M. E., Mendonça, S. H. S. T., Vieira, T. Q., Magnusson, W. E., Campos, Z. 2013. Avaliação do risco de extinção do jacaré-açu *Melanosuchus niger* (Spix, 1825) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 1: 31-39.
- Marques, T. S., Lara, N. R., Bassetti, L. A., Piña, C. I., Camargo, P. B. e Verdade, L. M. 2013. Intraspecific isotopic niche variation in broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 49(3): 325-335.
- Marques T. S., Bassetti L. A. B., Lara N. R. F., Milan C. H., Piña C. I. e Verdade L. M. 2016. Population structure of the broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*) in natural and man-made water bodies associated with a silvicultural landscape. *Salamandra*, 52: 1–10.
- Marzluff, J. M. 1997. Effects of urbanization and recreation on songbirds. Pp. 89–102. In: Block, W.M., Finch, D.M. (Eds.), *Songbird Ecology in Southwestern Ponderosa Pine Forests: A Literature Review*. Dept. of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.
- McKinney, M. L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 52: 883-890.
- McKinney, M. L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127: 247–260.
- Meillère, A., Brischoux, F., Parenteau, C. e Angelier, F. 2015. Influence of urbanization on body size, condition, and physiology in an urban exploiter: a multi-component approach. *PLoS One*, 10: 1–19.
- Mendonça, S. e Coutinho, M. 2009. Bases biológicas para o manejo do jacaré-açu (*Melanosuchus niger*) na Reserva Extrativista do Lago do Cuniã, Rondônia. In: *Anais do IV Congresso Brasileiro de Herpetologia*. Sociedade Brasileira de Herpetologia.
- Mudrek, J. R. 2016. Ecologia populacional e alimentar do Jacaré-paguá *Paleosuchus palpebrosus* (Crocodylia: Alligatoridae) em córregos urbanos. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade. Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Instituto de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil. 70pp.
- Nifong, J. [2018]. Ecological value of crocodylians. Part 6.4. In: *Crocodylian-Capacity Building Manual*. IUCN CSS – Crocodile Specialist Group.
- Oliveira, V. C. S., Viana, P. F., Gross, M. C., Feldberg, E., Da Silveira, R., de Bello Cioffi, M., Bertollo, L. A. C. e Schneider, C. H. 2021. Looking for genetic effects of polluted anthropized environments on *Caiman crocodilus crocodilus* (Reptilia, Crocodylia): a comparative genotoxic and chromosomal analysis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 209: 111835.
- Rebêlo, G. H. e Lugli, L. 2001. Distribution and abundance of four caiman species (Crocodylia: Alligatoridae) in Jaú National Park, Amazonas, Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, 49(03): 1095-1109.
- Ross, P. 2022. Basic Crocodylian Biology. Part 4.1. In *Crocodylian-Capacity Building Manual*. IUCN-CSS Crocodile Specialist Group. (Acessado em fevereiro de 2022).
- Russo, D. e Ancillotto, L. 2015. Sensitivity of bats to urbanization: a review. *Mammalian Biology*, 80(3): 205–212.
- Siroski, P. A., Poletta, G. L., Latorre, M. A., Merchant, M. E., Ortega, H. H. e Mudry, M. D. 2016. Immunotoxicity of commercial-mixed glyphosate in broad-snouted caiman (*Caiman latirostris*). *Chemico-Biological interactions*, 244: 64–70.
- Soares, E. A. 2007. Densidade populacional, lesões e anomalias em *Melanosuchus niger* (Spix, 1825) e *Caiman*

- crocodilus* (Lineau, 1758), (Crocodylia, Alligatoridae) na bacia do Rio Araguaia, estado do Tocantins. Tese de Mestrado em Pós-Graduação em Ciências do Ambiente. Universidade Federal de Tocantins, Brasil. 85pp.
- Strüssmann, C. 2003. Herpetofauna. Pp. 119–174. In: Alho, C.J.R. (Ed.), Conservação da Biodiversidade da Bacia do Alto Paraguai. UNIDERP, Brasil.
- Stevenson, C. 2022. Public Education and Awareness. Part 4.5.3. In: Crocodylian-Capacity Building Manual. IUCN-CSS Crocodile Specialist Group. (Acessado em fevereiro de 2022).
- Threlfall, C. G., Law, B. e Banks, P. B. 2012. Influence of landscape structure and human modifications on insect biomass and bat foraging activity in an urban landscape. *PloS one*, 7(6): e38800.
- Thorbjarnarson, J. B. 1994. Reproductive ecology of the spectacled caiman (*Caiman crocodilus*) in the Venezuelan llanos. *Copeia*, 1994(4): 907-919.
- Thorbjarnarson, J. B. 1997. Are crocodylian sex ratios female biased? The data are equivocal. *Copeia*, 2: 451–455.
- Thorbjarnarson, J., Wang, X., Ming, S., He, L., Ding, Y., Wu, Y. e McMurry, S. T. 2002. Wild populations of the Chinese alligator approach extinction. *Biological Conservation*, 103(1): 93-102.
- Thorbjarnarson, J. 2010. Black Caiman *Melanosuchus niger*. Pp. 29-39. In: Crocodiles, Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN CSS – Crocodile Specialist Group.
- Vasconcelos, W. e Campos, Z. 2007. Geographic variation between Pantanal caiman (*Caiman crocodilus yacare*) and Amazonian caiman (*Caiman crocodilus crocodilus*): First phase. *Crocodile Specialist Group Newsletter*, 26(4): 6-7.
- Verdade, L. e Piña, C. 2006. *Caiman latirostris*. *Catalogue of American Amphibians and Reptiles*, 833: 1-21.
- Villaça, A. M. 2004. Uso de habitat por *Caiman crocodilus* e *Paleosuchus palpebrosus* no reservatório da UHE de Lajeado, Tocantins. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Ecologia de Agroecossistemas. Universidade de São Paulo, Brasil.
- Uetz, P., Freed, P, Aguilar, R. e Hošek, J. 2021. *The Reptile Database* (eds.) (acesso em 07/2021). Disponível em: <http://www.reptile-database.org>.





*Bothrops atrox*  
Foto: Thiago Silva-Soares

# DESAFIOS DA MANUTENÇÃO DE SERPENTES PEÇONHENTAS: O biotério do Laboratório de Herpetologia do Instituto Butantan

Sávio Stefanini Sant'Anna & Kathleen Fernandes Grego

<sup>1</sup>Instituto Butantan, Lab. Herpetologia, São Paulo, São Paulo, Brasil

Autor para correspondência: [savio.santanna@butantan.gov.br](mailto:savio.santanna@butantan.gov.br)

Leia ou clique no código  
para assistir a palestra desse  
capítulo na Herpetorama!



## Resumo

A manutenção de serpentes no Instituto Butantan remonta do início do século XX quando Vital Brazil constrói primeiramente um “cobril” e em seguida um serpentário externo para manutenção e extração das serpentes. Somente nos anos 60 com a passagem do ambiente externo para o ambiente fechado iniciou-se a manutenção intensiva no Instituto. Desde então melhorias têm sido feitas no que diz respeito à alimentação, reprodução, extração do veneno e bem estar dos animais. A chegada de animais ao Instituto tem decaído consideravelmente, mas programas de reprodução têm possibilitado ao Laboratório de Herpetologia manter o plantel de várias espécies de importância em saúde praticamente independente desta chegada. Ainda existem melhorias a serem feitas, como por exemplo, para as serpentes do gênero *Micrurus*, embora grandes avanços no manejo destes animais tenham ocorrido nestes últimos anos.

Palavras-chave: elapídeos, extração de veneno, manejo, serpentário, viperídeos.

## Abstract

The maintenance of snakes at the Butantan Institute dates back to the beginning of the 20th century, when Vital Brazil was built first as an "ophidian cobril", and then as an external serpentarium for keeping and extracting snakes. Only in the 1960s, with the transition from the external environment to the closed environment, the intense maintenance started up at the Institute. Since then, improvements have been made regarding feeding, reproduction, venom management and animal welfare. The arrival of animals at the Institute has considerably decreased, but the improvement programs have allowed the Herpetology Laboratory to maintain the plant for several species of sanitary importance practically independent of this arrival. There are still improvements to be done, for example, for snakes of the genus *Micrurus*, although great advances in the management of these animals have occurred in recent years. Keywords: elapids, venom transmission, management, serpentarium, viperids.

## Introdução

Acidentes ofídicos são um importante problema de saúde, principalmente nos países de clima tropical e subtropical onde o número de serpentes potencialmente causadoras de acidentes é maior e as condições das populações são mais precárias, ocasionando principalmente acidentes em pessoas pobres e de áreas rurais. Em 2018 a Organização Mundial da Saúde (OMS) classificou os acidentes ofídicos como uma Doença Tropical Negligenciada e que o antiveneno é o principal tratamento para o problema, principalmente se administrado rapidamente (WHO, 2019). Os dados são muito fragmentados para se quantificar a magnitude do problema, mas Gutiérrez, et al. (2017) estimaram que anualmente cerca de 1,8 a 2,7 milhões de

pessoas sofrem acidentes ofídicos e que entre 81.000 e 138.000 morrem. Mesmo a América Latina possui números superlativos, com cerca de 137-150 mil acidentes e 3.400 – 5.000 óbitos. Entretanto a situação do Brasil difere em relação a muitos outros países, pois, por ser um agravo de notificação obrigatória (Bochner e Struchiner, 2002), possui dados relativos aos acidentes ofídicos e óbitos confiáveis. Entre os anos de 2008 e 2017, o número de acidentes anuais com serpentes no Brasil esteve em torno de 25.000 com menos de 0,5% de óbitos (Brasil, 2021). Essa situação se deve muito ao trabalho pioneiro desenvolvido no início do século XX pelo médico sanitário Dr. Vital Brazil Mineiro da Campanha.

## Vital Brazil e as serpentes

No final do século XIX, um surto de peste bubônica ocorreu na cidade de Santos-SP. Foi um período de grande chegada de imigrantes e rapidamente a epidemia tomou proporções alarmantes. Para controlar o surto da peste foi criado o Instituto Butantan (originalmente denominado Instituto Serumtherapico) sendo Vital Brazil o seu primeiro diretor e tendo como objetivo produzir o soro antipestoso. No entanto, Vital Brazil, que já havia trabalhado em Botucatu, no interior paulista, tinha um grande interesse nas questões relativas aos acidentes ofídicos. Em 1895, o médico francês Albert Calmette, já havia produzido o antiveneno utilizando o veneno de cobras (*Naja*), e acreditava que este seria um antídoto universal para todos os tipos de acidentes ofídicos (Hawgood, 1999), mas a experiência de Vital Brazil com os acidentados em Botucatu mostrava que acidentados por cascavéis (gênero *Crotalus*) possuíam características muito diferentes daqueles picados por jararacas (gênero *Bothrops*). Em 1901, quando ele iniciou seu trabalho como diretor, trouxe na bagagem exemplares de serpentes. Neste mesmo ano produziu as primeiras doses de soro antiveneno para cascavéis e jararacas, e dando continuidade aos seus estudos, comprovou que o antiveneno deve ser específico (Squaiella-Baptistão et al. 2018).

Vital Brazil iniciou, então, um programa de permuta de serpentes por ampolas de antiveneno com agricultores, fazendeiros e habitantes da zona rural. Para cada serpente entregue ao Instituto seria fornecida uma ampola de antiveneno, e a cada seis serpentes um kit com seringa e agulha para aplicação do soro (Hawgood, 1992). Também distribuiu caixas de madeira e laços para a captura das serpen-

tes e fez acordos com as companhias de estradas de ferro para que estas caixas fossem transportadas sem custos para a população levando caixas vazias para o interior e trazendo caixas com serpentes para o Instituto. Rapidamente o número de serpentes entregues ao Instituto aumentou. Entre os anos de 1901 e 1910 já haviam sido entregues ao Instituto mais de 9000 serpentes. Poucas são as informações relativas à manutenção destas serpentes que chegavam, sabe-se apenas que eram mantidas no “cobril”, local com baias feitas de alvenaria (Figura 1).

Em 1914 foi inaugurado o Serpentário do Instituto Butantan onde as serpentes passaram a ser mantidas. Esse serpentário era a céu aberto e com abrigos em forma de iglus, com aberturas laterais para que as serpentes pudessem se abrigar (Figura 2). As serpentes recém-chegadas eram colocadas neste serpentário sem que houvesse uma triagem ou mesmo uma quarentena. Animais que habitavam diferentes biomas eram colocados lado a lado, todos no mesmo ambiente sujeitos às intempéries. Quinzenalmente as serpentes eram extraídas e o veneno inoculado em cavalos para a produção do imunizante. A ausência de uma preocupação com o bem-estar animal, aliado ao fato de chegarem milhares de serpentes anualmente, não gerou durante muitos anos uma preocupação com os animais mantidos no serpentário, mesmo com as baixas taxas de sobrevivência. No entanto este panorama mudou, quando o médico veterinário Dr. Hélio Emerson Belluomini decidiu introduzir a manutenção intensiva de serpentes no Instituto a fim de melhorar as condições de manutenção das serpentes e, conseqüentemente, a produção de veneno (Belluomini, 1965).



**Figura 1.** Vital Brazil (ao centro) no “cobril”, local construído para manter as serpentes que eram entregues ao Instituto Butantan (Acervo Instituto Butantan/Centro de Memória)



**Figura 2.** Foto de 1924 do serpentário a céu aberto inaugurado em 1914, com os abrigos para serpentes em formato de iglu. (Acervo Instituto Butantan/Centro de Memória)

## A mudança para o sistema de manutenção intensiva

No início dos anos 60, percebendo as altas taxas de mortalidade no sistema de manutenção de serpentes utilizado no Instituto, Dr. Hélio E. Belluomini decidiu transformar baias de cavalos desativadas em local para manutenção intensiva das serpentes entregues ao Instituto. Neste novo local as serpentes foram acondicionadas em gaiolas de madeira (de um até quatro animais por gaiola) em salas climatizadas com temperatura e umidade controladas. As serpentes continuavam a ser extraídas quinzenalmente e dois dias após as extrações eram alimentadas com roedo-

res (Belluomini, 1965). Logo no primeiro ano a quantidade de extrações totais quintuplicou, mesmo tendo chegado números semelhantes de serpentes ao Instituto. Enquanto no sistema de serpentário a céu aberto (semi-intensivo) as serpentes eram extraídas entre 1 e 3 vezes e depois iam a óbito, no sistema fechado (intensivo), as serpentes passaram a sobreviver por mais tempo, sendo extraídas mais vezes (Belluomini, 1964). Esse sistema perdurou até os anos 80, quando ocorreu uma crise de desabastecimento de soro contra os acidentes ofídicos.

## A crise do soro nos anos 80

No início dos anos 80 com o fechamento da empresa farmacêutica Sintex do Brasil, houve uma crise de desabastecimento de soros e vacinas no Brasil. Embora os institutos públicos, como o Butantan, produzissem os soros antiveneno de serpentes, a produção não era suficiente. O Ministério da Saúde promoveu a criação do Programa Nacional de Autossuficiência em Imunobiológicos, causando uma grande revolução no sistema de produção dos soros. Neste momento houve uma grande mudança na manutenção das serpentes no Butantan. O chefe da Seção de Venenos (atual Laboratório de Herpetologia), o biólogo Wilson Fernandes, realizou uma reforma estrutural do biotério, instalando sistemas de climatização automáticos, além de mudanças nos procedimentos de manejo (Grego et al., 2021):

- Troca gradual das gaiolas de madeira por plásticas com visor de acrílico (Figura 3);
- Manutenção de uma serpente por gaiola (Figura 4);
- Triagem dos animais com procedimentos profiláticos (banho contra ectoparasitas e aplicação de vermífugos injetáveis);
- Inclusão de uma Quarentena;
- Controle individual dos animais;
- Extração mensal das serpentes com o uso do gás carbônico;
- Alimentação uma semana após a extração;
- Lavagem das gaiolas com água e sabão e posterior banho com hipoclorito de sódio;
- Desinfecção da boca das serpentes com álcool iodado após a extração de veneno.

Muitas dessas mudanças perduram até os dias atuais com algumas sendo aperfeiçoadas.



**Figura 3.** Sala de manutenção nos anos 90, com gaiolas plásticas e visor de acrílico. Em cada gaiola, apenas uma serpente com identificação.



**Figura 4.** Interior da gaiola de serpente com substrato de papelão corrugado e bebedouro de água.

## O atual Biotério de Serpentes do Laboratório de Herpetologia do Instituto Butantan

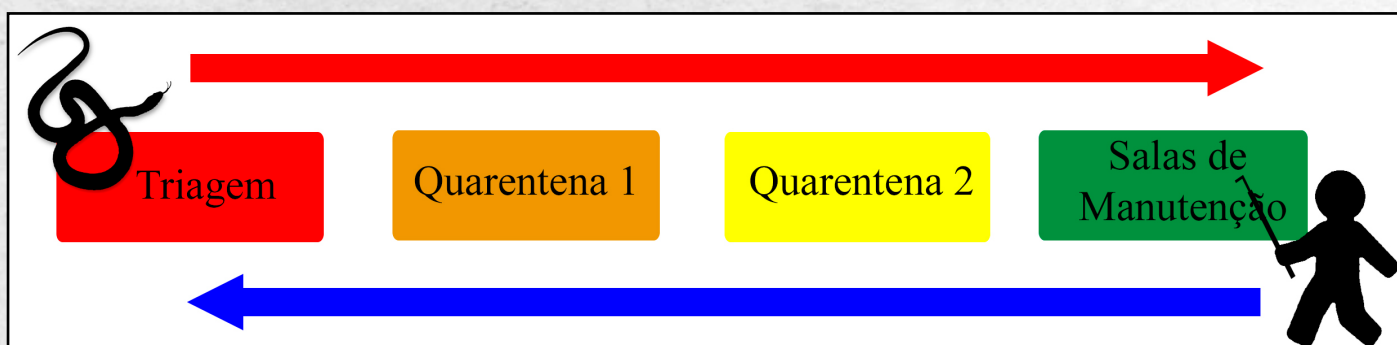
Atualmente o Biotério mantém cerca de 1000 serpentes de importância em saúde: 17 espécies de *Bothrops*, três subespécies de *Crotalus durissus*, seis espécies de *Micrurus* e uma de *Lachesis*. Com relação ao ambiente físico, o Laboratório possui:

- Uma triagem;
- Duas quarentenas;
- Uma sala de reprodução;
- Nove salas de manutenção;
- Uma sala ambulatorial;
- Uma sala de necropsia;
- Duas salas de lavagem;

Um serpentário externo composto por três módulos de 50m<sup>2</sup> cada.

O fluxo dos animais e dos funcionários segue em sentidos opostos nestes ambientes (Figura 4). As serpentes

dão entrada na Triagem e seguem para as Quarentena 1 (Q1) e depois Quarentena 2 (Q2). Após estarem quarentenadas seguem para as Salas de Manutenção. Já os funcionários seguem o sentido inverso: iniciam o trabalho nas Salas de Manutenção, depois Q2, Q1 e por último na Triagem. Caso haja necessidade de realizar necropsia este será o último local a ser visitado no dia. Este é um procedimento seguido à risca por todos do Laboratório. As gaiolas utilizadas são plásticas e de diversos tamanhos, verificando o tamanho da serpente (Brasil, 2015). Como substrato nas gaiolas, utilizamos papelão corrugado e um bebedouro plástico para fornecimento de água. Diariamente as gaiolas e serpentes são inspecionadas. Todas as salas possuem um timer fornecendo ciclo de 12h claro/12h escuro. É importante salientar que seguimos as normas éticas do Guia brasileiro de produção, manutenção ou utilização de animais em atividades de ensino ou pesquisa científica: fascículo 6: anfíbios e serpentes (Brasil, 2015).



**Figura 5.** Sequências de entrada das serpentes do Biotério (da esquerda para a direita). Inicia a Triagem, passando pelas Quarentenas e chegando as Salas de Manutenção. O trabalho diário dos funcionários segue o sentido oposto (da direita para a esquerda).

### Triagem

Assim que as serpentes dão entrada na Triagem, são identificadas e passam por um banho de imersão em Triclorfon (0,2%) e são acondicionadas em gaiolas plásticas. Uma vez por semana todas as serpentes são extraídas, pesadas e medidas. Verificam-se as condições corpóreas do animal e é decidido se o indivíduo tem interesse para o plantel do Biotério. Vários são os fatores que determinarão esse interesse, como por exemplo, a espécie, o sexo ou a localidade de origem. É importante que tenhamos exemplares machos e fêmeas das várias espécies existentes no Brasil, bem como de diversas localidades, produzindo venenos com as dife-

rentes características populacionais. As serpentes que entram para o plantel são vermifugadas com ivermectina injetável, identificadas, e seguem para a Q1.

### Quarentenas

Na Quarentena 1 (Q1) acondicionamos as serpentes em gaiolas individuais e após quinze dias é realizada uma segunda vermifugação. Oferecemos alimentação viva (camundongos ou ratos) a cada 28 dias. Neste período de adaptação as serpentes não sofrem extração de veneno e devem permanecer na sala por, no mínimo, trinta dias. Caso ela se alimente e não apresente nenhum sintoma de enfermidade, segue para a Qua-

rentena 2 (Q2). A passagem para a Q2 segue o sistema “all-in all-out”. Estando a Q2 vazia, todos os animais de interesse da Q1 seguem para a Q2 ao mesmo tempo. Na Q2 são realizados exames coproparasitológicos. As serpentes da Q2 sairão apenas após 30 dias, se todas estiverem se alimentando adequadamente, não apresentarem sintomas suspeitos e que tenham dado resultados negativos em dois exames coproparasitológicos seguidos. Neste caso, todas as serpentes seguem para as Salas de Manutenção e a Q2 é higienizada para receber a entrada de um novo lote. Caso ocorra a morte de alguma serpente neste período de Q2, o tempo é zerado e reiniciada a contagem de 30 dias.

### Salas de Manutenção e Alimentação

Nas Salas de Manutenção as serpentes continuam individualizadas e são alimentadas e extraídas mensalmente. O manejo é semelhante ao que se fazia na quarentena com alimentação a cada 28 dias, uma semana após a extração (que também ocorre a cada 28 dias). Diariamente as gaiolas e as serpentes são vistoriadas

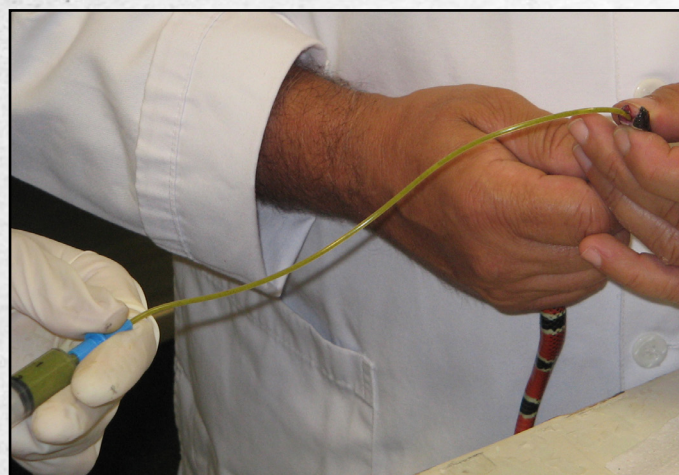
e caso haja necessidade são trocadas para gaiolas limpas e a água é renovada. A alimentação é feita com ratos (*Rattus rattus*) e/ou camundongos (*Mus musculus*) eutanasiados (recém abatidos ou descongelados) fornecidos pelo Biotério Central do Instituto Butantan (Figura 6). São oferecidos de 10 a 20% do peso da serpente. Por exemplo, para uma serpente de 200 g oferecemos dois camundongos de 20g. Como muitas serpentes se alimentam à noite, somente no dia seguinte retiramos os roedores não consumidos. Para aqueles animais que recusaram os roedores abatidos, oferecemos alimentação viva com peletes de ração. Caso não haja aceitação de alimento por três meses consecutivos, então tomamos medidas mais drásticas como alimentação forçada ou gavagem (Figura 7). Nos dias que se seguem à alimentação, a entrada dos funcionários na sala se restringe ao estritamente necessário para evitar o estresse das serpentes e possível regurgito do alimento.



**Figura 6.** Alimentação de uma jararaca (*Bothrops jararaca*) com camundongo recém eutanasiado.

### Extração

Mensalmente, fazemos a extração de metade das serpentes de uma sala e no mês seguinte da outra metade, portanto uma serpente acaba sendo extraída a cada dois meses. Para a extração, as serpentes são colocadas em um recipiente saturado de gás carbônico (CO<sup>2</sup>), promovendo a narcose e facilitando assim o processo (De Biase et al, 1976). A extração é manual com massagem na região logo



**Figura 7.** Alimentação de coral-verdadeira (*Micrus corallinus*) por gavagem..

atrás dos olhos no sentido de trás para frente (Figuras 8 e 9), sendo o veneno depositado em um copo Becker em banho de gelo (o gelo é para diminuir a temperatura do veneno e evitar a desnaturação das proteínas e consequente perda das propriedades). Após a extração, a boca da serpente é desinfetada com clorexidina, mitigando os problemas de estomatite, muito comuns no passado. No processo de extração, as serpentes são pesadas, medidas e verificadas suas condições de saúde. Esse controle



é muito importante para que problemas de saúde sejam rapidamente identificados.

O Instituto Butantan produz cinco diferentes tipos

de soros antivenenos para serpentes, sendo que para o antibotrópico utiliza-se um “pool” com cinco diferentes espécies e para o anticrotálico, duas subespécies diferentes (tabela 1).

**Tabela 1.** Soros contra o veneno de serpentes produzidos pelo Instituto Butantan e as espécies com as quantidades de veneno em porcentagens utilizadas.

Soro	Espécies utilizadas e porcentagem
Antibotrópico (“pool” botrópico)	50% <i>Bothrops jararaca</i> 12,5% <i>B. alternatus</i> 12,5% <i>B. jararacussu</i> 12,5% <i>B. moojeni</i> 12,5% grupo <i>neuwiedi</i> (exceto <i>B. erythromelas</i> )
Anticrotálico (“pool” crotálico)	50% <i>Crotalus durissus terrificus</i> 50% <i>C. d. collilineatus</i>
Antibotrópico-anticrotálico	50% “pool” botrópico 50% “pool” crotálico
Antibotrópico-antilaquético	50% “pool” botrópico 50% <i>Lachesis muta</i>
Antielaipídico	50% <i>Micrurus corallinus</i> 50% <i>M. frontalis</i>



**Figura 8.** Extração de *Crotalus durissus* em copo de Becker em banho de gelo (Imagem de Gianfranco Imperatriz Marino).



**Figura 9.** Extração de *Micrurus* realizada com ponteiros de micropipetas automáticas devido à pequena quantidade de veneno produzida.

### Reprodução e criação das serpentes

No período reprodutivo (outono-inverno) as serpentes das Salas de Manutenção são pareadas em duplas ou trios (dois machos e uma fêmea) para acasalamento. Dependendo do tamanho das serpentes ou do comportamento, elas podem ser pareadas na própria caixa de manutenção (espécies pequenas como *Bothrops erythromelas* ou *B. neuwiedi*) ou na Sala de Reprodução (espécies grandes e que realizam dança-combate entre os machos, como *Crotalus durissus* e *Bothrops atrox*) (Figura 12). Elas permanecem juntas por 24 horas, quando, então, são separadas e caso não tenha sido visualizada a cópula, realizamos o “swab vaginal” para verificação da presença de espermatozoides.

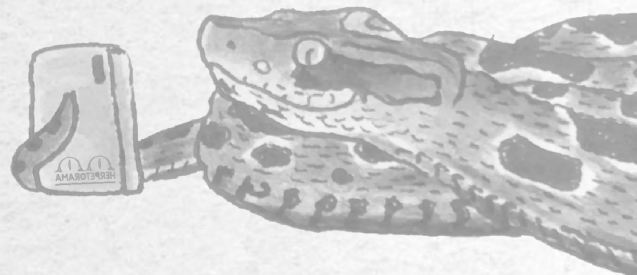
O período de gestação é acompanhado com imagens ultrassonográficas (Figura 11) até o nascimento dos filhotes que ocorrem principalmente nos meses de verão (dezembro a março). Ao nascerem, os filhotes são individualizados, pesados, medidos, verificado o sexo (através da eversão do hemipênis) e seguem para uma Sala de Manutenção apenas de filhotes denominada Berçário. Até o primeiro ano de vida são alimentados quinzenalmente, e depois uma vez por mês, assim como os adultos. Eles permanecem até os três ou quatro anos de vida no Berçário, quando mudam para outras Salas de Manutenção com as serpentes adultas. Os filhotes do Berçário são extraídos caso haja necessidade para projetos científicos.



Figura 10. Dança-combate entre machos de *Crotalus durissus*.



Figura 11. Imagem ultrassonográfica de um embrião de *Bothrops atrox* durante a gestação.



## Manutenção das serpentes do gênero *Micrurus*

As corais-verdadeiras (gênero *Micrurus*) merecem uma atenção especial. Diferentemente das *Crotalus* e *Bothrops* que já possuem um manejo muito bem determinado que levou anos para ser definido (ver acima), as corais só começaram a ser mantidas no Laboratório de Herpetologia no início dos anos 90. As dificuldades da sua manutenção e extração do veneno já eram evidentes no início do século, sendo que as primeiras ampolas de soro antielápidico só foram produzidas nove anos depois da criação do Instituto (Hawgood, 1992).

As corais, na sua maioria, são serpentes que vivem na serrapilheira e que se alimentam principalmente de outros vertebrados serpentiformes, como anfisbenídeos, serpentes e lacertídeos (Marques e Sazima, 1997, Roze 1983). São serpentes muito sensíveis e de difícil adaptação ao cativeiro sendo que nos primeiros

anos de manutenção de *Micrurus corallinus* no Biotério, após 150 dias apenas 10% das serpentes continuavam vivas (Mendes et al., 2018). Mudanças foram realizadas ao longo dos anos a fim de se conseguir uma melhor adaptação dessa espécie ao cativeiro, como a troca do substrato do musgo *Sphagnum* para casca de *Pinus* ("bark") (Figura 12). A alimentação também sofreu alterações, de serpentes e anfisbenídeos vivos sem nenhum tratamento profilático prévio, passamos a oferecer animais eutanasiados, congelados por sete dias e descongelados (Figura 13). Essas, entre outras mudanças, foram capazes de fazer com que 75% das serpentes sobrevivessem por mais de 150 dias (Mendes et al, 2018). Hoje temos exemplares que chegam há nove anos em cativeiro, sendo extraídos regularmente.



**Figura 12.** *Micrurus frontalis* no substrato de casca de árvore dentro da gaiola de plástico (o pote foi retirado para melhor visualização do animal).



**Figura 13.** *Micrurus corallinus* ingerindo um filhote de *Crotalus durissus*.

## Considerações finais

O Laboratório de Herpetologia tem um Biotério de Serpentes bem-sucedido com instalações e procedimentos condizentes com o que há de mais atual, resultado de um processo que se iniciou há 120 anos e que tem como protagonistas muitos funcionários e

cientistas da história do Instituto Butantan. No entanto, conhecer esta história só nos faz querer melhorar e aperfeiçoar ainda mais no que diz respeito ao bem-estar, reprodução, alimentação e tantos outros aspectos das serpentes em cativeiro.

## Agradecimentos

À Dra. Suzana C. G. Fernandes, diretora do Núcleo de Documentação do Instituto Butantan, e sua equipe pela atenção, celeridade e disponibilização das imagens cedidas. Agradecemos a Wilson Fernandes, ex-diretor do Laboratório de Herpetologia, que nos recebeu como estagiários nos anos 90, compartilhando seu conhecimento e iniciando nossa jornada no Instituto Butantan.

## Referências

- Amaral, A. 1930. Campanhas anti-ofídicas. Memórias do Instituto Butantan, V: 195-255.
- Belluomini, H. E. 1964. Produção de veneno de serpentes em cativeiro. Arquivos do Instituto Biológico, 31: 149-154.
- Belluomini, H. E. 1965. Venom production of snakes in captivity. Memórias do Instituto Butantan, 32: 79-88.
- Bochner, R. e Struchiner, C. J. 2002. Acidentes por animais peçonhentos e sistemas nacionais de informação. Cadernos de Saúde Pública, 18: 735-746.
- Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Gabinete do Ministro. Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. 2015. Guia brasileiro de produção, manutenção ou utilização de animais em atividades de ensino ou pesquisa científica: fascículo 6: anfíbios e serpentes mantidos em instalações de instituições de ensino ou pesquisa científica [recurso eletrônico]/coordenadora: Vania Gomes de Moura Mattaraia; Carlos Alberto Gonçalves Silva Jared Kathleen Fernandes Grego, Marta Maria Antoniazzi, Sávio Stefanini Sant'Anna, Selma Maria Almeida Santos, Vania Gomes de Moura Mattaraia. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 83 pp.
- Brasil. 2021. Ministério da Saúde. <http://portalsinan.saude.gov.br/acidente-por-animais-peconhentos>
- De Biasi, P., Belluomini, H. E., Hoge A.R. e Puerto, G. 1976. Uso do gás carbônico na extração de veneno de serpentes. Memórias do Instituto Butantan, 40(41): 167-172.
- Grego, K. F., Vieira, S. E. M., Vidueiros, J. P., Serapicos, E. D. O., Barbarini, C. C., Silveira, G. P. M. D., Rodrigues, F. S., Alves, L. C. F., Stuginski, D. R., Rameh-de-Albuquerque, L. C., Furtado, M. F. D., Tanaka-Azevedo, A. M., Morais-Zani, K., Rocha, M. M. T., Fernandes, W. e Sant'Anna, S. S. 2021. Maintenance of venomous snakes in captivity for venom production at Butantan Institute from 1908 to the present: a scoping history. Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases, 27.
- Gutiérrez, J. M., Calvete, J.J., Habib, A. G., Harrison, R. A., Williams, D. J. e Warrell, D.A. 2017. Snakebite envenoming. Nat Rev Dis Primers. 3: 17063.
- Hawgood, B. J. 1992. Pioneers of anti-venomous serotherapy: Dr Vital Brazil (1865–1950). Toxicon, 30(5-6): 573-579.
- Hawgood, B. J. 1999. Doctor Albert Calmette 1863–1933: founder of antivenomous serotherapy and of antituberculous BCG vaccination. Toxicon, 37(9): 1241–1258.
- Marques, O. A. e Sazima I. 1997. Diet and feeding behavior of the coral snake, *Micrurus corallinus*, from the Atlantic forest of Brazil. Herpetological Natural History, 5: 88- 93.
- Mendes G. F., Stuginski D. R, Loibel S. M. C., Morais-Zani K., Rocha M. M. T., Fernandes W., Sant'Anna S. S. e Grego K. F. 2018. Factors that can influence the survival rates of coral snakes (*Micrurus corallinus*) for antivenom production, Journal of Animal Science, 97(2): 972–980.
- Monaco, L. M. 2018. Soros e vacinas do Butantan. 24pp
- Roze, J. A. 1983. New World coral snakes (Elapidae): a taxonomic and biological summary. Memórias do Instituto Butantan, 46: 305-338.
- Squaiella-Baptistão C. C., Sant'Anna Ó. A., Marcelino J. R. e Tambourgi D. V. 2018. The history of antivenoms development: Beyond Calmette and Vital Brazil. Toxicon, 150: 86-95.
- WHO (World Health Organization). 2019. Snakebite envenoming: a strategy for prevention and control. WHO Document Production Services 53 pp.





# COMPORTAMENTO DE OFÍDIOS NO TESTE DO LABIRINTO COMPLEXO PARA SERPENTES E RESPOSTAS ANTIPREDATÓRIAS DE PRESAS AMEAÇADAS POR PREDADOR

Erlan Pirovani-Silva<sup>1,2,4,7</sup>, Jade Pissamiglio Cysne Coimbra<sup>2,4,5</sup>, Rebeca Machado de Figueiredo<sup>2,3,4,6</sup>, Luiz Luciano Falconi-Sobrinho<sup>2,3,4,6</sup>, Tércio da Silva de Souza<sup>1</sup> & Norberto Cysne Coimbra<sup>2,3,4,6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre, Alegre, Espírito Santo, Brasil.

<sup>2</sup>Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP), Lab. de Neuroanatomia e Neuropsicobiologia, Dpt. de Farmacologia, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

<sup>3</sup>Instituto de Neurociências e Comportamento (INeC), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

<sup>4</sup>Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ophidiarium LNN-FMRP-USP/INeC, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

<sup>5</sup>Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, São Paulo, Brasil.

<sup>6</sup>Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Núcleo de Pesquisa em Neurobiologia das Emoções (NAP-USP-NuPNE), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

Running Title: Interação presa versus predador em um labirinto complexo; prey versus predator interaction in a complex labyrinth

<sup>7</sup>Herperito Capixaba, Instituto Biodiversidade Neotropical, Nova Guarapari, Guarapari, 29.206-400, Espírito Santo, Brazil.

## Resumo

O aparato experimental utilizado consiste em uma arena poligonal conectada a galerias, perfazendo um labirinto complexo (LC) para serpentes e foi concebido para avaliação de comportamentos de serpentes constritoras e peçonhentas em confronto com roedores em um ambiente experimental ameaçador. Utilizamos *Rattus norvegicus* da linhagem Long-Evans como presas e serpentes constritoras de diversas espécies, tais como a *Epicrates cenchria cenchria*, a *Epicrates cenchria assisi*, e a *Python molurus bivittatus* como potenciais predadores. Após um estudo preliminar do comportamento de place preference e predatório de cada espécie de serpente, os ratos foram confrontados com serpentes da espécie *Epicrates cenchria cenchria*, ou contidas em caixas fenestradas de acrílico transparente, ou em livre movimentação na arena do LC. As serpentes, após explorarem a arena do LC (espaço aberto), mostraram preferência pelas galerias do LC. Durante a alimentação, a qual ocorreu com a introdução de um roedor na arena, emitiram comportamento predatório inerente a cada espécie aqui estudada. Quando expostos ao LC, os ratos apresentaram respostas de defesa mais acentuadas quando confrontados com a serpente em livre movimentação, do que em relação àquela contida na caixa fenestrada e em relação ao controle (serpente de brinquedo), tendo havido um aumento significativo das respostas de avaliação de risco, de imobilidade defensiva, e de fuga explosiva, com significativa redução do comportamento de interação entre presa e predador. A fuga orientada para as galerias foi mais intensa em ratos confrontados com a serpente contida na caixa fenestrada. As serpentes constritoras exploraram livremente os ambientes experimentais e evocaram comportamento de espreita, ataque predatório e comportamento ofensivo/defensivo. Esses dados sugerem que o teste do labirinto complexo para serpentes consiste em um bom modelo naturalístico de comportamento predatório de serpentes selvagens e de comportamento defensivo de animais de laboratório, consistindo em um potencial modelo de ansiedade antecipatória e de ataques de pânico.

Palavras-chave: Teste do labirinto complexo para serpentes, paradigma do confronto entre presa e serpentes, comportamento predatório de serpentes, comportamento antipredatório de roedores.

## Abstract

We used a polygonal arena connected to galleries, performing a complex labyrinth (LC) for snake; a psychobiological test conceived to investigate the behaviour of constrictor and venomous snakes in confrontation with ro-

dents in free movement in a dangerous experimental environment. Long-Evans rats were used as prey, and constrictor snakes of several species were used as potential predators, such as *Epicrates cenchria cenchria*, *Epicrates cenchria assisi*, and *Python molurus bivittatus*. After a preliminary study of the "place preference" and predatory behaviour of each snake species, the rats were confronted by *Epicrates cenchria cenchria* snakes either contained in fenestrated crystal acrylic boxes, or freely moving in the LC arena. The snakes, after exploring the LC arena (open space) showed a preference for dark spaces, especially in the LC galleries. During feeding, which occurred with the introduction of a rodent into the arena, they displayed predatory behavior inherent to each species studied here. In the prey versus predator test performed in the LC, the rats showed enhanced defense responses when confronted by freely moving snakes, than those displayed when confronted by snakes contained in the fenestrated box and in relation to the control (toy snake) group. There was a significant increase in flat back approach, defensive immobility, explosive/non-oriented and oriented escape responses, with a significant reduction of both non-oriented escape and interaction between prey and predator. The oriented escape to the galleries was more intense when prey was confronted by the snake contained in the fenestrated box. The constrictor snakes explored the experimental environments and evoked stalking behavior, predatory attack, and offensive/defensive behavior. These data suggest that the complex labyrinth for snake test is a good naturalistic model of predatory behavior displayed by wild snakes and defensive behavior of laboratory animals, consisting of a putative model of anticipatory anxiety and panic attacks.

## Introdução

Confrontos entre presas e serpentes vêm sendo utilizados como modelos experimentais de ataques de pânico (Almada e Coimbra 2015, Coimbra et al. 2017a, Paschoalin-Maurin et al. 2018, Almada et al. 2021) e de estresse pós-traumático (Mendes-Gomes et al. 2020b). Labirintos simples, tais como o labirinto em cruz elevado (Pelow et al. 1994) e o labirinto em T elevado (Graeff et al. 1993, Viana et al. 1994, Zangrossi Jr. e Graeff 2014), têm sido comumente utilizados como modelos experimentais de ansiedade e de pânico, ao passo que o labirinto em Y e o labirinto em I têm sido utilizados como modelos de cognição, tomada de decisão e esquiva (Glickman e Jensen, 1961, Caul e Barrett 1973, Osborne e Caul 1975, Kubic e Halpern 1975, Medeiros et al. 2020) e de ansiedade, medo e impulsividade (Rico et al. 2019), respectivamente. Labirintos mais complexos, como o teste do labirinto complexo para serpentes, foram propostos na literatura para o estudo de respostas relacionadas à ansiedade antecipatória e a ataques de pânico em roedores confrontados com serpentes (Guimarães-Costa et al. 2007, Coimbra et al. 2017b). O presente trabalho utiliza o teste do labirinto complexo para serpentes com o intuito de investigar o

comportamento de serpentes constritoras e de suas presas habituais em um novo teste psicobiológico. Serpentes da família Boidae e Pythonidae foram escolhidas por possuírem hábitos diurno-noturnos e habitarem tocas de roedores e abrigos que podem ser encontrados no mesmo nicho ecológico em que vivem esses animais. Essas serpentes são bastante ativas e elaboram comportamento afetivo exuberante quando em contato com possíveis presas ou agressores (Uribe-Mariño et al. 2012, Twardowschy et al. 2013, dos Anjos-Garcia e Coimbra 2019, 2020), pelo que apresentam-se como bons elementos para o estudo de interação com animais de pradarias e regiões subdesérticas, por onde transitam répteis predadores de diversas espécies.

A hipótese do presente trabalho é que as serpentes terão preferência por locais cobertos do labirinto complexo e que o confronto entre ratos (*Rattus norvegicus*) e serpentes constritoras eliciará um profuso comportamento de defesa nas presas, provavelmente mais acentuado na presença do predador em livre movimentação pelo aparato experimental.

## Material e Métodos

### Animais

No estudo do comportamento de "place preference" de serpentes submetidas ao labirinto complexo, serpentes constritoras, machos e fêmeas, de diferentes espécies: *Python molurus bivittatus* (Reptilia, Pythonidae), n=2, endêmica da Birmânia, *Epicrates cenchria cenchria* (Reptilia, Boidae), n=2, endêmica da Amazônia, e *Epicrates cenchria assisi* (Reptilia, Boidae), n=2, endêmica da Caatinga (Região Nordeste brasileira), provenientes do *Ophidiarium* LNN-FMRP-USP/INeC, autorizado pelo Governo Federal do Brasil (IBAMA; processos 3543.6986/2012-SP e 3543.6984/2012-SP) e pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA/DeFau 15.335/2012; Projeto MEDUSA, processos SISBIO 41435-1 e 41435-2), pesando entre 1000-1500g, que tiveram livre acesso à água durante todo o experimento, recebendo comida semanalmente. No experimento de confronto entre presa e predador, foram utilizados como presas, *Rattus norvegicus* (Rodentia, Muridae) da cepa Long-Evans, machos, pesando entre 200-250g, provenientes do Biotério Central do *Campus* da UNESP (Araraquara), os quais foram mantidos em gaiolas com quatro animais por caixa, sob ciclo claro/escuro de 12/12h (luzes ligadas às 7h), e temperatura entre 22-23°C, sendo-lhes permitido livre acesso à comida e à água, durante todo o experimento, exceto durante o confronto com o predador. Como predadores, foram utilizadas serpentes da espécie *Epicrates cenchria cenchria* (n=2). As serpentes foram acondicionadas em um campo murado, ensolarado, com abrigos e com grama e fonte de água, sendo levadas ao laboratório uma semana antes do início do experimento, quando então foram mantidas em uma arena quadrangular, com água, pedras naturais e pedra aquecedora artificial, vegetação e tocas artificiais. Esse ambiente foi iluminado com luz fluorescente de irradiação ultravioleta (reptisun; 20watts; 5UVB), com ciclo claro escuro de 12/12h (luzes ligadas das 7h às 19h), e temperatura constante de 25°C±1°C. As serpentes foram, ainda, alimentadas com um exemplar de *Meriones unguiculatus* (Rodentia, Gerbilinae) 24 horas antes da exposição à presa e imediatamente após o experimento de "place preference".

Os experimentos foram realizados segundo os princípios éticos elaborados segundo as normas que regulamentam aspectos éticos da utilização de animais

de laboratório estipulados pelo conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). Os protocolos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética em Experimentação Animal da FMRP-USP (processo 022/2017), que estão em conformidade com os princípios éticos da Sociedade Brasileira de Neurociência e Comportamento (SBNeC).

### Teste do labirinto Complexo para Serpentes

O labirinto complexo para serpentes, medindo 140x70x15 cm, consiste em uma arena poligonal (0.42 m<sup>2</sup>) conectada a galerias, perfazendo o labirinto propriamente dito (15 cm de altura e 6.92 m de comprimento), ao final do qual situa-se uma toca artificial para pequenos roedores (Figura 1C; Figura 2A), medindo 12x12x17 cm. A superfície (teto) do aparato possui 84 fenestrações (1.5 cm de diâmetro) para as serpentes localizarem potenciais presas, caso lhes seja permitido invadir as galerias (Figura 1A e B). Durante a habituação das presas no recinto experimental e também durante os experimentos de "place preference" de serpentes, as galerias foram recobertas por uma máscara feita em acrílico negro (Figura 2A). O teto da arena poligonal possui uma abertura em formato quadrangular que permite a disposição de uma toca artificial para serpentes, feita em acrílico negro, com tampa independente daquela do labirinto complexo para facilitar o manejo de serpentes (Figura 1A), ou de uma caixa fenestrada feita de acrílico transparente (Figura 5A e C). O assoalho do labirinto complexo, feito de uma placa de acrílico cristal (140x70cm), é disposto sobre uma placa metálica com as mesmas dimensões, feita com uma lâmina de aço inoxidável com 1mm de espessura. O assoalho do labirinto complexo é dividido em 20 retângulos iguais (27,7cmx17,2 cm cada), por meio de linhas fluorescentes verdes de 0,4 cm, para o registro da atividade locomotora de presas. Imagens tridimensionais do aparato foram apresentadas na literatura por Guimarães-Costa et al. (2007).

### Procedimento

Para os grupos controles, uma serpente de brinquedo foi previamente limpa com solução de álcool a 70%. Os roedores foram previamente habituados em cada um dos ambientes experimentais durante três dias. Evitou-se a habituação das serpentes para minimizar a



sua entrada nas galerias do labirinto complexo.

Os confrontos entre ratos Long-Evans e serpentes constritoras foram realizados no interior da arena de um labirinto complexo, construído em acrílico, com paredes transparentes, medindo 140x70x15 cm, sendo constituído por uma arena poligonal conectada a galerias que terminam em um nicho que contém uma toca artificial, como descrito acima. O labirinto complexo era disposto sobre uma plataforma de granito elevada, para minimizar estímulos vibratórios que pudessem interferir com o comportamento das serpentes.

Durante o experimento, os animais foram observados durante 5 minutos, tempo em que os comportamentos da serpente e do roedor foram registrados por meio de uma câmera filmadora (Sony), e posteriormente avaliados de minuto a minuto por um pesqui-

ador cego ao protocolo experimental. Os neuroetogramas foram baseados em um estudo prévio (Coimbra et al. 2017a).

Fezes e urina foram removidos após cada confronto. Cada serpente foi exposta a no máximo seis roedores, após o que foram trasladadas para o Ophidiarium, para a minimização do estresse oferecido pelo confronto. O ambiente experimental foi iluminado por meio de lâmpadas fluorescentes (300 lux), e os testes comportamentais foram realizados durante a noite (a partir das 19 horas). Decorridos os 5 min de confronto com o predador, cada um dos roedores foi delicadamente recolhido com o auxílio de uma rede, sem que fosse imobilizado ou tocado diretamente pelo experimentador, e reconduzido a sua gaiola. Ao final do experimento, as serpentes foram submetidas à quarentena e soltas no terrário do Ophidiarium LNN-FMRP-USP/INeC.

## Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e mostraram seguir a curva de Gauss. Dados referentes ao confronto entre ratos Long-Evans e salamantas da Amazônia, sejam contidas em caixas de acrílico, sejam em livre movimentação no labirinto complexo, foram submetidos à análise de variância de uma via (*one-way ANOVA*), seguida pelo teste *post hoc* de Tukey. Os resultados foram expressos como média + erro padrão da média. As análises estatísticas foram feitas pelo *software*

GraphPad PRISM 7.0. Os dados obtidos de animais submetidos à presença da serpente falsa, ou contida na caixa fenestrada, ou disposta na arena, foram analisados por meio do teste t de Student. Como não houve diferenças estatisticamente significantes entre os grupos controles, selecionaram-se aleatoriamente três animais de cada grupo e foi constituído um novo grupo controle formado por seis animais.  $P < 0,05$  foi considerado estatisticamente significativo.

## Resultados

### *Experimento 1: Estudo do comportamento exploratório de serpentes constritoras no teste do labirinto complexo para serpentes*

As serpentes constritoras de diferentes espécies, quando expostas ao teste do labirinto complexo para serpentes, exploraram tanto a arena, como as galerias do labirinto, distribuindo-se pelos diferentes compartimentos do aparato experimental, mostrando especial tropismo para as áreas cobertas (toca artificial para serpentes e galerias do labirinto propriamente dito). Nos primeiros 60 minutos de exposição conjunta ao compartimento aberto (arena) do teste do labirinto complexo para serpentes, munido ou não com toca

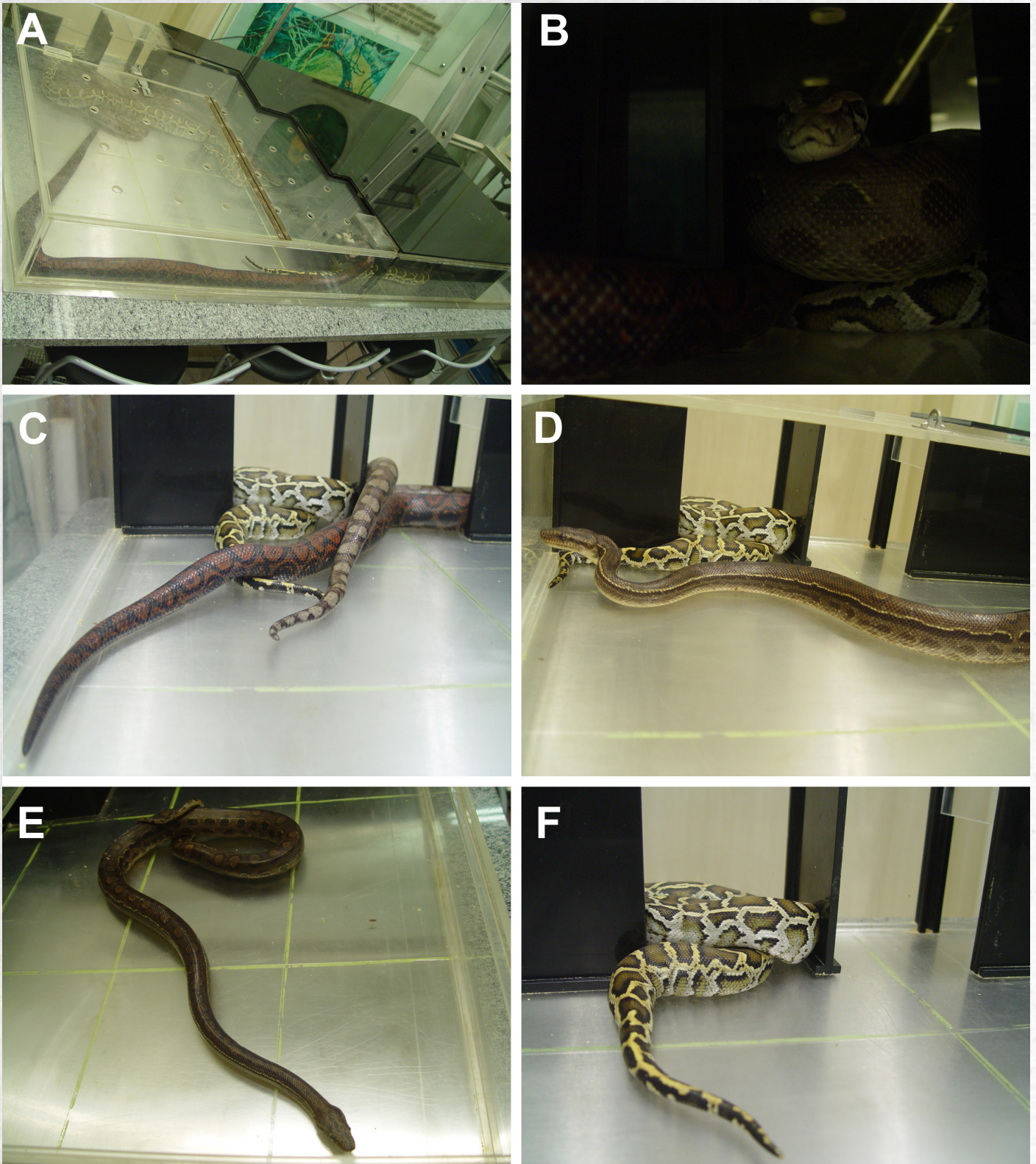
artificial para ofídios, 33,33% das serpentes permaneceram na arena, ao passo que 66,67% dos ofídios optaram pelas galerias. Após 24h de exposição ao teste munido com toca artificial para serpentes, houve uma preferência pela toca em 16,7% dos casos, e preferência pelas galerias cobertas em 83,33% dos casos. Não obstante, na versão do modelo do labirinto complexo sem a toca para serpentes, 24 h após a exposição das serpentes constritoras à arena do labirinto complexo, 100% das serpentes dirigiram-se para o interior das galerias do labirinto propriamente dito. Esses comportamentos são ilustrados nas Figuras 1 e 2. Ao final do experimento, cada uma das serpentes foi alimentada com um gerbil da Mongólia (*Meriones unguiculatus*;

Rodentia; Gerbillinae) no espaço aberto do labirinto complexo, quando então o confronto entre presa e predador ocorreu durante 10 minutos. Nessa ocasião, os predadores apresentaram comportamento de perseguição e de ataque predatório por meio de

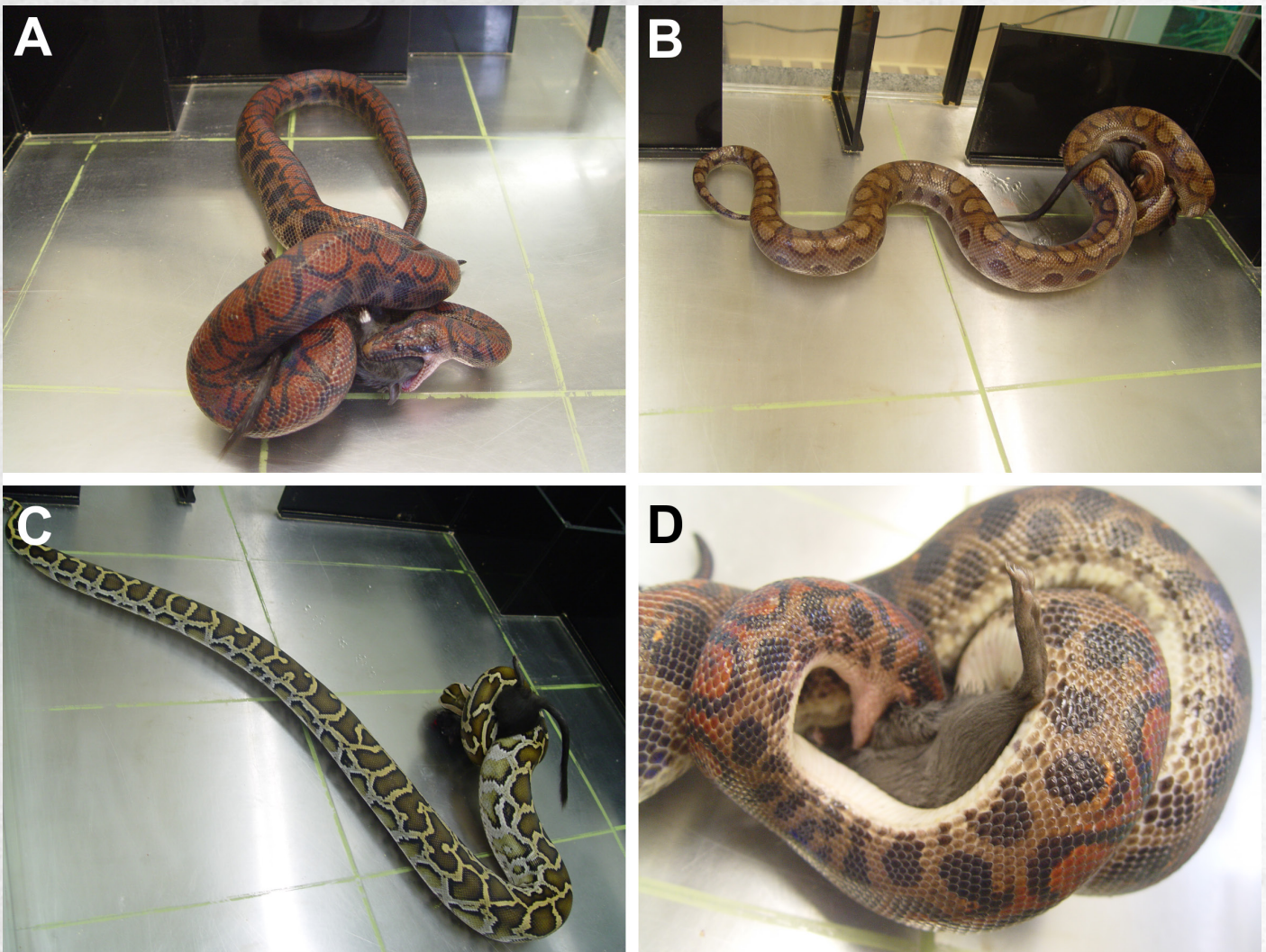
construção das presas (Figura 3). Todas as presas foram capturadas ainda no espaço aberto do labirinto complexo, ao emitirem o comportamento de aproximação cautelosa e de interação com o predador.



**Figura 1.** Comportamento de "place preference" de serpentes constritoras submetidas ao teste do labirinto complexo para serpentes, munido com toca artificial, disposta na arena (A), com registro etológico realizado após 24h da exposição das serpentes ao compartimento aberto do aparato experimental (arena). Note que um único exemplar da espécie *Python molurus bivittatus* alojou-se na toca artificial (C e D), ao passo que as demais serpentes alojaram-se em meio às galerias do labirinto propriamente dito (B, E e F).



**Figura 2.** Comportamento de "place preference" de serpentes constritoras submetidas ao teste do labirinto complexo para serpentes, sem toca artificial para serpentes (A), e munido com a máscara disposta sobre as galerias do labirinto, com registro realizado aos 60 min após exposição das serpentes no compartimento aberto do aparato experimental (arena). A maioria das espécies alojaram-se nas galerias do labirinto (B), ao passo que um único exemplar da espécie *Python molurus bivittatus* alojou-se no compartimento de alimentação (C, D e F). Um dos exemplares da espécie *Epicrates cenchria assisi* mostrou preferência pelo espaço aberto da arena (E). Note a entrada de serpentes das espécies *Epicrates cenchria cenchria* e *Epicrates cenchria assisi* nas galerias do labirinto propriamente dito (C).



**Figura 3.** Fotografias representativas do comportamento predatório de cada uma das espécies de serpente utilizadas no presente experimento, quando da oferta de alimento por meio da exposição de um exemplar de gerbil da Mongólia (*Meriones unguiculatus*; Rodentia, Gerbillinae) no compartimento aberto (arena) do teste do labirinto complexo para serpentes.

*Experimento 2: Estudo do comportamento de presas confrontadas com salamantas da Amazônia (*Epicrates cenchria cenchria*) no teste do labirinto complexo para serpentes*

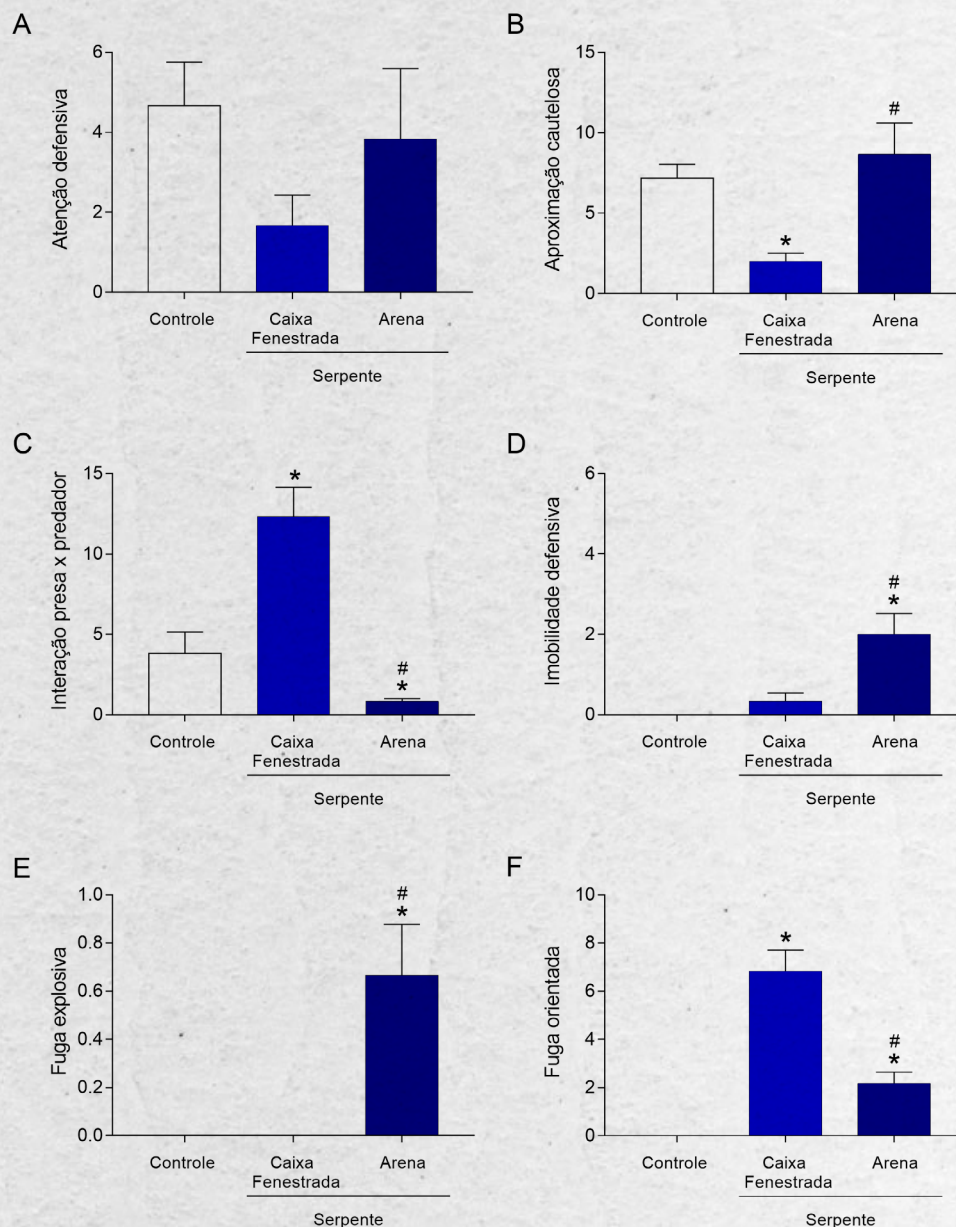
Em grupos independentes, ratos da cepa Long-Evans foram expostos individualmente, durante 5 minutos, a uma serpente da espécie *Epicrates cenchria cenchria*. Nessa ocasião, as serpentes foram impedidas de invadirem as galerias do labirinto complexo, por meio da introdução de uma portinhola em guilhotina disposta em cada uma das duas entradas das galerias, sempre que o ofídio tentava se aproximar do labirinto, para garantir a proteção da presa, sempre que ela se abrigasse

nas galerias do labirinto. Neste experimento, a máscara do labirinto fora removida e o aparato fora iluminado por lâmpadas fluorescentes (300 lux). O confronto entre serpentes constritoras em livre movimentação pela arena do labirinto complexo e ratos Long-Evans, muito embora não tenha causado um aumento da resposta de atenção defensiva [ $F(2,15)=1,48$ ;  $P > 0,05$ ] (Figura 4A), causou um significativo aumento do comportamento de aproximação cautelosa [ $F(2,15)=7,64$ ;  $P < 0,05$ ] (Figura 4B), um aumento significativo do comportamento de interação com o predador [ $F(2,15)=20,9$ ;  $P < 0,0001$ ] (Figura 4C), um significativo aumento do comportamento de imobilidade defensiva [ $F(2,15)=11,1$ ;  $P < 0,01$ ] (Figura 4D) e um aumento significativo na fuga

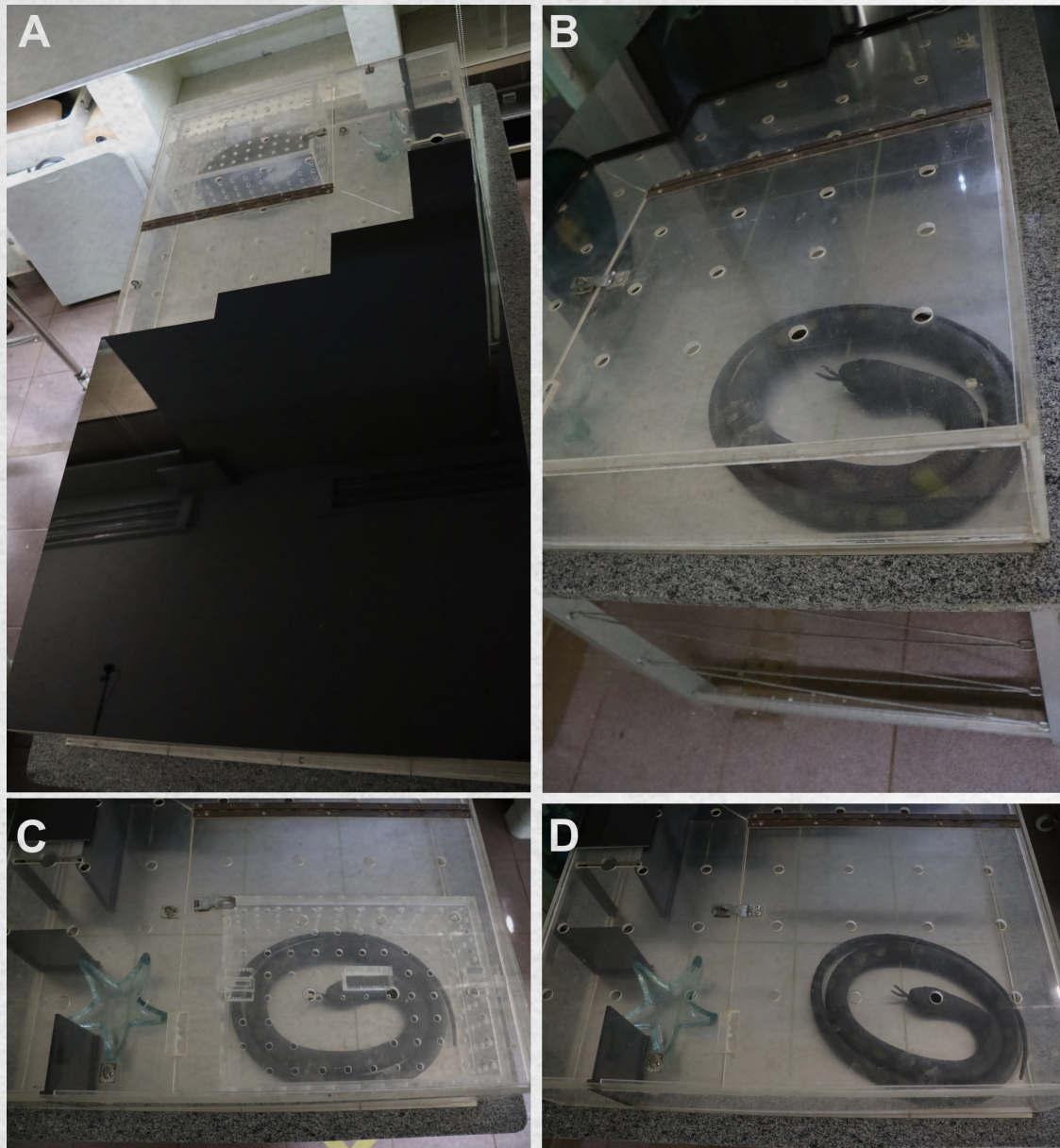
explosiva [ $F(2,15)=10$ ;  $P < 0,01$ ] (Figura 4E), enquanto houve diminuição significativa de fuga orientada para as galerias do labirinto [ $F(2,15)=37$ ;  $P < 0,0001$ ] (Figura 4F). O confronto entre ratos da linhagem Long-Evans com serpentes constritoras contidas em caixas transparentes e fenestradas, dispostas na arena do LC, causou uma significativa diminuição do comportamento de avaliação de risco (aproximação cautelosa) (Figura 4B), um aumento significativo do comportamento de interação com o predador (Figura 4C), seguido por

um aumento significativo do comportamento de fuga orientada para o labirinto (Figura 4F).

As serpentes, sejam contidas na caixa fenestrada, sejam dispostas na arena, mantiveram-se atentas aos movimentos dos ratos. Na arena, emitiram botes quando os animais delas se aproximavam. Não obstante, houve 100% de sobrevivência dos ratos no teste de confronto com a salamanta da Amazônia.



**Figura 4.** Comportamento de defesa de *Rattus norvegicus* da cepa Long-Evans, em confronto com serpentes (*Epicrates cenchria cenchria*) contidas na caixa fenestrada ou em livre movimentação na arena do teste do labirinto complexo para serpentes, expresso por atenção defensiva (A), aproximação cautelosa (B), interação com o predador (C), imobilidade defensiva (D), fuga explosiva/não-orientada (E), e fuga orientada para o labirinto (F). Os dados foram apresentados como média  $\pm$  erro padrão da média.  $N=6$  por grupo (presas) e 2 (serpentes). \*  $P < 0,05$  em relação ao controle (confronto com uma serpente de brinquedo). #  $P < 0,05$  em relação ao grupo exposto à serpente contida na caixa de acrílico cristal fenestrada, segundo a análise de variância de uma via (*one-way ANOVA*), seguida pelo teste *post hoc* de Tukey. Controle: Confronto com serpentes de brinquedo. Caixa fenestrada: confronto com serpente contida em uma caixa fenestrada de paredes transparentes.



**Figura 5.** Fotografias representativas do teste do labirinto complexo para serpentes (A), com a máscara negra disposta sobre as galerias do labirinto, mostrando as situações controles, ocasião em que uma serpente de borracha com dimensões parecidas com a dos predadores utilizados no experimento de confronto entre presa e serpentes foi disposta ou dentro da caixa fenestrada (A e C), ou na arena (B e D) do labirinto complexo. Na ocasião dos experimentos controles, a máscara do labirinto fora removida, uma serpente viva ou falsa foi introduzida ou na caixa fenestrada, ou na arena (canto inferior direito), e os ratos foram individualmente introduzidos no compartimento de alimentação (canto inferior esquerdo) sem o recipiente para água que aparece na foto.

## Discussão

O confronto entre ratos da linhagem Long-Evans com serpentes constrictoras em um labirinto complexo causou nas presas em potencial um comportamento de defesa antipredatório eficiente, expresso por avaliação de risco (atenção defensiva e aproximação cautelosa), imobilidade defensiva, fuga explosiva/não orientada e fuga orientada para o labirinto. As serpentes, durante o confronto, mantiveram-se atentas à movimentação

de suas presas em potencial e apresentam ataque ofensivo quando as presas delas se aproximavam. O curto tempo (5 min) de confronto entre presa e predador e a presença de dois acessos para as galerias do labirinto, situados em posição diametralmente opostas podem ter propiciado a sobrevivência de 100% das presas nos experimentos realizados com o predador em livre movimentação na arena do labirinto complexo.

O teste do labirinto complexo para serpentes apresenta-se como um modelo experimental de ataques de pânico e de ansiedade generalizada, que foi validado etologicamente com o uso de diferentes espécies de serpentes (*Boa constrictor amarali* e *Epicrates cenchria crassus*) e de roedores (rato Wistar, gerbil da Mongólia e hamster dourado) pela equipe do Projeto MEDUSA do Ophidiarium LNN-FMRP-USP/INeC (Guimarães-Costa et al. 2007). Uma vantagem etológica desse modelo experimental consiste no fato de que as presas poderiam direcionar-se livremente para amplas áreas de abrigo, como as galerias, cujo acesso era permitido por meio de duas entradas diametralmente opostas, e encontrar uma toca artificial disposta no final das galerias em posição diametralmente oposta à da arena em que se situava a serpente. Dessa forma, o modelo do labirinto complexo reveste-se de aspectos mais eticamente corretos, por aumentar as chances de sobrevivência das presas. Além disso, a presença de locais de abrigo para as presas propiciou a discriminação entre o comportamento de fuga explosiva, ou não orientada para a toca, e do comportamento de fuga orientada para o labirinto e toca artificial, o que é de grande importância para o melhor entendimento das bases neurais que organizam as diversas facetas do comportamento que tem sido relacionado ao medo incondicionado e ao pânico, como recentemente demonstrado na literatura (Biagioni et al. 2016b). Efetivamente, esses dois enérgicos comportamentos de defesa que têm sido relacionados a ataques de pânico são elaborados por estruturas encefálicas diferentes. Enquanto o comportamento de fuga explosivo é fundamentalmente organizado por neurônios situados no teto mesencefálico, o comportamento de fuga orientada é organizado por neurônios do hipotálamo medial (Ullah et al. 2015, 2017). Ambas as estruturas neurais também elaboram a analgesia defensiva (Coimbra et al. 2006, Biagioni et al. 2016a), um fenômeno já registrado em presas submetidas a cascavéis no teste da arena poligonal para serpentes (Coimbra et al. 2017a).

Outra possibilidade de minimizar o sofrimento e perda de animais eventualmente submetidos a tratamento com drogas antiaversivas (ansiolíticas ou panicolíticas), que possuem o potencial de aumentarem as respostas destemidas que resultem em um incremento da interação entre presa e predador, seja no labirinto complexo, seja no teste da arena poligonal para serpentes (Coimbra et al. 2017a,b), seria o uso das caixas fenestradas com a serpente contida em seu interior, o que

também eliciou respostas de defesa, como fuga orientada, muito embora mais modestas, em ratos da linhagem Long-Evans, como presentemente demonstrado. Não obstante, para se obterem respostas de defesa mais enérgicas, e minimizando-se questões éticas inerentes ao modelo da arena poligonal simples (Coimbra et al. 2017a, Calvo et al. 2019a, b), o teste da arena poligonal para serpentes vem sendo enriquecido com o uso de tocas artificiais e de plataformas elevadas de escape (dos Anjos-Garcia e Coimbra 2019, 2020, Almada et al. 2021).

Apesar de as reações defensivas terem se apresentado mais modestas quando eliciadas em ratos Long-Evans por serpentes aprisionadas em caixas fenestradas, um recente trabalho realizado com exposição de ratos adolescentes a serpentes constritoras de diferentes espécies, tais como a *Gulf Hammock snake* (*Elaphe obsoleta williamsi*), *Rusty Ratsnake* (*Pantherophis obsoletus*), e *California King snake* (*Lampropeltis getula californiae*), contidas em caixas fenestradas, mostrou que as serpentes assim mantidas causaram nos roedores alterações neurobiológicas e comportamentais. Houve aumento dos níveis séricos de corticosterona, um marcador biológico de estresse, e ativação de estruturas límbicas e paralímbicas, tais como o núcleo central do complexo amigdalóide, a habênula, a área tegmental rostro-medial e o núcleo dorsal da rafe (Tapocick et al. 2021), estruturas relacionadas com a elaboração do comportamento de defesa. Contudo, em harmonia com a eliciação de comportamentos mais vigorosos em roedores por serpentes em livre movimentação, tanto no teste da arena poligonal simples (Paschoalin-Maurin et al. 2018), como no teste da arena poligonal enriquecida para serpentes (Mendes-Gomes et al. 2020a), há maiores correlatos entre a exposição a serpentes peçonhentas e a concomitante ativação mais ampla do substrato neural relacionado à elaboração do comportamento de defesa, como a ativação do complexo amigdalóide (núcleos lateral, basolateral, basomedial, medial e central), da substância cinzenta periaquedutal (colunas dorsomedial, dorsolateral e lateral) e de diferentes núcleos hipotalâmicos (núcleos anterior, dorsomedial, ventromedial, posterior, lateral, periventricular e pré-mamilar dorsal) em hamsters ameaçados por *Micrurus frontalis* (Paschoalin-Maurin et al. 2018) e do hipotálamo (divisão central do núcleo ventromedial e divisão justa-dorsomedial do núcleo lateral), do complexo amigdalóide (núcleos

medial e lateral) e da substância cinzenta periaquedutal (colunas dorsais e laterais) em ratos Long-Evans ameaçados por *Crotalus durissus terrificus* (Mendes-Gomes et al. 2020a).

Os dados referentes ao comportamento predatório das serpentes expostas a ambos os modelos experimentais utilizados neste trabalho demonstram que, muito embora os predadores não tenham sido previamente habituados no ambiente experimental, eles, apesar de selvagens, apresentaram comportamento alimentar normal, com espreita, ataques predatórios, apreensão, e ingestão de suas potenciais presas, o que vem ao encontro da evidência de que o teste do labirinto complexo para serpentes reveste-se de um caráter mais etológico, muito embora o aparato experimental nos pareça tão artificial.

O presente trabalho foi também realizado como o intuito de se obter um conhecimento mais detalhado do comportamento das serpentes que encontramos em algumas regiões do território brasileiro, tais com a Amazônia (*Epicrates cenchria cenchria*) e a Caatinga (*Epicrates cenchria assisi*), e na Ásia (*Python molurus bivittatus*), uma vez que estes são animais que apresentam um tipo de risco iminente a pequenos roedores e até mesmo aos seres humanos, no caso de pítons adultas. Foi interessante notar que, muito embora as serpentes utilizadas no teste do labirinto complexo serem provenientes de diferentes biomas, seu comportamento (place preference) foi similar. Sabe-se que a falta de conhecimento acerca de qualquer ser, tema ou objeto, gera em alguns casos a formação de estereótipos equivocados, além de ter o poder de enraizar preconceitos e medos irreparáveis no ser humano (Pinheiro et al. 2016, Onyishi et al. 2021) que culminam com o completo extermínio de espécies não somente peçonhentas, mas também constritoras. A divulgação de experimentos como aqueles realizados no presente trabalho poderá contribuir para a desmistificação das serpentes.

As serpentes são bastante ativas e elaboram comportamento afetivo exuberante quando em contato com possíveis presas ou agressores (Almada et al. 2015, 2021, Coimbra et al. 2017b). Visando entender melhor como esses animais se comportam diante de sua presa e o comportamento da presa diante do seu predador,

tivemos a oportunidade de testar uma nova abordagem para esse tipo de avaliação neuroetológica, utilizando o teste do labirinto complexo para serpentes, onde presenciamos e registramos comportamentos predatórios de serpentes encontradas no território brasileiro e no Extremo Oriente, e um exuberante comportamento de defesa em roedores ameaçados por predadores em um modelo psicobiológico de ansiedade antecipatória e de ataques de pânico, além de abrir uma ampla possibilidade de testarmos novos fármacos com potencial terapêutico nas doenças mentais. Efetivamente, nosso grupo de pesquisa vem testando atividades panicolíticas e ansiolíticas de potenciais novos fármacos para uso em psiquiatria, administrados em animais de laboratório ameaçados por serpentes em outros modelos experimentais, como os testes da arena poligonal simples e enriquecida para serpentes (Uribe-Mariño et al. 2012, Twardowschy et al. 2013, Coimbra et al. 2017a).

Em conclusão, o teste do labirinto complexo para serpentes é um bom modelo experimental para o estudo de respostas comportamentais relacionadas com ansiedade generalizada e mostra-se potencialmente mais relevante do ponto de vista ético, por aumentar as chances de sobrevivência dos animais utilizados como presas confrontadas com serpentes. Além disso, o labirinto complexo, com galerias e tocas como abrigo para animais ameaçados por serpentes, além de aumentar a sobrevivência dos animais, permite a discriminação entre fuga orientada e não orientada, o que amplia os horizontes no desvendamento dos substratos neurais que elaboram um ou outro comportamento do tipo pânico. Por fim, muito embora a contenção de serpentes em caixas de acrílico desperte em suas presas em potencial algumas respostas defensivas, pequenos roedores eliciam respostas de defesa mais vigorosas, como aquelas similares a ataques de pânico, quando confrontados com serpentes em livre movimentação pelo ambiente experimental. Como algumas serpentes têm tropismo por áreas protegidas e túneis, sugere-se o uso de comportas para impedimento da entrada dos predadores no labirinto propriamente dito, sempre que elas se aproximarem do acesso às galerias, a não ser que o intuito do pesquisador seja estudar o comportamento predatório de serpentes e as novas estratégias de suas presas habituais quando acoçadas em suas tocas por serpentes selvagens.



## Contribuição dos autores

E. P. Silva, J. P. C. Coimbra e R. M. de Figueiredo realizaram os experimentos, interpretaram os dados e redigiram o manuscrito. L. L. Falconi-Sobrinho interpretou os dados e contribuiu para a elaboração da figura 5. N. C. Coimbra inventou o teste do labirinto complexo para serpentes, foi responsável pelo manejo das serpentes, elaborou o projeto de pesquisa, obteve verba para a pesquisa, interpretou os dados e colaborou com a redação do manuscrito. T. da Silva de Souza orientou o trabalho de conclusão de curso de E. P. Silva.

## Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Fundação de Amparo ao Ensino e à Pesquisa do HC-FMRP-USP (FAEPA) (processos 1291/97, 355/2000, 68/2001 e 15/2003), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) (processos 2007/01174-1, 2012/03798-0, e 2017/11855-8), pelo Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) (processos 483763/2010-1 e 474853/2013-6), e pela Pró-Reitoria da Universidade de São Paulo (USP) (IaPQ2012; NAP-USP-NuPNE-156). J.P.C. Coimbra é uma acadêmica de Psicologia da PUC-Campinas e atua no *Neurosciences for Kids* Program do LNN-FMRP-USP (Projeto MEDUSA do *Ophidiarium* LNN-FMRP-USP/INeC). L.L. Falconi-Sobrinho é pesquisador de pós-doutorado apoiado pela FAPESP (processo 201905255-3). N.C. Coimbra foi Pesquisador (nível 1A) do CNPq (processos 301905/2010-0 e 301341/2015-0) e atuou como Pesquisador de Pós-Doutorado do CNPq (processo 200629/2005-0) no Physiology, Anatomy and Genetics Department e no Clinical Neurology (FMRIB Centre) Department of the University of Oxford, England, United Kingdom. Os autores são gratos a D.H. Elias-Filho pelo apoio técnico. D.H. Elias-Filho recebeu bolsas de treinamento técnico da FAPESP (TT-2, processo 02/01497-1) e do CNPq (processos 501858/2005-9, 500896/2008-9 e 505461/2010-2).

## Conflitos de Interesse

Os autores declaram que eles não possuem conflitos de interesse com o trabalho aqui apresentado.

## Referências

- Almada, R.C. e Coimbra, N.C. 2015. Recruitment of striatonigral disinhibitory and nigrotectal inhibitory GABAergic pathways during the organization of defensive behavior by mice in a dangerous environment with the venomous snake *Bothrops alternatus* (Reptilia, Viperidae). *Synapse* 69(6):299–313.
- Almada, R.C., dos Anjos-Garcia, T., da Silva, J.A., Pigatto, G.R., Wotjak, C.T. e Coimbra, N.C. 2021. The modulation of striatonigral and nigrotectal pathways by CB1 signalling in the substantia nigra pars reticulata regulates panic elicited in mice by urutu-cruzeiro lancehead pit vipers. *Behavioural Brain Research* 401:112996.
- Almada, R.C., Roncon, C.M., Elias-Filho, D.H. e Coimbra, N.C. 2015. Endocannabinoid signaling mechanisms in the substantia nigra pars reticulata modulate GABAergic nigrotectal pathways in mice threatened by urutu-cruzeiro venomous pit viper. *Neuroscience* 303:503–14.
- Biagioni, A.F., de Oliveira, R.C., de Oliveira, R., da Silva, J.A., dos Anjos-Garcia, T., Roncon, C.M., Corrado, A.P., Zangrossi, H. Jr. e Coimbra, N.C. 2016a. 5-Hydroxytryptamine 1A receptors in the dorsomedial hypothalamus connected to dorsal raphe nucleus inputs modulate defensive behaviours and mediate innate fear-induced antinociception. *European Neuropsychopharmacology* 26(3):532–545.
- Biagioni, A.F., dos Anjos-Garcia, T., Ullah, F., Fisher, I.R., Falconi-Sobrinho, L.L., de Freitas, R.L., Felippotti, T.T. e Coimbra, N.C. 2016b. Neuroethological validation of an experimental apparatus to evaluate oriented and non-oriented escape behaviours: Comparison between the polygonal arena with a burrow and the circular

- enclosure of an open-field test. *Behavioural Brain Research* 298(Pt B):65–77.
- Calvo, F., Almada, R. C., dos Anjos-Garcia, T., Falconi-Sobrinho, L. L., Paschoalin-Maurin, T., Bazaglia-de-Sousa, G., Medeiros, P., da Silva, J. A., Lobão-Soares, B. e Coimbra, N. C. 2019a. Panicolytic-like effect of  $\mu$ 1-opioid receptor blockade in the inferior colliculus of prey threatened by *Crotalus durissus terrificus* pit vipers. *Journal of Psychopharmacology* 33:577–588.
- Calvo, F., Lobão-Soares, B., de Freitas, R.L., Paschoalin-Maurin, T., dos Anjos-Garcia, T., Medeiros, P., da Silva, J.A., Lovick, T.A. e Coimbra, N.C. 2019b. The endogenous opioid system modulates defensive behavior evoked by *Crotalus durissus terrificus*: Panicolytic-like effect of intracollicular non-selective opioid receptors blockade. *Journal of Psychopharmacology* 33:51–61.
- Castro, T.M. e Silva-Soares, T (éds). 2016. Répteis da restinga do parque Paulo César Vinha, Guarapari, Espírito Santo, Sudeste do Brasil. Cachoeiro de Itapemirim. Departamento de publicações acadêmicas e científicas Centro Universitário São Camilo. 194 pp.
- Caul, W.F. e Barrett, R.J. 1973. Shuttle-box versus Y-maze avoidance: value of multiple response measures in interpreting active-avoidance performance of rats. *Journal of Comparative Physiology and Psychology* 84(3):572–578.
- Coimbra, N.C., Calvo, F., Almada, R.C., Freitas, R.L., Paschoalin-Maurin, T., dos Anjos-Garcia, T., Elias-Filho, D.H., Ubiali, W.A., Lobão-Soares, B., Tracey, I. 2017a. Opioid neurotransmission modulates defensive behavior and fear-induced antinociception in dangerous environments. *Neuroscience* 354:178–195.
- Coimbra, N.C., de Oliveira, R., Freitas, R.L., Ribeiro, S.J., Borelli, K.G., Pacagnella, R.C., Moreira, J.E., da Silva, L.A., Melo, L.L., Lunardi, L.O. e Brandão, M.L. 2006. Neuroanatomical approaches of the tectum-reticular pathways and immunohistochemical evidence for serotonin-positive perikarya on neuronal substrates of the superior colliculus and periaqueductal gray matter involved in the elaboration of the defensive behavior and fear-induced analgesia. *Experimental Neurology* 197(1):93–112.
- Coimbra, N.C., Paschoalin-Maurin, T., Bassi, G.S., Kanashiro, A., Biagioni, A.F., Felippotti, T.T., Elias-Filho, D.H., Mendes-Gomes, J., Cysne-Coimbra, J.P., Almada, R.C. e Lobão-Soares, B. 2017b. Critical neuropsychobiological analysis of panic attack- and anticipatory anxiety-like behaviors in rodents confronted with snakes in polygonal arenas and complex labyrinths: a comparison to the elevated plus- and T-maze behavioral tests. *Brazilian Journal of Psychiatry* 39(1):72–83.
- dos Anjos-Garcia, T. e Coimbra, N.C. 2019. Opposing roles of dorsomedial hypothalamic CB1 and TRPV1 receptors in anandamide signaling during the panic-like response elicited in mice by Brazilian rainbow Boidae snakes. *Psychopharmacology* 236: 1863–1874.
- dos Anjos-Garcia, T. e Coimbra, N.C. 2020. Anandamide in the anterior hypothalamus diminishes defensive responses elicited in mice threatened by *Epicrates cenchria* constrictor serpents. *Acta Neurobiologiae Experimentalis (Wars)* 80: 179–191.
- Glickman, S.E. e Jensen, G.D. 1961. The effects of hunger and thirst on Y-maze exploration. *Journal of Comparative Physiology and Psychology* 54:83–85.
- Graeff, F.G, Viana, M.B. e Tomaz, C. 1993. The elevated T maze, a new experimental model of anxiety and memory: effect of diazepam. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 26: 67–70.
- Guimarães-Costa, R., Guimarães-Costa, M.B., Pippa-Gadioli, L., Weltson, A., Ubiali, W.A., Paschoalin-Maurin, T., Felippotti, T.T., Elias-Filho, D.H., Laure, C.J. e Coimbra, N.C. 2007. Innate defensive behaviour and panic-like reactions evoked by rodents during aggressive encounters with Brazilian constrictor snakes in a complex labyrinth: behavioural validation of a new model to study affective and agonistic reactions in a prey versus predator paradigm. *Journal of Neuroscience Methods* 165(1):25–37.
- Kubie, J. e Halpern, M. 1975. Laboratory observations of trailing behavior in garter snakes. *Journal of Comparative Physiology and Psychology* 89(7):667–674.

- Medeiros, P., de Freitas, R.L., Boccella, S., Iannotta, M., Belardo, C., Mazzitelli, M., Romano, R., De Gregorio, D., Coimbra, N.C., Palazzo, E., Maione, S. 2020. Characterization of the sensory, affective, cognitive, biochemical, and neuronal alterations in a modified chronic constriction injury model of neuropathic pain in mice. *Journal of Neuroscience Research* 98(2):338–352.
- Mendes-Gomes, J., Motta, S. C., Bindi, R. P., de Oliveira, A. R., Ullah, F., Baldo, M. V. C., Coimbra, N. C., Canteras, N. S. e Blanchard D. C. 2020a. Defensive behaviors and brain regional activation changes in rats confronting a snake. *Behavioural Brain Research* 381:112469.
- Mendes-Gomes, J., Paschoalin-Maurin, T., Donaldson, L.F., Lumb, B.M., Blanchard, D.C. e Coimbra, N.C. 2020b. Repeated exposure of naïve and peripheral nerve-injured mice to a snake as an experimental model of post-traumatic stress disorder and its co-morbidity with neuropathic pain. *Brain Research* 1744:146907.
- Osborne, G.L. e Caul, W.F. 1975. Y-maze avoidance performance and activity change as a function of CS quality in rats. *Behavioral Biology* 15(2):183–192.
- Paschoalin-Maurin, T., dos Anjos-Garcia, T., Falconi-Sobrinho, L.L., de Freitas, R.L., Coimbra, J.P.C., Laure, C.J. e Coimbra, N.C. 2018. The rodent-versus-wild snake paradigm as a model for studying anxiety- and panic-like behaviors: Face, construct and predictive validities. *Neuroscience* 369:336–349.
- Onyishi, I.E., Nwonyi, S.K., Pazda, A., Prokop, P. 2021. Attitudes and behaviour toward snakes on the part of Igbo people in southeastern Nigeria. *Science of the Total Environment* 763:143045.
- Pellow, S., Chopin, P., File, S.E. e Briley, M. 1985. Validation of open-closed arm entries in an elevated plus-maze as a measure of anxiety in the rat. *Journal of Neuroscience Methods* 14: 149–167.
- Pinheiro, L.T., Rodrigues, J.F., Borges-Nojosa, D.M. 2016. Formal education, previous interaction and perception influence the attitudes of people toward the conservation of snakes in a large urban center of northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*12(1):25.
- Rico, J.L., Bonuti, R. e Morato, S. 2019. The elevated gradient of aversion: a new apparatus to study the rat behavior dimensions of anxiety, fear, and impulsivity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 52(11):e8899.
- Twardowschy, A., Castiblanco-Urbina, M.A., Uribe-Mariño, A., Biagioni, A.F., Salgado-Rohner, C.J., de Souza Crippa, J.A. e Coimbra, N.C. 2013. The role of 5-HT1A receptors in the anti-aversive effects of cannabidiol on panic attack-like behaviors evoked in the presence of the wild snake *Epicrates cenchria crassus* (Reptilia, Boidae). *Journal of Psychopharmacology* 27 (12):1149–1159.
- Ullah, F., dos Anjos-Garcia, T., dos Santos, I.R., Biagioni, A.F. e Coimbra, N.C. 2015. Relevance of dorsomedial hypothalamus, dorsomedial division of the ventromedial hypothalamus and the dorsal periaqueductal gray matter in the organization of freezing or oriented and non-oriented escape emotional behaviors. *Behavioural Brain Research* 293:143–152.
- Ullah, F., dos Anjos-Garcia, T., Mendes-Gomes, J., Elias-Filho, D.H., Falconi-Sobrinho, L.L., de Freitas, R.L., Khan, A.U., de Oliveira, R. e Coimbra, N.C. 2017. Connexions between the dorsomedial division of the ventromedial hypothalamus and the dorsal periaqueductal grey matter are critical in the elaboration of hypothalamically mediated panic-like behaviour. *Behavioural Brain Research* 319:135–147.
- Uribe-Mariño, A., Francisco, A., Castiblanco-Urbina, M.A., Twardowschy, A., Salgado-Rohner, C.J., Crippa, J.A.S., Hallak, J.E.C., Zuardi, A.W. e Coimbra, N.C. 2012. Anti-aversive effects of cannabidiol on innate fear-induced behaviors evoked by an ethological model of panic attacks based on a prey vs the wild snake *Epicrates cenchria crassus* confrontation paradigm. *Neuropsychopharmacology* 37(2):412–421.
- Viana, M.B., Tomaz, C. e Graeff, F.G. 1994. The elevated T-maze: a new animal model of anxiety and memory. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* 49: 549–554.
- Zangrossi, H. Jr. e Graeff, F.G. 2014. Serotonin in anxiety and panic: contributions of the elevated T-maze. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 46 (Pt 3):397–406.



*Bothrops alternatus*  
Foto: Renato Galga

# COMPORTAMENTO DEFENSIVO DE URUTU-CRUZEIRO (*Bothrops alternatus*) EM UM MODELO PSICOBiolÓGICO DE ANSIEDADE E MEDO: O TESTE DA ARENA POLIGONAL ENRIQUECIDA PARA SERPENTES

Renata Ferreira-Sgobbi<sup>1,2,4,5</sup> & Norberto Cysne Coimbra<sup>1,3,4,5</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Lab. de Neuroanatomia & Neuropsicobiologia, Dpt. de Farmacologia, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Dpt. de Psicologia, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ophidiarium LNN-FMRP-USP/INeC, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

<sup>4</sup>Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Núcleo de Pesquisa em Neurobiologia das Emoções (NuPNE), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

<sup>5</sup>Instituto de Neurociências e Comportamento (INeC), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil

Autores para correspondência: [renatafsgobbi@usp.br](mailto:renatafsgobbi@usp.br); [nccoimbr@fmrp.usp.br](mailto:nccoimbr@fmrp.usp.br).

## Resumo

Modelos animais são fundamentais para a compreensão das condições psiquiátricas, permitindo aos investigadores examinar mecanismos fisiológicos e comportamentais, desenvolver medicamentos, além de permitir manipulações de maneira controlada no meio ambiente. Modelos etológicos de medo e ansiedade relacionados a respostas inatas de defesa, como o teste de confronto presa *versus* predador, têm sido amplamente utilizados para estudar essas reações emocionais, as quais permitem a ativação de várias estruturas do sistema límbico na presença de diferentes tipos de estímulos aversivos. Nosso grupo demonstrou, anteriormente, que várias espécies de roedores exibem comportamentos de ansiedade e pânico na presença de serpentes selvagens e que esse modelo experimental é adequado para o estudo dos efeitos antiaversivos de novas drogas com potencial efeito panicolítico. Serpentes selvagens peçonhentas têm sido utilizadas no Projeto MEDUSA do Ophidiarium LNN-FMRP-USP/INeC e um dos objetivos do projeto é estudar o comportamento de serpentes em ambientes experimentais controlados. Dessa forma, investigamos os comportamentos de defesa de serpentes expostas ao paradigma presa *versus* predador no teste da arena poligonal enriquecida para serpentes, concebido como modelo de ataques de pânico. Neste teste, mesmo utilizando serpentes mantidas em cativeiro, conseguimos registrar as mesmas táticas defensivas utilizadas pelas serpentes em um ambiente natural para espécies do gênero *Bothrops alternatus*.

**Palavras-chave:** modelo psicobiológico presa *versus* serpente, arena poligonal enriquecida, estímulos aversivos, serpentes peçonhentas, medo, ansiedade.

## Abstract

Experimental models using laboratory animals are fundamental to the understanding of the neural bases of behaviour and some psychiatric conditions, allowing researchers to examine physiological and behavioural mechanisms, design of new medicines, and clarify in a controlled experimental environment the neurochemical and neuroanatomical bases of the animal behaviour. Ethological models of fear and anxiety related to innate behavioural responses, such as the prey versus predator confrontation test, have been widely used to study these emotional reactions, which allow the activation of various structures of the limbic system in the presence of dif-

ferent types of aversive stimuli. Our research group has previously demonstrated that several species of rodents exhibit anxiety and panic attack-like behaviours in the presence of wild snakes and that this experimental model is suitable for studying the anti-aversive effects of new drugs with potential panicolytic-like effects. Venomous wild snakes have been used in the MEDUSA Project at the LNN-FMRP-USP/INeC Ophidiarium and one of the goals of that project is to study the behaviour of snakes in controlled experimental environments. Thus, we investigated the defense behaviour of snakes exposed to the prey versus predator paradigm in the enriched polygonal arena for snake test, conceived as a model of panic attacks. In this test, even using snakes kept in captivity, we were able to record the same defensive strategies used by snakes in a natural environment for species of the genus *Bothrops alternatus*.

**Keywords:** prey versus snake psychobiological model, enriched polygonal arena, aversive stimuli, venomous snakes, fear, anxiety.

## Introdução

Segundo a Organização Mundial da Saúde (2001), cerca de 450 milhões de pessoas ao redor do mundo sofrem com transtornos mentais e de comportamento, sendo os transtornos de ansiedade os de maior prevalência, e o Brasil é o país que possui a maior incidência desses transtornos psiquiátricos no mundo. Trata-se de um grave problema de saúde pública que tem um curso crônico, afetando 3,5% da população geral ao longo da vida. Tais doenças são mais comuns em seres humanos entre a terceira e quarta décadas de vida, principalmente do sexo feminino. Além do sofrimento pessoal, estes transtornos psiquiátricos causam grandes prejuízos sociais, profissionais, financeiros e psicológicos não só aos pacientes, mas também às suas famílias (OMS 2001).

A ansiedade crônica é uma doença característica de seres humanos, sendo complexa e multifatorial. De modo geral, é um estado de apreensão que se desenvolve em antecipação a uma ameaça ou perigo, auxiliando o organismo na sua adaptação ao ambiente, já que promove certo grau de vigilância e facilita o comportamento de fuga (Gross e Hen 2004). Sua desregulação em seres humanos pode resultar em vários transtornos de ansiedade, apresentando alta taxa de comorbidade com outras doenças psiquiátricas, como os transtornos do humor (DSM 5).

Considerações evolutivas sugerem que características comportamentais relacionadas à ansiedade são comuns e fortemente conservadas entre as espécies, particularmente em mamíferos (Liebsch et al. 1998). Segundo a proposta evolutiva de Charles Darwin (1872), os estados emocionais de medo e de ansiedade vivenciados pela espécie humana teriam

raízes filogenéticas nos comportamentos defensivos de animais frente a estímulos que ameacem a sua integridade física e/ou a sua sobrevivência. Dessa forma, tanto o medo como a ansiedade teriam a função de preparar o organismo para enfrentar situações de perigo, favorecendo a sobrevivência da espécie.

Um dos primeiros modelos experimentais utilizando animais de laboratório para estudo do comportamento defensivo envolveu o aparato de campo aberto (Hall 1934). O teste de campo aberto tem sido frequentemente utilizado para estudar comportamentos defensivos relacionados aos transtornos de ansiedade e para avaliar o efeito de drogas ansiolíticas e antidepressivas (Gray e Hughes 2015, Mar et al. 2002, Fahey et al. 2001, Siemiatkowski et al. 2000). No entanto, esse aparato permite análises restritas de respostas comportamentais. Para melhorar a análise etológica relacionada aos comportamentos defensivos, arenas poligonais simples (Lobão-Soares et al. 2008) e complexas/enriquecidas (Almada et al. 2015a, b, 2021, Ferreira-Sgobbi et al., 2022; Uribe-Mariño et al. 2012) providas de uma toca artificial e plataformas elevadas de escape foram projetadas pelo Prof. Dr. Norberto Cysne Coimbra para estudar os paradigmas de confrontos entre serpentes e roedores (Mendes-Gomes et al. 2020a, Coimbra et al. 2017a,b, Biagioni et al. 2016) e estudos de comorbidades entre doenças neurológicas, como a dor neuropática crônica, e psiquiátricas, como o estresse pós-traumático (Mendes-Gomes et al. 2020b).

Devido à condição de serem répteis sem membros, as serpentes desenvolveram uma série de estratégias de vida alternativas bem-sucedidas, nas quais

comportamentos singulares desempenham papéis importantes, o que tem feito desses animais objetos de interesse para estudos de comportamento predatório e antipredatório (Coimbra et al. 2017a, Ford 1995). A predação é tida como uma força seletiva importante na natureza, sendo responsável pelo desenvolvimento de diversas adaptações nos organismos que se traduzem por um conjunto de ações que compreendem o comportamento defensivo (Araújo 1999, Vermeij 1982). As serpentes apresentam os mais elaborados comportamentos defensivos dentre os répteis, incluindo imobilidade, achatamento do corpo, retração da porção anterior do corpo em curva sigmoide, bote defensivo, postura ameaçadora, vibração da cauda, imobilidade tônica (tanatose), entre outros (Coimbra et al. 2017a, Greene 1992).

Modelos etológicos de medo e ansiedade relacionados a respostas inatas de defesa, como o confronto entre presa *versus* predador, têm sido amplamente utilizados para estudar essas reações emocionais (Uribe-Mariño et al. 2012, Lobão-Soares et al. 2008, Guimarães-Costa et al. 2007, McNaughton e Corr 2004, Weltson et al. 2002, Blanchard e Blanchard 1988), e permitem a ativação de várias estruturas do sistema límbico na presença de diferentes tipos de estímulos aversivos (Tapocik et al. 2021, Mendes-Go-

mes et al. 2020a, Paschoalin-Maurin et al. 2018). O complexo padrão de respostas comportamentais que caracteriza as diferentes facetas do comportamento defensivo evocado por animais de laboratório nesses modelos comportamentais pode ser modulado por medicamentos eficazes, comumente utilizados para o tratamento de ansiedade e transtorno de pânico em seres humanos, o que indica que os modelos baseados no confronto entre presas e predadores são ferramentas apropriadas para o teste farmacológico pré-clínico de novos fármacos (Coimbra et al. 2017a, Twardowschy et al. 2013, Uribe-Mariño et al., 2012, Blanchard et al. 1998, Griebel et al. 1996).

Arenas poligonais e labirintos complexos para serpentes têm sido utilizados como modelos experimentais de ataques de pânico (Coimbra et al. 2017a) e são adequados para o estudo dos efeitos antiaversivos de novas drogas com potencial panicolítico (Twardowschy et al. 2013, Uribe-Mariño et al. 2012). Tanto serpentes constritoras (dos Anjos-Garcia e Coimbra, 2020, 2019, Lobão-Soares et al. 2008, Guimarães-Costa et al. 2007) como peçonhentas (Calvo et al., 2019a, b, Almada e Coimbra 2015) têm sido usadas como estímulos ameaçadores para provocar respostas de defesa em pequenos roedores nesse paradigma comportamental (Coimbra et al. 2017a, b).

## Material e Métodos

### Animais

Foram utilizados ratos Wistar Hannover adultos, machos e fêmeas (*Rattus norvegicus*, Rodentia, Muridae) com idade entre 60-70 dias, provenientes do Biotério Central da Universidade de São Paulo, Campus de Ribeirão Preto. Os roedores foram mantidos em grupos de cinco em caixas de acrílico (43 x 33 x 21 cm), com livre acesso a água e a comida e sobre condições controladas de luz (ciclo claro-escuro de 12 horas) e temperatura (22-25°C) no Biotério do Prédio Central da FMRP (Departamento de Fisiologia). Foram agrupados para habituação no teste da arena poligonal enriquecida para serpentes, munida com toca artificial e plataformas elevadas de escape, no *Ophidiarium* LNN-FMRP-USP/INeC, mantidos sob as condições de luz e temperatura já citadas até o dia da realização dos testes.

Como predadores, foram utilizadas serpentes uru-

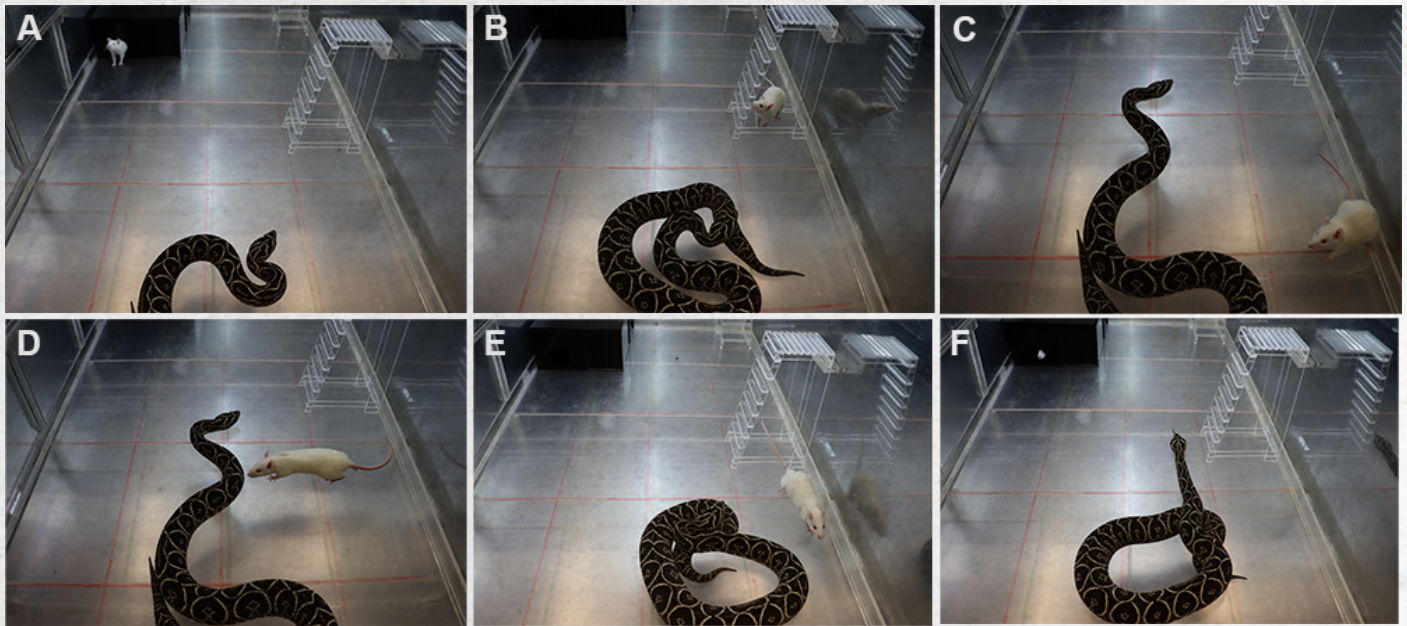
tu-cruzeiro (*Bothrops alternatus*, Reptilia, Viperidae) (n=6), pesando 700-900g, coletadas na Região Sudeste do Brasil e mantidas no *Ophidiarium* FMRP-USP/INeC (licenciado pelo IBAMA: processos 3543.6986/2012-SP e 3543.6984/2012-SP; Governo do Estado de São Paulo: SMA/DeFau 15.335/2012; Projeto MEDUSA: processos 41435-1 do SISBIO e 41435-2) uma semana antes dos procedimentos experimentais.

Os experimentos foram realizados segundo normas que regulamentam aspectos éticos da utilização de animais de laboratório, elaboradas pela Comissão de Ética em Experimentação Animal da FMRP-USP (processos 224/2018 e 123/2019), que estão em conformidade com os princípios éticos da Sociedade Brasileira de Neurociência e Comportamento (SBNeC), as quais são baseadas no Manual de Cuidados e Uso de Animais de Laboratório do Instituto Nacional de Saúde dos Estados Unidos da América.

### Teste da Arena Poligonal Enriquecida para Serpentes

O aparato experimental consiste em uma arena poligonal (154 x 72 x 64 cm, acrílico cristal, revestido de insulfim) disposta sobre uma superfície de granito (170 x 85 x 02 cm) e munida com uma toca artificial (36 x 26 x 12.5 cm, com duas saídas diametralmente opostas) e duas plataformas elevadas de escape com acesso por meio de escadas transparentes (7 x 4 x 10.5 cm) (Figura 1).

No dia do experimento, a serpente foi colocada no lado oposto ao da toca. Posteriormente, cada rato macho ou fêmea foi colocado na arena poligonal no lado oposto ao da toca e no canto situado em frente ao local onde se encontrava a serpente. Depois de um confronto de 5 minutos, os ratos foram removidos do ambiente experimental, anestesiados e sacrificados. A cada grupo de 3 a 4 ratos, a serpente foi substituída por outra. Nenhum rato macho ou fêmea foi utilizado em mais de um confronto com o predador.



**Figura 1.** Teste de pânico da arena poligonal enriquecida para serpentes, munida com toca artificial e duas plataformas elevadas de escape, onde fêmeas de *Rattus norvegicus* em diferentes fases do ciclo estral são confrontadas com a serpente urutu-cruzeiro (*Bothrops alternatus*). A: Rata em estro apresentando avaliação de risco (*stretched attend posture*); B: rata em estro apresentando aleta defensiva; C: rata em estro, apresentando imobilidade defensiva (*freezing*); D: rata em estro, apresentando avaliação de risco (aproximação cautelosa ou *flat back approach*) e interação com o predador; E: rata em diestro precoce, apresentando avaliação de risco (aproximação cautelosa); F: rata em diestro tardio, apresentando esquiva inibitória).

### Reações Comportamentais

Foram analisados os seguintes comportamentos defensivos apresentados pelas presas:

1. Esticamento ou “*stretched attend posture*”: alongamento do corpo, movendo-se com as patas dianteiras, em uma tentativa de estendê-lo o mais possível, mantendo-se as patas posteriores na mesma posição), como mostrado na Figura 1A;
2. Atenção defensiva ou alerta defensivo: interrupção do comportamento em curso por menos do que 6s e atenção voltada para o predador, com farejos do ar circundante, como mostrado na Figura 1B ;
3. Imobilidade defensiva ou “*freezing*”: Imobilidade por pelo menos 6s, com arqueamento do dorso, piloereção, exoftalmia e alterações neurovegetativas, como mostrado na Figura 1C;
4. Aproximação cautelosa ou “*flat back approach*”: esticamento do corpo e aproximação da fonte de perigo iminente ou real (no caso, o predador), mantendo-se o ventre raste ao piso, como mostrado na Figura 1D e E;
5. Interação entre presa e predador: interação entre o roedor e a serpente, com farejos, toques rápidos e, eventualmente, mordidas exploratórias, por parte das presas, como mostrado na Figura 1D;
6. Comportamento de fuga orientada: corrida ou movimentação apressada em direção à toca ou às plataformas elevadas de escape;
7. Esquiva inibitória: após abrigar-se na toca, a pre-



sa coloca a cabeça na saída da toca, espreitando o reposicionamento do predador, o qual fita intensamente, como mostrado na figura 1F;

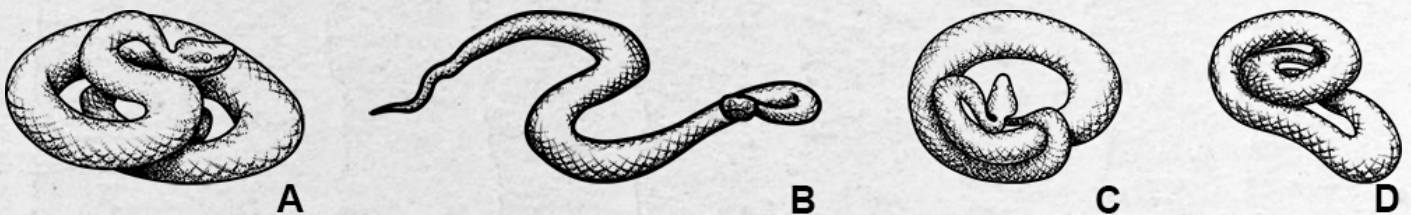
8. Comportamento de fuga não-orientada: Corridas mais intensas, eventualmente com saltos, em direção contrária à dos locais seguros.

Foram analisados os seguintes comportamentos defensivos exibidos pelas serpentes urutu-cruzeiro (*Bothrops alternatus*):

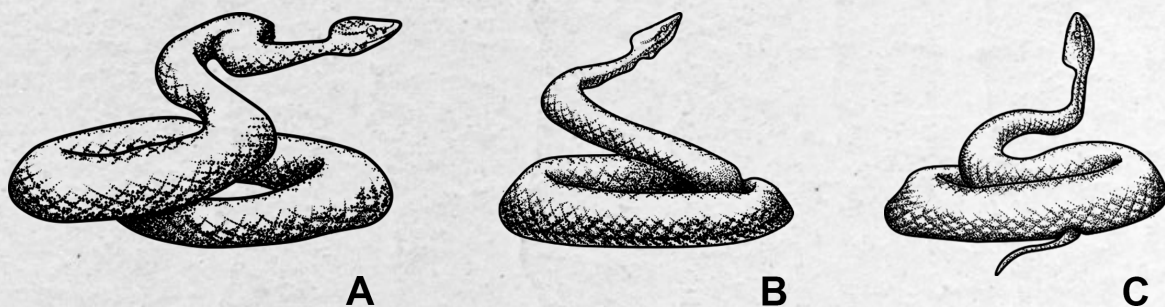
1. Postura ameaçadora: reação defensiva da serpente, quando então ela eleva o primeiro terço de seu corpo e assume a forma em "S", com o corpo enrodilhado (Figura 2A) ou com o corpo parcialmente distendido (Figura 2B);
2. Achatamento dorsoventral do corpo (Figura 2C);
3. Ocultação a cabeça (Figura 2D);
4. Vibração rápida da cauda contra o substrato;

5. Elevação da cabeça e da região anterior do corpo (Figuras 3A, B e C);
6. Bote defensivo (ataque ameaçador): ataque com a boca fechada ou parcialmente aberta, sem picar a presa;
7. Bote ofensivo (ataques ofensivos/defensivos): ataque e picada – nesse caso, o experimento foi interrompido e a presa sacrificada com injeção letal de uretana e descartada do experimento;
8. Recuo com bote armado (Figura 4A);
9. Abertura parcial da boca: a serpente, enrodilhada ou recuando com o bote armado, abre a boca parcialmente, fechando-a em seguida, sem desferir o bote (Figura 4B).

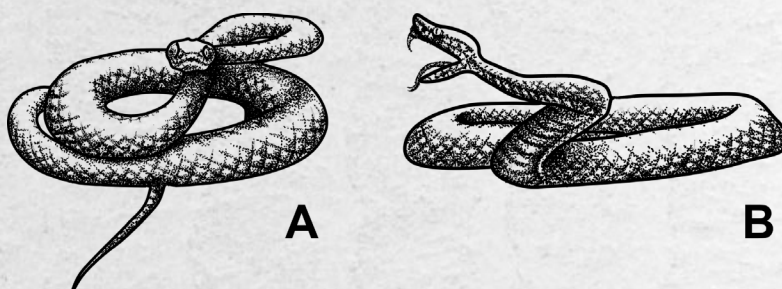
Todos os comportamentos foram registrados por meio de uma câmera filmadora Sony (Handcam HDRX350, Tóquio, Japão) de minuto a minuto, por 5 minutos.



**Figura 2.** Comportamento defensivo em *Bothrops* spp. (A) Postura defensiva com corpo enrodilhado; (B) postura defensiva com o corpo parcialmente distendido, (C) achatamento dorsoventral do corpo, (D) ocultação da cabeça, segundo Araújo (1999).



**Figura 3.** Comportamento defensivo em *Bothrops* spp. (A) Elevação da cabeça e da região anterior do corpo paralelamente ao piso; (B) elevação da cabeça e da região anterior do corpo em ângulo de 45°; (C) elevação da cabeça e da região anterior do corpo em ângulo de 90°, segundo Araújo (1999).



**Figura 4.** Comportamento defensivo em *Bothrops* spp. (A) Recuo com bote armado e (B) abertura parcial da boca, segundo Araújo (1999).

## Resultados

As presas apresentaram um exuberante comportamento antipredatório, na presença das serpentes, tais como “stretched attend posture” (Figura 1A), atenção defensiva (Figura 1B), imobilidade defensiva (Figura 1C), “flat back approach” (Figura 1D e E) e esquiiva inibitória (Figura 1F), após a eliciação de fuga orientada para locais seguros.

A ocorrência dos diferentes comportamentos defensivos de *Bothrops alternatus* foi quantificada como o número de eventos que ocorreram durante a permanência da presa no teste da arena poligonal enriquecida para serpentes e demonstrado através do percentual em relação ao total de serpentes (Tabela 1).

**Tabela 1.** Ocorrência das categorias do comportamento defensivo em *Bothrops alternatus*.

Categorias	Serpentes						Total
	1	2	3	4	5	6	
Abertura parcial da boca	2	1	0	0	0	0	3 (2,83%)
Achatamento dorsoventral	11	2	1	1	3	1	19 (17,92%)
Bote defensivo	2	5	5	1	0	2	15 (14,15%)
Bote ofensivo	4	2	0	0	0	0	6 (5,66%)
Ocultação da cabeça	0	1	0	0	0	1	2 (1,89%)
Elevação da cabeça e corpo	4	10	11	4	2	0	31 (29,24%)
Postura ameaçadora	3	2	6	0	1	0	12 (11,32%)
Recuo com bote armado	1	0	4	0	0	0	5 (4,72%)
Vibração da cauda	13	0	0	0	0	0	13 (12,26%)

A ocorrência dos diferentes comportamentos defensivos de *Bothrops alternatus* foi quantificada como o número de eventos que ocorreram durante a permanência da presa no teste da arena poligonal enriquecida para serpentes e demonstrado por meio de percentual em relação ao total de serpentes (Tabela 1).

Durante as sessões de confronto presa *versus* serpente, todas as serpentes analisadas (100%) apresentaram comportamento de atenção voltada para a presa e achatamento dorsoventral do corpo (Figura 5). As serpentes peçonhentas ainda apresentaram posturas defensivas, tais como elevação da cabeça e da região anterior do corpo (29,24%), bote falso (14,15%) e postura ameaçadora (11,32%), em que permaneceram com a porção anterior do corpo retraída em curva sig-

moide (Calvo et al. 2019a), posição em que a serpente está pronta para desferir o bote (Sazima 1988). Reação ameaçadora com a vibração da cauda contra o chão da arena poligonal (12,26%), como uma resposta comportamental de alerta, recuo com postura ameaçadora ou ocultação defensiva da cabeça também foram apresentadas pelo predador quando confrontado com presas mais destemidas. Ataque ofensivo/defensivo com inoculação da peçonha teve incidência de 5,66%.



**Figura 5.** Comportamento defensivo de *Bothrops alternatus* durante interação com *Rattus norvegicus*, apresentando postura defensiva com o corpo parcialmente distendido e achatamento dorsoventral do corpo.

## Discussão

Diversas espécies de serpentes podem apresentar diferentes respostas defensivas. A evolução de grande diversidade de estratégias de defesa é compreensível, pois há diferenças significativas entre as espécies no que se refere ao tamanho corpóreo, à capacidade para identificar presas e possíveis predadores (presença de fosseta loreal, receptores olfativos, receptores para sensibilidade vibratória, etc.), à capacidade de inoculação de peçonha e a outros fatores importantes na evolução das espécies (Citadini, 2011). Além da variação evolutiva, respostas comportamentais defensivas podem, dentro de uma mesma espécie, variar segundo o contexto ecológico (Citadini, 2011). Os predadores de serpentes incluem mamíferos, aves, anfíbios anuros, crocodilianos, lagartos, outras serpentes e até mesmo invertebrados (Mattison 1995), e não necessariamente as mesmas respostas defensivas seriam eficazes para elaborar um comportamento eficiente, segundo a pressão exercida por cada tipo de predador; além disso, as táticas defensivas podem variar conforme o substrato utilizado e o período sazonal (Carvalho e Nogueira 1998).

Dessa forma, serpentes de hábitos terrestres e semi-arborícolas, com atividade diurna, como a *Bothrops alternatus*, tendem a ser predadas por um maior número de animais do que serpentes que apresentam hábitos fossórios ou noturnos (Citadini, 2011). Assim, mesmo havendo variação no comportamento defensivo, essas serpentes exibem principalmente imobilidade, fuga e ações relativas à intimidação (Sazima 1988, Sazima e Hadadd, 1992, Strüssman 1992, Martins 1994). Boa parte dos comportamentos defensivos em *Bothrops alternatus* constitui “exibições de advertência”, como a agitação enérgica da cauda, sinalizando perigo, o que indica que este tipo de defesa é eficiente na natureza.

Em nosso estudo, observamos que o comportamento de achatamento dorsoventral do corpo foi observado em todas as serpentes estudadas. Segundo Fitch (1965), o achatamento do corpo é o mais estático e talvez o menos custoso energeticamente dos comportamentos classificados como defensivos, pois faz com que a serpente pareça maior e, conseqüentemente, ofereça maior possibilidade de intimidar o predador.

Dentre os outros comportamentos observados, os que se destacaram foram a elevação da cabeça e da

região anterior do corpo, o bote defensivo ou ofensivo e a postura ameaçadora. Esses comportamentos defensivos são influenciados pelo contexto no qual o ataque acontece. Por exemplo, quando um agressor atinge a distância mínima de segurança, as serpentes podem utilizar táticas defensivas para a intimidação, incluindo a elevação da cabeça e podem ainda retrair a parte anterior do corpo, adquirindo uma postura sigmoide (armando o bote), escancarar a boca e desferir botes defensivos (Carvalho e Nogueira 1998). Também registramos o comportamento de ocultação da cabeça, mas em apenas duas serpentes analisadas. Essa é uma tática utilizada por diversas espécies de serpentes, objetivando proteger esta parte vital do corpo (Abegg e Neto 2012).

O comportamento de vibração da cauda foi apresentado por uma única serpente, justamente a que apresentou o maior número de achatamento do corpo e que desferiu botes ofensivos, inoculando peçonha no maior número de presas. Uma associação entre táticas defensivas mediante o contato com ratos da cepa Wistar mais destemidos foi a exibição do achatamento dorsoventral concomitantemente com vibração da cauda contra o substrato e posterior bote ofensivo. A reação defensiva de vibração da cauda seguida de bote foi também registrado por Quintela e Loebmann (2009) e por Abegg e Neto (2012). Dessa forma, mesmo em cativeiro, conseguimos registrar as mesmas táticas defensivas utilizadas em um ambiente natural para espécies do gênero *Bothrops* spp.

No que se refere às presas expostas ao teste de pânico da arena poligonal enriquecida para serpentes, onde foram ameaçadas por serpentes selvagens, foram observados comportamentos antipredatórios exuberantes, tais como avaliação de risco e comportamento de fuga para locais seguros e até mesmo interação entre presa e predador. Tem sido proposto na literatura que os comportamentos de alerta defensivo, de avaliação de risco (“stretched attend posture” e “flat back approach”) e a esquivas inibitórias referem-se a respostas relacionadas à ansiedade, ao passo que comportamentos como a imobilidade defensiva e o comportamento de fuga referem-se a respostas relacionadas a ataques de pânico (Coimbra et al., 2017a,b; Paschoalin-Maurin et al., 2018). Essas respostas são comumente observadas tanto em roedores machos como fêmeas (Ferreira-Sgobbi et al.,

2022), e em situações de confronto com serpentes constritoras (dos Anjos-Garcia e Coimbra, 2019, 2010) e peçonhentas (Almada e Coimbra, 2015; Calvo et al., 2019a,b; Almada et al., 2021, 2022). Os modelos de confronto entre presas e predadores em arenas poligonais para serpentes foram recentemente validados como testes de ataques de pânico (Paschoalin-Mauriņ et al., 2018) e de estresse pós-traumático (Mendes-Gomes et al., 2020b).

Nossos resultados reafirmam a importância do modelo de confronto entre presa e serpente no teste da arena poligonal enriquecida para serpentes para o estudo das bases neurais de transtornos de ansiedade antecipatória e de ataques de pânico, assim como para o estudo da atividade límbica durante a elaboração do comportamento de defesa que tem sido associado ao medo inato.

## Agradecimentos

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP; processos 2012/03798-0; 2017/11855-8 e 2020/15050-7); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq; processo 470119/2004-7); Pró-Reitoria da Universidade de São Paulo (processo NAP-USP IaPq2012-156-USP-12.1.25440.01.6); Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Assistência do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FAEPA; processo 374/2022); Programa Nacional de Pós-Doutorado/Capes (PNPD/CAPES) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES; processo 001); Programa de Pós-Graduação em Psicobiologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

## Referências

- Abegg, A. D. e Neto, O. M. E. (eds.). 2012. Serpentes do Rio Grande do Sul. Tapera Editora Lew. 152 pp.
- Almada, R. C. e Coimbra, N. C. 2015. Recruitment of striatonigral disinhibitory and nigro-tectal inhibitory GABAergic pathways during the organization of defensive behavior by mice in a dangerous environment with the venomous snake *Bothrops alternatus* (Reptilia, Viperidae). *Synapse* 69: 299-313.
- Almada, R. C., Coimbra, N. C. e Brandão, M. L. 2015a. Medial prefrontal cortex serotonergic and GABAergic mechanisms modulate the differential involvement of cortical subregions. *Neuroscience* 284: 988-997.
- Almada, R. C., dos Anjos-Garcia, T., da Silva, J. A., Pigatto, G. R., Wotjak, C. T. e Coimbra, N. C. 2021. The modulation of striatonigral and nigrotectal pathways by CB1 signalling in the substantia nigra pars reticulata regulates panic elicited in mice by urutu-cruzeiro lancehead pit vipers. *Behavioural Brain Research* 401: 112996.
- Almada, R.C., Falconi-Sobrinho, L.L., da Silva, J.A., Wotjak, C.T. e Coimbra, N.C. 2022. Augmented anandamide signalling in the substantia nigra pars reticulata mediates panicolytic-like effects in mice confronted with *Crotalus durissus terrificus* pit vipers. *Psychopharmacology*, doi: 10.1007/s00213-022-06127-3.
- Almada, R. C., Roncon, C. M., Elias-Filho, D.H. e Coimbra, N. C. 2015b. Endocannabinoid signaling mechanisms in the substantia nigra pars reticulata modulate GABAergic nigrotectal pathways in mice threatened by urutu-cruzeiro venomous pit viper snake. *Neuroscience* 303: 503-514.
- Araújo, M.S. 1999. Comportamento defensivo de cinco espécies de jararacas (*Bothrops* spp): um estudo comparativo. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- Biagioni, A. F., do Anjos-Garcia, T., Ullah, F., Fisher, I. R., Falconi-Sobrinho, L. L., Freitas, R. L., Felippotti, T. T. e Coimbra, N.C. 2016. Neuroethological validation of an experimental apparatus to evaluate oriented and non-oriented escape behaviours: comparison between the polygonal arena with a burrow and the circular enclosure of an open-field test. *Behavioral Brain Research* 298: 65-77.

- Blanchard, D. C. e Blanchard, R. J. 1988. Ethoexperimental approaches to the biology of emotion. *Annual Review of Psychology* 39: 43-68.
- Blanchard, D. C., Griebel, G. e Rodgers, R. J. 1998. Benzodiazepine and serotonergic modulation of antipredator and conspecific defense. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 22: 597-612.
- Carvalho, M. A. e Nogueira, F. (eds.). 1998. Serpentes da área urbana de Cuiabá, Mato Grosso: aspectos ecológicos e acidentes ofídicos associados. *Cadernos de Saúde Pública*, vol.14.
- Calvo, F., Almada, R. C., dos Anjos-Garcia, T., Falconi-Sobrinho, L. L., Paschoalin-Maurin, T., Bazaglia-de-Sousa, G., Medeiros, P., da Silva, J. A., Lobão-Soares, B. e Coimbra, N. C. 2019a. Panicolytic-like effect of  $\mu$ 1-opioid receptor blockade in the inferior colliculus of prey threatened by *Crotalus durissus terrificus* pit vipers. *Journal of Psychopharmacology* 33: 577-588.
- Calvo, F., Lobão-Soares, B., de Freitas, R. L., Paschoalin-Maurin, T., dos Anjos-Garcia, T., Medeiros, P., da Silva, J. A., Lovick, T. A. e Coimbra, N. C. 2019b. The endogenous opioid system modulates defensive behavior evoked by *Crotalus durissus terrificus*: Panicolytic-like effect of intracollicular non-selective opioid receptors blockade. *Journal of Psychopharmacology* 33:51-61.
- Citadini, J. M. 2011. A influência da temperatura no comportamento defensivo em *Tomodon dorsatus* (Serpente, Dipsadidae). Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de São Paulo, Instituto de Biociências, Departamento de Fisiologia, Brasil.
- Coimbra, N. C., Calvo, F., Almada, R. C., Freitas, R. L., Paschoalin-Maurin, T., dos Anjos-Garcia, T., Elias-Filho, D. H., Ubiali, W. A., Lobão-Soares, B. e Tracey, I. 2017a. Opioid neurotransmission modulates defensive behavior and fear-induced antinociception in dangerous environments. *Neuroscience* 354: 178-195.
- Coimbra, N. C., Paschoalin-Maurin, T., Bassi, G. S., Kanashiro, A., Biagioni, A. F., Felippotti, T. T., Elias-Filho, D. H., Mendes-Gomes, J., Cysne-Coimbra, J. P., Almada, R. C. e Lobão-Soares, B. 2017b. Critical neuropsychobiological analysis of panic attack- and anticipatory anxiety-like behaviors in rodents confronted with snakes in polygonal arenas and complex labyrinths: a comparison to the elevated plus- and T-maze behavioral tests. *Brazilian Journal of Psychiatry* 39: 72-83.
- Darwin, C. A. (eds.). 2000. *Expressão das emoções no homem e nos animais (1872)*. São Paulo. Companhia das Letras.
- dos Anjos-Garcia, T. e Coimbra, N.C. 2019. Opposing roles of dorsomedial hypothalamic CB1 and TRPV1 receptors in anandamide signaling during the panic-like response elicited in mice by Brazilian rainbow Boidae snakes. *Psychopharmacology (Berl)* 236: 1863-1874.
- dos Anjos-Garcia, T. e Coimbra, N.C. 2020. Anandamide in the anterior hypothalamus diminishes defensive responses elicited in mice threatened by *Epicrates cenchria constrictor* serpents. *Acta Neurobiologiae Experimentalis (Wars)* 80: 179-191.
- DSM 5 (eds.). 2014. *Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais 5 ed.* American Psychiatric Association. Tradução Maria Inês Corrêa Nascimento et al. Porto Alegre. Artmed.
- Fahey, J. M., Pritchard, G. A., Grassi, J. M., Pratt, J. S., Shader, R. I. e Greenblatt, D. J. 2001. Pharmacodynamic and receptor binding changes during chronic lorazepam administration, *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* 69: 1-8.
- Ferreira-Sgobbi, R., de Figueiredo, R.M., Frias, A.T., Matthiesen, M., Batistela, M.F., Falconi-Sobrinho, L.L., Vilela-Costa, H.H., Sá, S.I., Lovick, T.A., Zangrossi, H. Jr. e Coimbra, N.C. 2022. Panic-like responses of female Wistar rats confronted by *Bothrops alternatus* pit vipers, or exposure to acute hypoxia: Effect of oestrous cycle. *European Journal of Neuroscience* 55(1):32-48.
- Fitch, H. S. 1965. An ecological study of the garter snake, *Thamnophis sirtalis*. University Kansas Publish. *Museum of Natural History* 15: 493-564.
- Ford, N. B. 1995. Experimental design in studies of snake behavior. *Herpetological Monographs* 9: 130-139.

- Gray, V. C., Hughes, R. N. 2015. Drug-, dose- and sex-dependent effects of chronic fluoxetine, reboxetine and venlafaxine on open-field behavior and spatial memory in rats. *Behavioural Brain Research* 281: 43-54.
- Greene, H. W. (eds.). 1992. The ecological and behavioral context for pit viper Evolution. In: Campbel, J.A. e Broodie Jr., E.D. (eds.). *Biology of Pit vipers*. Tyler, Texas 107-117.
- Griebel, G., Blanchard, D. C. e Blanchard, R. J. 1996. Predator-elicited flight responses in Swiss-Webster mice: An experimental model of panic attacks. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry* 20: 185-205.
- Gross, C. e Hen, R. 2004. Genetic and environmental factors interact to influence anxiety. *Neurotoxicity Research* 6: 493-501.
- Guimarães-Costa, R., Ubiali, W. A., Paschoalin-Maurin, T., Felippotti, T. T., Pippa-Gadioli, L., Weltson, A., Elias-Filho, D. H., Laure, C. J. e Coimbra, N. C. 2007. Innate defensive behaviour and panic-like reactions evoked by rodents during aggressive encounters with Brazilian constrictor snakes in a complex labyrinth: Behavioural validation of a new model to study affective and agonistic reactions in a prey vs predator paradigm. *Journal Neuroscience Methods* 165: 25-37.
- Hall, C. S. 1934. Emotional behavior in the rat. I. Defecation and urination as measures of individual differences in emotionality. *Journal Comparative Psychology* 18: 385-403.
- Liebsch, G., Montkowski, A., Holsboer, F. e Landgraf, R. 1998. Behavioural profiles of two Wistar rat lines selectively bred for high or low anxiety-related behaviour. *Behavioral Brain Research* 94: 301-310.
- Lobão-Soares, B., Walz, R., Prediger, R. D. S., Freitas, R. L., Calvo, F., Bianchin, M. M., Leite, J.P., Landemberger, M. C. e Coimbra, N.C. 2008. Cellular prion protein modulates defensive attention and innate fear-induced behaviour evoked in transgenic mice submitted to an agonistic encounter with the tropical coral snake *Oxyrhopus guibei*. *Behavioral Brain Research* 194: 129-137.
- Mar, A., Spreekmeester, E. e Rochford, J. 2002. Fluoxetine-induced increases in open-field habituation in the olfactory bulbectomized rat depend on test aversiveness but not on anxiety. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* 73: 703-712.
- Martins, M. 1994. História natural e ecologia de uma taxocenose de serpentes de mata na região de Manaus, Amazônia Central, Brasil. Tese de doutorado. Instituto de Biociências, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.
- Mendes-Gomes, J., Motta, S. C., Bindi, R. P., de Oliveira, A. R., Ullah, F., Baldo, M. V. C., Coimbra, N. C., Canteras, N. S. e Blanchard D. C. 2020a. Defensive behaviors and brain regional activation changes in rats confronting a snake. *Behavioural Brain Research* 381: 112469.
- Mendes-Gomes, J., Paschoalin-Maurin, T., Donaldson, L. F., Lumb, B. M., Blanchard, D. C. e Coimbra, N. C. 2020b. Repeated exposure of naïve and peripheral nerve-injured mice to a snake as an experimental model of post-traumatic stress disorder and its co-morbidity with neuropathic pain. *Brain Research* 1744: 146907.
- McNaughton, N. e Corr, P. J. 2004. A two-dimensional neuropsychology of defense: Fear/anxiety and defensive distance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 28: 285-305.
- Mattison, C. (eds.). 1995. *The Encyclopedia of Snakes*. London. Cassel Paperbacks 256 pp.
- OMS. Organização Mundial da Saúde. 2001. *The world health report 2001. Mental health: new understanding, new hope*. World Health Organization. Switzerland. 1-16 pp.
- Paschoalin-Maurin, T., dos Anjos-Garcia, T., Falconi-Sobrinho, L. L., de Freitas, R. L., Coimbra, J. P. C., Laure, C. J. e Coimbra, N. C. 2018. The rodent-versus-wild snake paradigm as a model for studying anxiety- and panic-like behaviors: face, construct and predictive validities. *Neuroscience* 369: 336-349.
- Quintela, F. M. e Loebmann, D. (eds.). 2009. *Os Répteis da Região Costeira do Extremo Sul do Brasil*. Editora

Useb. Pelotas.

- Sazima, I. 1988. Um estudo da biologia comportamental da jararaca, *Bothrops jararaca*, com uso de marcas naturais. Memórias do Instituto Butantan, 50: 83-89.
- Sazima, I. e Haddad, C. F. B. 1992. Répteis da Serra do Japi: notas sobre história natural. In: história Natural da Serra do Japi: Ecologia e Preservação de uma Área Florestal no Sudeste do Brasil (Morelatto, L.C.P., org.). Editora da Universidade Estadual de Campinas. Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo 28-92 pp.
- Siemiakowski, M., Sienkiewicz-Jarosz, H., Czlonkowska, A. I., Bidziński, A. e Płaźnik, A. 2000. Effects of buspirone, diazepam, and zolpidem on open field behavior and brain [3H] muscimol binding after buspirone pretreatment. *Pharmacology, Biochemistry and Behavior* 66: 645-651.
- Tapocik, J. D., Schank, J. R., Mitchell, J. R., Damazdic, R., Mayo, C.L., Brady, D., Pincus, A. B., King, C.E., Heilig, M. e Elmer, G.I. 2021. Live predator stress in adolescence results in distinct adult behavioral consequences and dorsal diencephalic brain activation patterns. *Behav Brain Res.* 400: 113028.
- Twardowschy, A., Castiblanco-Urbina, M. A., Uribe-Mariño, A., Biagioni, A. F., Salgado-Rohner, C. J., de Souza Crippa, J. A. e Coimbra, N. C. 2013. The role of 5-HT1A receptors in the anti-aversive effects of cannabidiol on panic attack-like behaviors evoked in the presence of the wild snake *Epicrates cenchria crassus* (Reptilia, Boidae). *Journal of Psychopharmacology* 27: 1149-1159.
- Uribe-Mariño, A., Francisco, A., Castiblanco-Urbina, M. A., Twardowchy, A., Salgado-Rohner, C. J., Crippa, J. A. S., Hallak, J. E. C., Zuardi, A. W. e Coimbra, N.C. 2012. Anti-aversive effects of cannabidiol on innate fear-induced behaviors evoked by an ethological model of panic attacks based on a prey vs. the wild snake *Epicrates cenchria crassus* confrontation paradigm. *Neuropsychopharmacology* 27: 412-421.
- Vermeij, G. J. 1982. Unsuccessful predation and evolution. *Amer. Natur.* 120: 701-720.
- Weltson, A., Pippa-Gadioli, L. e Koji-Narazaki, F. 2002. Neuromorphologic evidence for c-Fos-immunoreactive neurons in forebrain, diencephalon and brainstem structures involved in the elaboration of panic and fear in golden hamster after aggressive encounter with South American coral snake. *International Journal of Psychophysiology* 45: 156-157.





*Nyctimantis brunoii*  
Foto: Thiago Silva-Soares



# O QUE TEM NESSA BROMÉLIA?

## Uma Curiosa Abordagem Sobre Anuros Bromelígenos

Por Leticia Keiko Watanabe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Biológicas, Campus Goiabeiras, Av. Fernando Ferrari, Vitória, Espírito Santo, Brasil

Autor para correspondência: leticiawtb@gmail.com

### Resumo

Anfíbios da ordem Anura não possuem cauda e têm adaptações únicas que moldam seus hábitos de vida. Os anuros são informalmente conhecidos como sapos, rãs e pererecas, e cada um destes possui algumas singularidades que os diferenciam. Muitos anuros fazem uso de bromélias para forrageio, alimentação, reprodução e até refúgio, uma vez que seus fitotelmos formam microecossistemas complexos. Esses microecossistemas propõem desafios que habitantes e visitantes precisam enfrentar. Nas bromélias, fenômenos internos podem ser reguladores da vida ali presente, como forésia, canibalismo e predação. Entretanto, um trágico acontecimento também pode ocorrer: a extração e transporte ilegal de bromélias. Conhecer as interações entre bromélias e espécies associadas e as propriedades que emergem destas relações é uma condição *sine qua non* para que erros fatais sejam evitados. Precisamos conhecer para conservar!

Palavras-chave: Amphibia, Anura, Bromeliacea, microecossistema.

### Abstract

Amphibians of the Anuran order are known for their absence of a tail and for having unique adaptations that shape their lifestyle habits. Frogs are informally known as toads, frogs and tree frogs, and each of these has unique traits that distinguish them from one another. Many frogs use bromeliads for foraging, feeding, reproduction and even refuge, since their phytotelmum forms complex microecosystems. This micro ecosystem offers challenges that residents and visitors must face. In bromeliads, internal phenomena can regulate the living in phytotelms, such as phoresia, cannibalism and predation. However, a tragic event could also occur: illegal extraction and transport of bromeliads. Knowing the issues surrounding the natural history of bromeliads and associated species is a useful tool for preservation, since fatal errors could be avoided. We need to know it to preserve it!

Keywords: Amphibia, Anura, Bromeliacea, micro ecosystem.

### Anuros de bromélias

Alguma vez você, jovem cientista, estudante de biologia, ou entusiasta da área, já ouviu falar do termo “anuros bromelígenos”? Eu sei o que você está pensando e não, não tem nada a ver com alienígenas. Antes de esmiuçarmos juntos esse termo tão singular, vamos conversar um pouco sobre os anuros.

Resumidamente, Anura é uma ordem de Lissamphi-

bia composta por anfíbios sem cauda, com adaptações únicas como: esqueleto modificado para locomoção por saltos, vocalização e presença de amplexo na reprodução (Pough 1999). Dentro desse grupo, podemos informalmente classificá-los em subgrupos: sapos, rãs e pererecas. Os sapos são fisicamente mais robustos, possuem pele seca e rugosa e dão saltos pequenos; já as rãs possuem pele mais lisa e

úmida, geralmente são semi aquáticas e, por fim, as pererecas, que também possuem pele mais lisa, presença de discos adesivos nos dígitos e dão longos saltos (Pough 1999).

Existe uma grande plasticidade nos locais dos quais anfíbios anuros podem habitar. A essa característica damos o nome de “hábito de vida”. Portanto, os hábitos de vida dos anuros são os mais diversos, podendo ser: terrícolas, arborícolas, aquáticos, rupícolas, semi fossoriais, habitantes de bromélias, de serapilheira, de brejo, entre outros. A espécie *Phyllomedusa bahiana* é um ótimo exemplo de anuro arborícola. Seus membros são adaptados para esse hábito de vida e a presença de discos adesivos ajudam pererecas como a *P. bahiana* a se fixarem nos galhos das árvores. No caso de *Pipa carvalhoi*, uma espécie bastante característica do grupo informal "rãs", os membros posteriores são dotados de membranas interdigitais que os permitem funcionar como remos, sendo excelentes para locomoção em corpos d'água. Além disso, seu corpo achatado dorsoventralmente é uma característica bastante peculiar, que diferencia o gênero. *Thoropa miliaris* é um exemplo de espécie rupícola, visto que é encontrada habitando locais com pedras.

É importante salientar que, com algumas exceções, como aqueles do táxon Terrarana (Hanken et al. 1997), a maioria dos anuros possuem um desenvolvimento indireto. Isso significa, para o grupo, que há uma fase larval, chamada girino, muitíssimo diferente do adulto. Os girinos possuem brânquias e invariavelmente habitam poças, lagoas entre outros corpos d'água temporários ou permanentes. A maioria das espécies, ao perderem as características de vida aquática, como a cauda (em um processo chamado de metamorfose), saem desse habitat aquático para povoar os mais diversos estratos no ambiente, podendo retornar a esses locais aquáticos para a reprodução e oviposição. Os anfíbios no geral possuem inúmeros modos reprodutivos, bem mais que os outros vertebrados terrestres! Mais de 20 modos reprodutivos já foram registrados (HADDAD; PRADO, 2005).

Em um ambiente florestal, existem várias opções de nichos para um anuro habitar. Como dissemos anteriormente, os hábitos de vida são os mais diversos. Plantas da família Bromeliaceae, popularmente conhecidas como bromélias, são nativas de regiões tropicais e subtropicais do continente Americano (Ulloa

et al. 2017). Isso significa que dentro das florestas da América, anuros e diversos outros animais, devido à disponibilidade de habitats, competições e outros tipos de pressões seletivas do ambiente terrestre, puderam fazer uso de bromélias para reprodução, abrigo, oviposição e alimentação (Figura 1) (Peixoto 2013, Sabbagh et al. 2017). Porém, apenas algumas espécies de Bromeliaceae possuem a capacidade de armazenamento de água da chuva, sendo estas chamadas de bromélias fitotelmatas ou bromélias-tanque (Cogliatti-Carvalho et al. 2010). Espaços interfoliais denominados fitotelmos formam uma espécie de copo, que, com a ocorrência de chuvas, acumula água e matéria orgânica e forma um microecossistema um tanto quanto complexo! Um prato cheio, não é mesmo?! Não é à toa que invertebrados, anfíbios e até mesmo lagartos e serpentes fazem uso desses fitotelmos (Armbruster et al. 2002, Pertel et al. 2010, Schneider e Teixeira 2001, Silva et al. 2011, Souza 2021).

Sabendo agora que existem anuros que fazem uso de bromélias, podemos classificá-los em dois grupos diferentes (Peixoto 1995): os bromelícolas, que usam-nas eventualmente como refúgio, fonte de alimento e/ou sítios reprodutivos, como: *Dendropsophus haddadi*, *Scinax belloni*, *Scinax perpusillus*, *Scinax alter*, *Boana albomarginata*, *Nyctimantis brunoi*, entre outras espécies; e os bromelígenos, que fazem uso da bromélia durante todo o ciclo de vida e reprodução, como: *Gastrotheca fissipes*, *Phyllodytes luteolus*, *Dendropsophus bromeliaceus*, *Fritziana tonimi* e *Dendrophryniscus carvalhoi*. Essas espécies são especializadas e dependentes desse tipo de ambiente.

Agora que conhecemos um pouco das bromélias e seus habitantes, que tal aprofundarmos um pouco mais o assunto? Já pensou em como é a vida dentro de um tanque (outro nome para fitotelmo) de uma bromélia? A resposta é: vantajosa! Mas tem seus perigos. Vamos falar um pouco sobre a alimentação dos habitantes. A disponibilidade de invertebrados é bem grande. Diversos estudos de amostragem da entomofauna presente em bromélias trazem resultados semelhantes no que diz respeito à presença de cupins, formigas, besouros, larvas de borboleta e diversos outros artrópodes (Amadeo 2012, Amadeo 2017, Favretto 2011, SCHIMD et al., 2010). A abundância de insetos torna esses tanques um verdadeiro banquete para vertebrados insetívoros. Quanto ao ciclo de vida, vimos que há diferença entre bromelícolas e brome-

lígenos, mas para ambos, e especialmente para bromelígenos, há uma cuidadosa seleção de bromélias, levando em conta sua organografia, taxa de condução de água e presença ou não de outras espécies ou co-específicos (indivíduos da mesma espécie). No caso da espécie *Phyllodytes luteolus*, os fatores que são levados em consideração para a seleção de bromélias são: número de axilas, volume de água e biomassa (Ferreira et al. 2012; Teixeira et al. 1997).

Uma interação muito interessante que pode ocorrer em fitotelmos de bromélias é a forésia, na qual microrganismos aquáticos e/ou invertebrados se dispersam passivamente ao serem carregados por outros animais (Lopez et al. 2005). Essa relação foi registrada na literatura diversas vezes ocorrendo com anfíbios anuros transportando microrganismos (Araújo et al. 2019, Araújo et al. 2020, Moroti et al. 2019)

Quando chega a hora da reprodução, machos de anuros vocalizam em cima das folhas das bromélias a fim de atrair fêmeas dispostas a se envolverem através do amplexo (abraço nupcial) (Duellman e Trueb 1994). As fêmeas são seletivas! Elas podem inspecionar a bromélia antes de decidir se vão ou não entrar em amplexo. Caso a fêmea aceite o convite, a reprodução pode dar início e após algum tempo (pode durar poucos minutos, até horas) ocorre a oviposição. E assim, um único ovo ou vários ovos são postos nos fitotelmos. Sabemos que os girinos dessas espécies são aquáticos, certo? Pois então, o local ideal para todo o seu desenvolvimento após a eclosão dos ovos já está pronto!

Lembram que anteriormente foi mencionado que há perigos iminentes nas bromélias? Você já pode imaginar alguns desses. Vamos pensar juntos... um fitotelmo com a temperatura adequada, cheio de água e comida, além de ser um abrigo excelente durante o dia, com certeza causaria uma grande competição. Pois bem! Além de espécies diferentes competindo (competição interespecífica) por um lugar ao sol, ou melhor à bromélia, há competições entre indivíduos da mesma espécie (competição intraespecífica) e até canibalismo entre os girinos, uma vez que os fitotelmos não são tão grandes assim e os recursos acabam sendo limitados. Além disso, animais habitantes dos arredores, como répteis e pequenos mamíferos, se

alimentam dos habitantes das bromélias. Porém, as ameaças podem ser mais internas do que propriamente externas: aracnídeos e larvas de libélulas que habitam fitotelmos ou folhas de bromélias podem se alimentar de girinos e ovos; além disso, os recursos podem se tornar limitantes e doenças podem ser facilmente espalhadas entre os habitantes de bromélias (Bilton et al. 2001, Ferreira et al. 2012).

Até aqui o foco tem sido os habitantes das bromélias. Mas entendemos que é importante falarmos sobre um tópico em específico da história natural de bromélias: as espécies invasoras. Você sabia que bromélias são alvos de venda e plantação em diversas regiões? Essa comercialização é devido ao fato de serem usadas para ornamentação e decoração, afinal elas são de fato plantas muito bonitas e que abrilhantam o ambiente onde estão. Qual é, então, a problemática disso? Algumas dessas bromélias são ilegalmente roubadas de unidades de conservação (as famosas UCs) ou áreas de proteção ambiental (APAs) e posteriormente vendidas como mercadoria legal. Além desse problema, que já é enorme, pode acontecer de haver animais morando dentro dos fitotelmos dessas bromélias retiradas indevidamente da natureza. Essas espécies quando saem de seu habitat de origem e são introduzidas em outras áreas, podem se estabelecer e se tornarem invasoras. Isso porque no novo habitat não encontram barreiras ecológicas que limitem seu desenvolvimento, como predadores naturais e/ou competidores (Salles e Silva-Soares 2010). Esse fato gera um desequilíbrio ambiental catastrófico para o ecossistema local, pois a reprodução desenfreada cria superpopulações invasoras, gera dizimação de espécies naturais, atrai pragas e pode aumentar o risco de proliferação de doenças.

Dessa forma, é importante conhecermos tais problemáticas e entendermos a história natural das espécies, tanto animais quanto vegetais, para evitarmos prejuízos aos ecossistemas, os quais muitas vezes podem ser irremediáveis. Da próxima vez que encontrar uma bromélia, procure por anfíbios e demais animais, mas não interfira, aprecie a beleza dessa interação sem tirar nem pôr e de forma alguma arranque-a e plante-a em outra região.

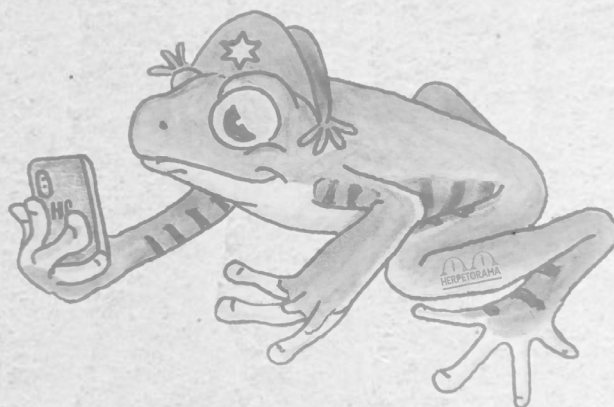


**Figura 1.** Anuros de diferentes espécies fazendo uso de bromélias. Fotografias: Leticia Watanabe.

## Referências

- Amadeo, Felipe Emiliano. Estrutura da comunidade de insetos (Arthropoda: Insecta) associados à *Aechmea distichantha* Lem.(Bromeliaceae). 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.
- Amadeo, F. E., Dias, J. D., Segovia, B. T., Simões, N. R., & Lansac-Tôha, F. A. Effects of bromeliad flowering event on the community structuring of aquatic insect larvae associated with phytotelmata of *Aechmea distichantha* Lem.(Bromeliaceae). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 29, 2017.
- Araújo, A. P., Bastos, C. M., Santos, R. V. I., Moura, G. J. B., Melo-Junior, M., & Tinoco, M. S. Novel records of phoresy among microcrustaceans and bromeliad treefrogs in the Atlantic Rainforest of Northeast Brazil. *Herpetology Notes*, v. 12, p. 531–535, 2019.
- de Araújo, A. P., Marques, A. H. C., Dantas, A. P., de Melo Junior, M., de Moura, G. J. B., & Tinoco, M. S. Assisted phoresy of invertebrates by anurans in tank bromeliads: interspecific relationship. *Aquatic Sciences*, v. 82, n. 3, p. 1–11, 2020.
- Armbruster, P., Hutchinson, R. A., & Cotgreave, P. Factors influencing community structure in a South American tank bromeliad fauna. *Oikos*, v. 96, n. 2, p. 225–234, 2002.
- Bilton, D.T.; Freeland, J.R. & Okamura, B. Dispersal in freshwater invertebrates. *Annual review of ecology and systematics*, v. 32, n. 1, p. 159–181, 2001.
- Cogliatti-Carvalho, L., Rocha-Pessôa, T.C., Nunes-Freitas, A.F., & Rocha, C.F.D. Volume of water stored in the bromeliad tank, in remnants of the Brazilian coast. *Acta Botanica Brasilica*, v. 24, p. 84–95, 2010.
- Duellman, W. E. & Trueb, L. *Biology of Amphibians*. Baltimore. Ed. Johns Hopkins, 1994.
- Favretto, M. A., Hoeltgebaum, M. P., Lingnau, R., & D'Agostini, F. M. Entomofauna em Duas Espécies de Bromélias no Oeste de Santa Catarina, Brasil. *EntomoBrasilis*, v. 4, n. 1, p. 10-12, 2011.
- Ferreira, R. B., Schineider, J. A. P. & Teixeira, R. L. Diet, fecundity, and use of bromeliads by *Phyllodytes luteolus* (Anura: Hylidae) in southeastern Brazil. *Journal of Herpetology* 46: 19–24, 2012.
- Haddad, C. F. B. & Prado, C. P. A. Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *BioScience* 55: 207–217, 2005.
- Hanken, J., Jennings, D. H. & Olsson, L. Mechanistic basis of life-history evolution in anuran amphibians: direct development. *American Zoologist* 37: 160–171, 1997.
- Lopez, L. C. S., Filizola, B., Deiss, I., & Rios, R. I. Phoretic behaviour of bromeliad annelids (Dero) and ostracods (Elpidium) using frogs and lizards as dispersal vectors. *Hydrobiologia*, v. 549, n. 1, p. 15–22, 2005.
- de Toledo Moroti, M., Muscat, E., Pedrozo, M., Machado, I. F., Sabagh, L. T., & Santana, D. J. Interaction between ostracods and anurans: a review and new records in Brazil. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, v. 18, n. 2, p. 269–275, 2019.
- Peixoto, O. L. Anuran association to bromeliads in the Atlantic Forest. *Revista Universidade Rural, Série Ciências Da Vida* 17: 75–83, 1995.
- Peixoto, O. L. Associação de anuros a bromeliáceas na Mata Atlântica. *Revista de Ciências da Vida* 17: 75–83, 2013.
- Pertel, W., Teixeira, R. L. & Ferreira, R. B. Comparison of diet and use of bromeliads between a bromeliculous and a bromeligenous anuran at an inselberg in the southeastern of Brazil. *Caldasia* 32: 149–159, 2010.
- Pough, F. H.; Heiser, J. B.; McFarland, W. N. *A Vida dos Vertebrados*. Segunda Edição. 1999.
- Projeto Bromeligenous. Página inicial. Disponível em: <<https://bromeligenous.weebly.com/bromeligenous.html/>>. Acesso em: 24 de jun. de 2021.
- Sabagh, L. T., Ferreira, R. B. & Rocha, C. F. D. Host bromeliads and their associated frog species: further con-

- siderations on the importance of species interactions for conservation. *Symbiosis* 73: 201–211, 2017.
- Salles, R. O. L. e Silva-Soares, T. *Phyllodytes luteolus* (Anura, Hylidae) as an alien species in the Rio de Janeiro municipality, state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil. *Herpetology Notes* 3: 257–258, 2010.
- Schineider, J. A. P. e Teixeira, R. L. Relacionamento entre anfíbios anuros e bromélias da restinga de Regência, Linhares, Espírito Santo, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia* 91: 41–48, 2001.
- Silva, H. R., Carvalho, A. L. G. e Bittencourt-Silva, G. B. Selecting a hiding place: anuran diversity and the use of bromeliads in a threatened coastal sand dune habitat in Brazil. *Biotropica* 43: 218–227, 2011.
- Souza, U. F., de Araújo, A. P., da Fonsêca, A. G. M. M., & Dubeux, M. J. M. Records of bromeliculous habit in three species of *Rhinella* Fitzinger, 1826 (Anura: Bufonidae) in the northern Atlantic Forest. *Herpetology Notes*, v. 14, p. 903-906, 2021.
- Teixeira, R. L., Zamprogno, C., Almeida, G. I., & Schineider, J. A. P. Ecological topics of *Phyllodytes luteolus* (Amphibia, Hylidae) in a sandy coastal plain of Sao Mateus, Espirito Santo State. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 57, n. 4, p. 647-654, 1997.
- Ulloa, C. U., Acevedo-Rodríguez, P., Beck, S., Belgrano, M. J., Bernal, R., Berry, P. E., ... & Jørgensen, P. M. An integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science*, v. 358, n. 6370, p. 1614-1617, 2017.





# A HERPETOLOGIA NA CONSULTORIA AMBIENTAL

Renato Augusto Junqueira Gaiga<sup>1</sup> & Gustavo Lara Canella<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Biotropica Consultoria Ambiental Ltda, Avenida Santo Antônio, nº 571. Jd. Cascatinha, Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil.

<sup>2</sup> Licenciatar Consultoria Ambiental Ltda, Rua José Luiz de Freitas, nº 397, Centro, Torres, Rio Grande do Sul, Brasil

Autores para correspondência:

renato.gaig@biotropicaconsultoria.com.br

gustavo@licenciarconsultoria.com.br

Leia ou clique no código para assistir a palestra desse capítulo na Herpetorama!



## Resumo

O presente capítulo visa contextualizar a herpetologia em relação ao Licenciamento Ambiental no Brasil. Inicialmente, explana-se sobre as três etapas necessárias ao licenciamento (Licença Prévia – LP, Licença de Instalação – LI e Licença de Operação – LO), a quais foram constitucionalizadas através da Política Nacional do Meio Ambiente. Em seguida, são expostos os principais tipos de estudos relacionados à fauna e comumente exigidos nos processos de licenciamento ambiental, entre os quais os estudos da herpetofauna. Muitos desses estudos são previstos em Lei ou ainda são condicionantes de licenças ambientais. Neste sentido, por fim, ressalta-se a importância do profissional se qualificar tanto tecnicamente para a execução de estudo herpetológico quanto para se aderir ao mercado de trabalho.

## Abstract

The current chapter aims to put herpetology in the context of the Environmental License obtainment in Brazil, which was constitutionalized through Environmental National Policy. Initially, we explained about the three main parts of the license (Preview License – PL, Installation License – IL, and Operation License – OL), which are detailed in CONAMA. Then, we exposed the most commonly types of studies related to fauna demanded in the processes of Environmental License, and among them, herpetofauna is involved. These assignments are lawfully demanded by Environmental Organs, according to licenses conditional. In this sense, at last, we highlight the importance of the professional's qualification for both the execution of herpetologic study and its insertion in the labor market.



**Figura 1.** Soltura de espécimes de herpetofauna registradas durante um resgate de fauna, nas áreas de influência da UHE Tele Pires, Paranaíta, Mato Grosso. Foto: Renato Gaiga.



O licenciamento ambiental foi introduzido no Brasil com a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, em 1981. É um instrumento utilizado com o objetivo de exercer controle prévio e de realizar o acompanhamento de atividades que utilizem recursos naturais e que, eventualmente, possam vir a ser poluidoras ou causadoras de degradação do meio ambiente.

Por meio dele, a administração pública busca exercer o controle necessário sobre as atividades humanas que interferem nas condições ambientais. É um importante instrumento de gestão da Política Nacional de Meio Ambiente, sendo que, define-se basicamente como um processo administrativo que resulta, ou não, na emissão de uma licença ambiental.

No Brasil, o licenciamento ambiental engloba três principais tipos de licença (Licença Prévia – LP, Licença de Instalação – LI e Licença de Operação – LO) que abrangem desde o planejamento até a execução da atividade, englobando aspectos multidisciplinares tais como: meio físico, meio biótico, meio social, meio econômico, entre outros.

A Licença Prévia (LP) deve ser solicitada na fase preliminar do planejamento da atividade. É ela que atestará a viabilidade ambiental do empreendimento, sua localização e concepção e, definirá as medidas miti-

gadoras e compensatórias dos impactos negativos do projeto, bem como as medidas potencializadoras dos impactos positivos. Sua finalidade é definir as condições com as quais o projeto torna-se compatível com a preservação do meio ambiente.

A Licença de Instalação (LI) é concedida após o cumprimento das condicionantes da LP, que autoriza o empreendedor a iniciar as obras de instalação do empreendimento. A emissão da LI é uma confirmação do órgão ambiental para com o empreendedor que as especificações constantes dos planos, programas e projetos ambientais apresentados atendem aos padrões de qualidade ambiental estabelecidos em normas ambientais vigentes.

A Licença de Operação (LO) autoriza o funcionamento do empreendimento, aprovando a forma proposta de convívio da atividade econômica com o meio ambiente e estabelecendo condicionantes para a continuidade da operação.

A licença não tem caráter definitivo, dessa forma, a mesma deverá ser sujeita à renovação, com condicionantes incidentes, cujo cumprimento é obrigatório, sob pena de suspensão, cancelamento ou indeferimento da operação.



**Figura 2.** Surucucu ou pico-de-jaca (*Lachesis muta*) registrada em monitoramento de fauna nas áreas da UHE Belo Monte, Altamira, Pará. Foto: Renato Gaiga.



**Figura 3.** Revisão de pitfalls durante um monitoramento de fauna na duplicação da BR116, em Miracatu-SP. Foto: Renato Gaiga.

Como política pública, o licenciamento ambiental é um instrumento de comando e controle que visa promover o desenvolvimento econômico, mantendo a qualidade do meio ambiente com o objetivo final de promover o desenvolvimento sustentável.

Deve, ainda, estar apoiado por outros instrumentos de planejamento de políticas ambientais como a avaliação ambiental estratégica; avaliação ambiental integrada; bem como por outros instrumentos de gestão – zoneamento ecológico econômico, planos diretores, planos ambientais, planos de manejo de unidades de conservação, planos de bacia, etc.

O licenciamento é um poderoso mecanismo para incentivar o diálogo setorial, rompendo com a tendência de ações corretivas e individualizadas ao adotar uma postura preventiva, com os diferentes usuários dos recursos naturais. Neste momento são estabelecidos quais os eventuais impactos que cada uma das atividades pode vir a causar e consecutivamente quais medidas devem ser adotadas para que estes impactos possam ser eliminados ou ao menos minimizados.

Para que o Licenciamento Ambiental realmente seja efetivo, as medidas de proteção ambiental elencadas na fase prévia de avaliação de impactos devem ser de-

finitivamente incorporadas ao planejamento daquelas atividades que utilizarão os recursos naturais.

Um dos itens presentes na complexa multidisciplinaridade do processo de Licenciamento Ambiental são os programas inerentes à fauna, onde os três principais estudos são: os inventários, os monitoramentos e os afugentamentos e resgates de fauna.

O inventário ou levantamento de fauna são executados levando em consideração métodos específicos e tem como principal objetivo diagnosticar a diversidade de espécies de fauna ocorrentes em uma determinada área de estudo relacionando estes dados com a sazonalidade e com características ambientais da área inventariada. Além disso, o inventário de fauna traz condições de observar interações ecológicas entre as espécies, avaliar o estado de conservação das mesmas e prever os possíveis impactos negativos provindos da futura instalação da obra em processo de licenciamento ambiental. Com estes impactos previstos, são propostas as medidas de controle para mitigar as alterações prejudiciais à área que será afetada. Os dados primários gerados pelos inventários compõem uma das ferramentas mais importantes na tomada de decisões a respeito do manejo de áreas naturais.



**Figura 6.** Periquitamboa (*Corallus batesii*) registrada no monitoramento de fauna da UHE-Jirau, em Porto Velho-RO. Foto: Renato Gaiga.

Outro estudo relativo à fauna presente no processo de Licenciamento Ambiental refere-se ao monitoramento de fauna, o qual tem como principal objetivo, determinar quais impactos podem ser causados pela instalação e/ou operação de determinado empreendimento ou atividade sobre as faunas silvestres local e regional e as demais comunidades biológicas adjacentes.

O período em que o monitoramento de fauna deve ser realizado também é definido pelo órgão ambiental, contudo, geralmente é realizado durante a instalação e nos primeiros anos de operação de determinado empreendimento.

Ainda, relacionado aos estudos de fauna exigidos nos processos de licenciamento ambiental, temos o afugentamento e resgate de fauna, o qual consiste em promover o afugentamento das espécies com maior potencial de mobilidade, como grandes mamíferos e aves, e o resgate e realocação de animais que não conseguem se deslocar por grandes distâncias e curtos espaços de tempo, como anfíbios e pequenos répteis, que eventualmente possam vir a sofrer impactos diretos com a instalação e/ou operação de empreendimentos. O resgate de fauna é executado principalmente nos momentos de supressão de vegetação nativa, aterramento de grandes áreas e no momento do

enchimento de reservatórios e barragens.

Todos estes trabalhos/estudos faunísticos são realizados por equipes de biólogos e regidos por legislações específicas e, muitas vezes, a própria licença ambiental inerente aos trabalhos define a forma e os métodos com que os mesmos devem ser feitos.

Entretanto, a Instrução Normativa 146, de 10 de janeiro de 2007, é o principal instrumento para a execução de trabalhos com fauna, a mesma tem por objetivo: “Estabelecer os critérios para procedimentos relativos ao manejo de fauna silvestre (levantamento, monitoramento, salvamento, resgate e destinação) em áreas de influência de empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de impactos à fauna sujeitas ao licenciamento ambiental, como definido pela lei nº 6938/81 e pelas resoluções CONAMA nº 001/86 e nº 237/97”.

Dentro de todos os programas ambientais ligados à fauna e exigidos nas etapas do licenciamento ambiental, o grupo da herpetofauna é sempre objeto de estudo. Os órgãos ambientais solicitam que dados primários de riqueza e abundância de anfíbios e répteis sejam levantados em campo para as áreas de influência que serão afetadas pelos empreendimentos licen-



**Figura 4.** Salamandra (*Bolitoglossa madeira*) registrada durante o monitoramento de fauna da UHE-Jirau, em Porto Velho-RO.

ciáveis. E nos resgates de fauna, estes são os animais que mais aparecem nas frentes de supressão vegetal.

Desta forma é de suma importância que biólogos herpetólogos atuem neste mercado que movimenta bilhões de reais em investimentos todos os anos. Para que o herpetólogo entre neste mercado ele precisa entender que não é enviando currículos pela internet que ele será chamado para um trabalho. Essa prática é como jogar na loteria. Pode funcionar, mas é contar com a sorte grande.

Além disso, o maior mito desta área é que as empresas só contratam quem já tem experiência. Balela... É intuitivo a gente pensar que um trabalho que envolve tanta prática, exige muita experiência para ser executado. Precisamos sempre lembrar que ninguém nasce com experiência e que a falta dela é apenas um momento profissional e não um estado final.

Nunca destaque a sua falta de experiência e sim, "de-

monstre" que você detém o conhecimento necessário para resolver o problema da empresa. E neste momento, não deixe a sua insegurança jogar contra você. Por isso, a capacitação profissional é fundamental para dar alicerce para o seu conhecimento. E capacitação profissional não é apenas ter seus documentos em mãos e dominar o trabalho de campo, o manuseio de fauna, a identificação de espécies e a escrita de relatórios. Você precisa saber construir posicionamento, presença digital, saber onde e como prospectar clientes, dominar a arte da venda e da comunicação. Esse é o conhecimento que somado à habilidade técnica, fazem você trabalhar com herpetofauna de forma remunerada dentro da consultoria ambiental.

Caso você tenha se interessado pela área da consultoria ambiental e sonha em trabalhar com fauna de forma remunerada, aliando conservação ambiental com sua fonte de renda, acompanhe o trabalho da Biotropica nas redes sociais.



**Figura 5.** Jararaca-verde (*Bothrops bilineatus bilineatus*), registrada durante um programa de TV para divulgação científica, em Wenceslau Guimarães-BA. Foto: Renato Gaiga.

## Referências

- BRASIL. Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981;
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 01, de 08/03/1990;
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre o licenciamento ambiental;
- BRASIL. IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa nº 146 de 10 de janeiro de 2017. (D.O.U. 11/01/2007);



# A DIFUSÃO CIENTÍFICA E A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE EM TEMPOS DE PANDEMIA: UMA PERSPECTIVA A PARTIR DA HERPETOLOGIA

Rodrigo Giesta Figueiredo<sup>1,2,3</sup>, Beatriz Brito<sup>3</sup>, Beatriz Morais<sup>4</sup>, Cláudio Machado<sup>5</sup> & Thiago Silva-Soares<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Biologia, Alegre, Espírito Santo, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Museu de História Natural do Sul do Estado do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, Espírito Santo, Brasil.

<sup>3</sup>Instituto Biodiversidade Neotropical, Nova Guarapari, Guarapari, Espírito Santo, Brasil.

<sup>4</sup>Bio Educação Digital, Olinda, Pernambuco, Brasil.

<sup>5</sup>Instituto Vital Brazil, Divisão de Herpetologia, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.

Autor para correspondência: [rodrigo.figueiredo@ufes.br](mailto:rodrigo.figueiredo@ufes.br)

Leia ou clique no código para assistir a palestra desse capítulo na Herpetorama!



## Resumo

A difusão e popularização da ciência é um dos principais objetivos dos cientistas comprometidos com uma transformação verdadeira da sociedade e com a busca pela preservação da biodiversidade frente às emergências climáticas. A luta contra as ideias negacionistas se intensificou no Brasil, especialmente após as mudanças sociais decorrentes da pandemia do novo coronavírus, que forçaram uma participação maior de pesquisadores em ambientes virtuais e redes sociais. A organização da Herpetorama, maior evento brasileiro online na área de herpetologia, permitiu a reunião de pesquisadores atuantes na divulgação dessa ciência através da internet. Apresentamos aqui as perspectivas desses cientistas.

## Abstract

The dissemination and popularization of science is one of the main objectives of scientists committed to a real transformation of society and the search for the preservation of biodiversity in the face of climate emergencies. The fight against denialist ideas has intensified in Brazil, especially after the social changes resulting from the new coronavirus pandemic, which forced a greater participation of researchers in virtual environments and social networks. The organization of Herpetorama, the largest online event in Brazil in herpetology, allowed for the gathering of researchers active in the dissemination of this science through the internet. We present here the perspectives of these scientists.

## Introdução

A difusão da ciência na sociedade e o fortalecimento de uma cultura científica tem ganhado um espaço cada vez maior nas agendas de pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento, especialmente em face do crescimento do negacionismo científico observado nos últimos anos (Vilela & Selles 2020). A negação da existência de uma emergência climática talvez seja o maior expoente desse

fenômeno, quando questões ligadas ao aquecimento global e às mudanças climáticas do planeta são apresentadas ao grande público como farsas e conspirações (Miguel 2020, Caruso e Marques 2021). Os impactos dessas mudanças serão sentidos em diversas escalas – individuais, populacionais, e ecossistêmicas – causando perdas significativas de biodiversidade (Bellard et al. 2012).

As consequências do negacionismo foram, no entanto, observadas de modo mais agudo e imediato durante a pandemia do novo coronavírus (SARS-CoV-2), responsável pela Síndrome Respiratória Aguda Grave (COVID-19). Esse processo se deu quando o aumento das notícias falsas disseminadas pela internet pautou o debate na sociedade sobre vacinação e prevenção da contaminação pelo novo coronavírus, passando inclusive a ser observado em discursos oficiais de órgãos governamentais e influenciando diretamente nas políticas públicas de saúde no Brasil (Marques & Raimundo 2021).

A propagação de notícias falsas na internet ganha força na forma em como a comunicação entre as pessoas foi profundamente reorganizada pela pandemia da COVID-19. As relações pessoais e profissionais durante os períodos de quarentena observados ao longo dos anos de 2020 e 2021 passaram a ser focadas majoritariamente nos espaços virtuais. A comunicação entre cientistas e dos cientistas com a sociedade também segue essa tendência, com a realização de diversos eventos online e o uso intenso de redes sociais, popularizando ações como as

lives realizadas através de redes sociais como o Facebook, Instagram e YouTube (Costa et al. 2021).

Nesse contexto foram realizados a II e III Herpetorama, congressos virtuais de herpetologia realizados nos anos de 2020 e 2021, respectivamente. Idealizados originalmente sobre o formato híbrido, esses eventos se tornaram um espaço virtual importante a nível nacional para congregar pesquisadores, estudantes e entusiastas dos répteis e anfíbios durante o período de quarentena. Durante a segunda edição da Herpetorama foi a mesa-redonda sobre “Conservação e Difusão Científica Online”, um espaço para que diferentes grupos de pesquisa que trabalham ativamente com divulgação científica pudessem debater sobre os desafios encontrados ao longo do período de distanciamento social, buscando soluções e propondo ideias para o enfrentamento das dificuldades associadas à nova realidade que estava posta naquele momento. Apresentamos a perspectiva de três projetos de divulgação e difusão científica na área da herpetologia sobre suas origens e atividades desenvolvidas durante os momentos iniciais da pandemia da COVID-19.

## BIO EDUCAÇÃO DIGITAL

Somos uma equipe de 25 cientistas totalmente apaixonados pela ciência. Acreditamos que a ciência é muito mais do que fazer pesquisas e desenvolver novas tecnologias, há por trás dela, todo fator humano envolvido e as pessoas que vão ser impactadas direta ou indiretamente. Por isso, não só a nossa ciência, mas também a nossa divulgação científica é sempre feita do jeito mais empática, criativa e acessível.

A Bio Educação Digital (Bio E.D.) foi fundada em abril de 2017, em Olinda, Pernambuco, por Beatriz Morais, graduanda do curso de bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Tudo começou com o sonho de impactar a vida dos estudantes, procurando mostrar-lhes a infinidade de áreas e formas de atuação que existia nas Ciências Biológicas, buscando, principalmente, estabelecer conexões entre estudantes e grandes profissionais na área e, com o objetivo de lhes inspirar a tornar a biologia mais desejada e mais respeitada. Porém, logo percebemos que poderíamos ir além, quando o nosso blog “Biologia

para Biólogos” chegou a mais de 130 países em seu primeiro ano e nossos eventos (Congresso Online Nacional de Biologia - CONABio, Congresso Online Nacional de Animais Silvestres- CONAAS, Congresso Online de Botânica- COB e Congresso Online Nacional de Zootecnia - CONAZoo) chegou a mais de 50 mil alunos em vários países. Isso, no entanto, são mais do que números, por trás desses números temos pessoas, histórias e impacto social.

A pandemia chegou e mais do que nunca percebemos o quanto que nosso trabalho seria importante, não só para que mais pessoas se informassem quanto à ciência e quanto às formas de se proteger, mas também para gerar oportunidades de trabalho para cientistas. Foi quando decidimos não só fazer divulgação científica, mas também ensinar outros profissionais a também viver disso, e assim nasceu o curso “Você Divulgador”, e diversos dos nossos novos conteúdos. Mas não só isso... Nesse momento, mais do que em qualquer outro da nossa história percebemos o quanto que precisávamos ser mais



humanos. Não só produzimos conteúdos, cursos, congressos, ebooks, mas buscamos de fato acolher cada um dos nossos alunos e seguidores. Abrimos oportunidades para fazer parte da equipe, e assim a família cresceu. Orientamos e vimos cada um também trilhar seu próprio caminho. Não acreditamos em ciência sem amor, não acreditamos em ciência sem seres humanos com sentimentos, e é por isso que trabalhamos todos os dias.

### *Como pensamos a divulgação científica*

Sabe aquela velha frase “Só conseguimos amar aquilo que conhecemos”? Não tem como esperarmos da sociedade valorização da ciência se não amamos o que fazemos e se não tentamos aproximar as pessoas da ciência. Uma sociedade que não entende a importância da ciência, que não consegue ver ciência em todos os lugares ao seu redor e que teme a ciência, nunca será uma sociedade que cobra políticas públicas de incentivo à ciência e tecnologia, nunca será uma sociedade onde a educação vem em primeiro lugar. Acreditamos que está em nossas mãos “transmitir a palavra da ciência” para o maior número de pessoas possíveis.

Se você que está lendo esse texto, e é cientista, convide-o a refletir: por que você decidiu se tornar cientista? Eu me pergunto isso todos os dias para me lembrar do meu maior propósito. Eu decidi ser cientista porque eu sempre acreditei que eu poderia mudar o mundo. Que eu poderia encontrar cura para doenças, novas soluções para problemas reais da humanidade,

levar alimentação e educação para mais pessoas. Eu me tornei cientista porque eu acredito nas pessoas, acredito em um mundo melhor e acredito, fortemente, que está nas nossas mãos essa missão.

Quando penso em todo esse meu propósito percebo o porquê é tão importante um cientista falar sobre a ciência para outras pessoas, mais do que qualquer outro profissional o cientista vai ser o melhor comunicador da ciência por um simples e grande motivo: amor. Nós amamos a ciência e tudo que a envolve. Nós doamos nosso tempo, nosso suor e muitas vezes nosso sangue para fazer com que ela aconteça, constantemente educando e falando com o público, então ninguém melhor para inspirar novos cientistas do que nós. A divulgação científica não é, porém, somente uma forma de comunicar ciência, ela também é uma forma do cientista ser reconhecido, ter seu trabalho valorizado, expandido e, também, bem pago. Merecemos ser bem pagos pelo trabalho que fazemos e isso não é vergonha. Acreditamos que através da divulgação científica você pode abrir portas, pode se tornar um empreendedor na área e, também, ser chamado para mais oportunidades.

O Brasil tem uma longa história ao lado da divulgação científica: D. Pedro II já acreditava nela, mesmo que na época a ciência fosse de poucos. Hoje temos a oportunidade de expandi-la para todos os lugares do mundo. Para a cidade, para uma mesa de bar, para comunidades carentes, aldeias indígenas, ruas e praças. Podemos fazer ciência em todo o mundo, e de qualquer lugar desse mesmo mundo.

## **PAPO DE COBRA**

Um projeto de divulgação científica relacionado às serpentes foi desenvolvido por mim (Cláudio Machado), e se iniciou a três anos (2018), utilizando-se das redes sociais existentes. O projeto denominado “Papão de Cobra” objetiva levar informações sobre serpentes para um público leigo e iniciou-se através de vídeos curtos de 5 a 10 minutos no YouTube. Posteriormente, o projeto alcançou outras redes sociais como Instagram e Twitter.

Com experiência de 30 anos de profissão, iniciei meus estudos com serpentes na graduação em Ciências Biológicas na Universidade do Estado do Rio

de Janeiro, incluindo licenciatura e bacharelado. Posteriormente trabalhei como professor de biologia em colégios de nível médio e cursos de pré-vestibular, onde desenvolvi formatos específicos de aulas e material didático para os alunos.

O ensino de ciências, de uma forma geral, é normalmente o primeiro contato que uma pessoa tem com a divulgação científica, logo nos seus primeiros anos de estudo. Desta forma, foi atuando como professor que comecei a desenvolver uma linguagem mais direta familiarizando os alunos com os conceitos mais amplos da ciência. Mas meu foco na divulga-

ção científica com serpentes, iniciou-se a partir de minha entrada como funcionário no Instituto Vital Brazil (IVB), uma das instituições oficiais de produção de soro antiofídico no Brasil.

No IVB, minha atuação principal era o trabalho no serpentário com o manejo e extração de veneno das serpentes. Paralelamente, participava da elaboração e execução de treinamentos presenciais de equipes de saúde pública dos diversos municípios do Estado do Rio de Janeiro através de cursos e palestras sobre animais peçonhentos. Esses treinamentos certamente foram o embrião do que no futuro seria o projeto Papo de Cobra, mas ainda sentindo a necessidade de um aprofundamento teórico nessa temática.

Foi pensando nesse aprofundamento que ingressei no mestrado de Informação e Comunicação em Saúde, realizado na Fundação Oswaldo Cruz. Certamente a realização desse curso me forneceu ferramentas essenciais para iniciar a divulgação científica nas redes sociais. Porém, o início das minhas atividades de divulgação científica ainda precisou aguardar uns anos, pois na sequência do mestrado emendei no doutorado de Medicina Tropical. Mesmo não tendo ligação direta com a divulgação científica, o doutorado, que objetivava o estudo da epidemiologia dos acidentes ofídicos no estado do Rio de Janeiro, fez com que eu entrasse em contato com dezenas de acidentados por serpentes, internados em hospitais. Em paralelo às minhas atividades de coleta de informações epidemiológicas, tive a oportunidade de conversar com os acidentados, conhecer suas histórias, e suas crenças e conhecimentos sobre serpentes e sobre o que ocorreu no momento do acidente que o levou a ser internado naquele hospital.

Essas conversas em muito me enriqueceram no aprendizado de vários aspectos relacionados à interação homem-serpente. Por exemplo, tive a oportunidade de aprender os nomes vulgares dados às serpentes e perceber a variedade regional existente. Verdadeiras aulas de Etnobiologia com aqueles que primariamente lidam com o problema do ofidismo no nosso país. Os conhecimentos populares sobre métodos para identificação de se uma determinada serpente era peçonhenta ou não; o conhecimento sobre as ações desenvolvidas pela população em caso de acidente e suas formas de prevenção também foram pontos de importante aprendizado.

Com o término do doutorado, efetivamente foi iniciado o projeto “Papo de Cobra” com a criação de um canal no Youtube. Após alguns meses o projeto se estendeu para o Instagram com postagens sobre diversas espécies de serpentes e dicas de prevenção de acidentes ofídicos. Nessas postagens sempre existiu a preocupação com uma linguagem acessível para todos e, caso houvesse a necessidade da apresentação de algum termo técnico, este era previamente explicado de forma mais simples possível.

A sequência do projeto foi a criação de uma conta no Twitter, onde o foco principal era um maior contato com o público. Através do Twitter, os seguidores tiveram um espaço para o envio de fotos e vídeos, onde era solicitada a identificação de serpentes encontradas nas casas e quaisquer outras atividades realizadas pelos seguidores (e.g. trilhas, acampamento, trabalhos de campo, expedições, etc.). A maior parte das consultas não objetivava saber a identificação dos animais a nível de espécie, mas apenas se tal animal teria ou não importância médica em caso de acidente. A relevância e alcance no Twitter, fez com que a própria plataforma concedesse ao projeto o selo de “verificado” (selo azul), dando ainda mais credibilidade e confiabilidade às informações veiculadas. O público-alvo, que era majoritariamente composto por leigos, aos poucos foi se diferenciando com um aumento gradual no número de profissionais ou estudantes da área. Então biólogos, médicos veterinários, enfermeiros e médicos foram se agregando ao público, diversificando mais os interesses. Desta forma, começou a aumentar uma busca por temas mais complexos. Somente os conceitos básicos e a identificação simples já não atendiam a esse novo público que surgia. Agora as demandas eram por artigos científicos, chaves de classificação e um material mais complexo direcionados para um público de profissionais de áreas específicas. O crescimento desse “novo público” conduziu a ampliação da área de divulgação científica. Agora com a necessidade de material mais complexo como artigos científicos, houve a necessidade de se criar um website, reunindo um material mais aprofundado.

O site do Papo de Cobra ([www.papodecobra.com.br](http://www.papodecobra.com.br)) se juntou aos demais espaços de divulgação científica, trazendo informações sobre outros animais peçonhentos; lista de hospitais credenciados pelo Ministério da Saúde, onde há disponibilidade de soro; publicações científicas, informações da li-

teratura disponível sobre animais peçonhentos; compilados de guias e manuais sobre animais peçonhentos disponíveis na internet, assim como links para programas de televisão e matérias sobre o projeto publicados na imprensa.

Uma outra vertente do projeto são as associações com projetos semelhantes. A participação de outros canais ou outros perfis dentro do Papo de Cobra é sempre incentivada e já foram realizadas ações com áreas afins como paleontologia, ecologia, etimolo-

gia científica, ciência para crianças etc. A participação de pesquisadores brasileiros é outra área que não foi esquecida no projeto. Entrevistas com profissionais que são referência nas suas áreas, assim como participações em mesas-redondas, também foram incluídas e reúnem um grande público nesses eventos. A próxima meta do projeto é o desenvolvimento de cursos online sobre animais peçonhentos para públicos específicos, podendo, desta forma, atender as necessidades reais da população.

## HERPETO CAPIXABA

O Herpeto Capixaba (HC) foi fundado em 2017 a partir do projeto intitulado “Estado da Arte da Herpetologia no Espírito Santo: desbravando da diversidade às adversidades” e buscou desde o seu início implementar um plano de atuação baseado em três principais pilares: I) a produção científica, fundamental para conhecermos a herpetofauna brasileira e identificarmos ameaças e limitações para sua conservação; II) a formação de jovens pesquisadores, peças-chave para a transformação do atual cenário adverso que ameaça répteis e anfíbios; e III) a difusão da ciência para a sociedade, de modo a despertar o interesse pelas práticas científicas e conscientizar a população sobre sua importância (Graciano et al. 2020).

As ações de difusão da ciência realizadas pelo Herpeto Capixaba que antecedem a pandemia do novo Coronavírus e, que foram mantidas e ampliadas após o seu início, incluem a produção de textos de divulgação científica, apresentados na coluna “Herpeto Notícias”, e a manutenção de uma coletânea de vocalizações das espécies de anuros do Parque Estadual Paulo César Vinha, Guarapari, Espírito Santo, chamada de “Herpeto Vozes”, ambas publicadas no site do projeto ([www.herpetocapixaba.com.br](http://www.herpetocapixaba.com.br)). Além dessas ações, o projeto mantém um perfil na rede social Instagram (@herpetocapixaba) com cerca de 13.700 seguidores (dados de dezembro de 2022). O uso do Instagram como ferramenta de difusão científica se dá através da postagem de fotografias e textos com informações acuradas sobre a herpetofauna capixaba, reviews de publicações científicas, divulgação de eventos, atualizações sobre temas relevantes ao meio-ambiente em geral, e à herpetologia de forma específica. A produção de

vídeos através de ferramentas nativas do aplicativo (i.e., stories, reels) também contribuem para um maior alcance desses produtos, caracterizando-se pelo dinamismo e maior capilaridade dentro da comunidade de seguidores do projeto.

A partir da pandemia da Covid-19, em março de 2020, buscamos levar o conhecimento ao público de forma mais lúdica e inovadora, criando para isso as “HerpetoLives”. Pensamos num espaço para falarmos de ciência com pesquisadores de renome de uma forma descontraída e simples, trazendo a participação direta do público, através de perguntas e comentários ao vivo. As transmissões ocorreram pelo Instagram, mas marcaram também o início da participação do Herpeto Capixaba de forma mais aguda no YouTube. Ao todo, foram produzidas 18 lives sobre temas variados, desde tópicos importantes da herpetologia brasileira, mas também sobre fósseis, mercado de trabalho para biólogos, ecoturismo, bioética, e outros grupos animais, como os tubarões.

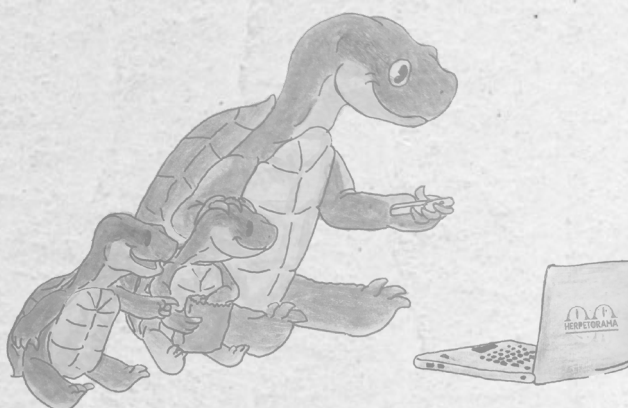


## Agradecimentos

Agradecemos aos ouvintes e organizadores da II Herpetorama e a todos os participantes da mesa-redonda “Conservação e Difusão Científica Online”. Esse estudo foi financiado em parte pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (EDITAL FAPES Nº 03/2021- UNIVERSAL #437/2021).

## Referências

- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. e Franck, C. 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters* 15(4), 365-377.
- Caruso, F. e Marques, A. J. 2021. Ensaio sobre o negacionismo científico em tempos de pandemia. *Research, Society and Development* (10) 11, e82101119538.
- Costa, A. M. F. R., Almeida, W. C. e Santos, E. O. 2021. Eventos científicos online: o caso das lives em contexto da COVID-19. *Revista Práxis Educacional* 17(45), 1-16.
- Graciano, J. M., Figueiredo, R. G., Mota, A. P., Tozani, A. V., Hehr, E., Falchetto, G., Fernandes, I. S., Paulon, J. F., Costa, P. H. C., Mathielo, R. S., Modole, R. V., Watanabe, L. K., Augustin, N., De Alencar T. e Silva-Souares, T. 2020. Herpeto Capixaba: desbravando da diversidade às adversidades em busca do estado da arte. Pp. 218-223 In Chaves, F. G., Lacerda, J. V. A., Baptista, M. N. M. e Hubbe, O. M. F. (org.), *Anais do IX Simpósio sobre a Biodiversidade da Mata Atlântica (SIMBIOMA), “Mata Atlântica: Domínio transdisciplinar”, 20 a 24 de julho, 2020.*
- Marques, R. e Raimundo, J. A. 2021. O negacionismo científico refletido na pandemia da COVID-19. *Boletim de Conjuntura* (7) 20, 67-78.
- Miguel, J. 2020. Negacionismo climático no Brasil. *COLETIVA*, Dossiê 27, Crise climática. Jan. Fev. Mar. Abr. ISSN 2179-1287.
- Vilela, M. L. e Selles, S.E. 2020. É possível uma Educação em Ciências crítica em tempos de negacionismo científico? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* (37) 3, 1722-1747.





Cuidado parental em *Caiman latirostris*  
Foto: Renato Gaiga

## FUTURO, CONEXÃO E AMOR

*Beatriz Borba de Moraes Ribeiro Silva.*

*Laboratório de Estudos Herpetológicos e Paleoherpétológicos da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE. [beatrizmoraes.rs@gmail.com](mailto:beatrizmoraes.rs@gmail.com)*

*Mais que uma conversa de cientista para cientista: uma conversa de um ser humano, para outro ser humano.*

Leia ou clique no código para assistir a palestra desse capítulo na Herpetorama!



### Qual a sua ideia de futuro?

Quando pensamos no futuro, muitas vezes imaginamos tudo muito tecnológico, robôs, carros voadores e muitas comodidades para todos nós. Isso me lembra muito uma conversa que tive com meu amigo Pedro Menezes, onde ele falou "Bea, a gente ainda não tá no futuro, tenho certeza." E quando perguntei a ele porque ele tinha tanta certeza ele me respondeu: "Porque no futuro todos teremos carros voadores e os carros ainda não voam". Foi sim apenas uma brincadeira dele, mas essa frase ficou muito gravada na minha mente e hoje entendo o porquê. Futuro pode ser isso sim, pode ser um avanço tecnológico-científico grande, pode ser que no futuro vamos ver máquinas tomando o lugar de humanos em diversos trabalhos. Mas ele não é só isso.

*Quando pensamos no futuro, precisamos buscar também olhar o passado. Vivemos em vários ciclos: ciclo da água, ciclo do nitrogênio, ciclo do carbono... e por que não "Ciclo do Tempo"?*

Calma, eu vou explicar. Tudo o que aconteceu no nosso passado, no passado do planeta Terra, do universo, de alguma forma ainda reflete hoje. Seja uma área que desmatamos, um composto químico que colocamos na natureza ou até mesmo escolhas pessoais que nossos antepassados fizeram, hoje formam tudo o que temos à nossa volta. Logo, o futuro habita no presente. Na presença. Nos primórdios da humanidade, a presença era questão de sobrevivência. Precisávamos estar presente no aqui e agora para perceber se iria chover, se tinha alguma tribo rival se aproximando, se o animal que iríamos caçar estava distraído o suficiente. Estávamos presentes 100% do tempo. Até que começamos a criar ferramentas para facilitar nosso dia a dia e aos poucos fomos perdendo presença. Não sentimos mais o cheiro da terra molhada, não sabemos por que as aves estão

tão agitadas em certos dias, não lembramos mais do nosso próprio cheiro. E não o cheiro do perfume, do desodorante, e sim o nosso cheiro. Criamos formas de fazer as plantas crescerem sem a gente sequer cuidar delas, de se locomover sem pisar no chão, além de tantas outras coisas que criamos e perdemos. Esquecemos quem fomos, esquecemos quem somos e onde habitamos. Ao perder a presença, corremos o risco também de perder o futuro. Já parou para pensar que você é feito de pequenos átomos que formam células e essas células funcionam fazendo diversas funções e juntas elas formam a gente? Uma planta é feita do mesmo jeito. Nós somos natureza e na natureza só existe o presente. Imagina só, se suas células cardíacas começassem a ficar ansiosas e parassem de funcionar? Morreríamos! Mas elas não param, elas continuam presentes.

Se somos natureza, já jogamos por terra aquela ideia de "preciso ir para o mato, preciso me conectar com a natureza". Se você vai "para o mato" e você não está presente, você não vai se conectar de verdade. Precisamos entender que aquela é uma extensão de nós, que também somos aquilo e aquilo também somos nós. Que eu sou você e você sou eu. Dessa forma, passaremos a sentir a dor do outro, acolher a dor do outro e buscar também ser cura.

Uma vez eu vi o vídeo de uma área em chamas, e nesse vídeo aparecia uma tribo indígena chorando muito, todos com muita dor e, por mais que aquelas imagens me doessem profundamente, eu percebi que a dor deles era muito maior. Não por ter perdido suas casas, mas porque o fogo que ardia no solo, nas plantas e nos outros animais também ardia na pele deles. E foi aí que me perguntei em que momento perdemos esse sentimento?

## Para que conexão?

Em tempos de pandemia, uma das perguntas que mais fazemos é "A conexão está boa?"

Infelizmente (ou felizmente) ela se refere ao sinal de internet. A conexão artificial. Mas aí eu te pergunto, a sua conexão está boa? Você consegue sentir de fato a natureza dentro de você, ao seu redor, no outro? Você se conecta com as suas ações, seus pensamentos, com as plantas ao seu redor? Você consegue sentir o que outro ser, a quilômetros e quilômetros de distância, está sentindo?

Na música Germinar da Flaira Ferro, minha conterrânea, ela fala perfeitamente sobre conexão:

*"Nascemos imensidão  
Perdemos a conexão  
Pela doença de ouvir  
A voz da falsa razão  
Abrindo os olhos sem acordar  
Fechando o olho da intuição  
Abrimos mão de enxergar  
O desabrochar da vida  
Obedecer, entristecer  
Procrastinar  
Sem tempo de ser  
O que a nossa alma pede*

*Dentro de nós acumulamos pesos cruéis  
Acreditando que é assim que a vida é."*

Na ciência, nos ensinam a testar tudo, a verificar várias vezes as fontes dos dados e experimentar em laboratório cada coisa. Mas esquecem que na hora da atuação profissional, não é só isso que vai contar. O mundo não é feito para robôs, nem por robôs. Ele é feito de seres humanos. Se você trabalha em campo e vai com uma equipe, você precisa aprender a lidar com seres humanos. Se vai visitar uma comunidade, trabalhar em laboratório com outros pesquisadores, se vai fazer divulgação científica, educação ambiental ou se tornar educador, tudo isso te exige habilidades genuinamente humanas como criatividade, comunicação, inteligência interpessoal e emocional. Exige que você avalie o outro não por notas ou desempenho acadêmico, mas sim por questões muito mais complexas. Tudo isso é uma forma de se conectar com os outros, com o todo.

Por trás de qualquer artigo acadêmico existem mais do que dados e experimentos. Existe trabalho, suor, dedicação, existe uma alma humana que deu tudo de si para que aquele trabalho acontecesse, teve amor, teve expectativas, teve esperança.

## Onde habita o amor?

O amor habita na presença, eu aprendi isso uma vez. E também aprendi que quando saímos para trabalhar temos que "vestir a farda e deixar o coração em casa". E isso nunca fez o mínimo sentido para mim. Que sentido faz você ir trabalhar de forma fria? Sem olhar os outros? Se todos nós temos histórias, sentimentos, medos, manias, amores e desejos, não faz sentido a gente tratar todo mundo como máquina, como peça de uma linha de produção.

Não podemos mais tratar os estudantes, os cientistas como peças que precisam produzir e produzir, incansavelmente. Não podemos continuar exigindo excelência em produção científica, quantidade de artigos por ano sem lembrar que precisamos também ter o cuidado com o ser humano que está ali, que está fazendo essa produção. Quantas vezes você já viu um estudante chorando de exaustão da

universidade? Todos os dias eu vejo. E isso precisa deixar de ser visto como normal.

Somos o SER por trás do FAZER, já dizia Eckhart Tolle (2007) em seu livro "Um novo mundo: o despertar de uma nova consciência." Limitar o profissional àquilo que ele faz, ao que está escrito no Lattes, no LinkedIn, no Curriculum Vitae é olhar para o outro com o olhar do ego. "Você sabe quem eu sou? Sabe de quem eu sou filho/a?" Quantas vezes não ouvimos essas frases? Várias! É a voz do ego querendo afirmar que você é alguma coisa, que o outro é alguma coisa. Quando na verdade não somos nada além de energia, todas em constante aprendizado e desenvolvimento.

Parafraseando Eckhart Tolle (2007) mais uma vez, as palavras reduzem a realidade a algo que a men-

te humana é capaz de entender, o que não é muita coisa. A gente resume tudo a sons, vindos basicamente das vogais "a", "e", "i", "o", "u" e pelas consoantes "s", "f" e "g". Uma combinação desses sons é mesmo o suficiente para resumir tudo o que você representa? Tudo o que o universo a sua volta representa?

Por isso, quando falamos de Futuro, Conexão e Amor e falamos de ciência no meio de tudo isso, precisamos lembrar que por trás de um Lattes existe um ser humano. Somos imensidão, nos conectamos uns com os outros e construímos coisas incríveis.

Ao pensar em ciência, pense em amor, pense em conexão e assim crie um futuro mais próximo da nossa humanidade.



## Referências

- Estés, C. P. 2018. Mulheres que correm com os lobos, 1ª Edição, Editora Rocco, Rio de Janeiro.
- Ruiz, D. M. 2005. Os quatro compromissos, 29ª edição, Editora Best Seller, Rio de Janeiro.
- Tolle, E. 2007. Um novo mundo: o despertar de uma nova consciência, Editora Sextante, Rio de Janeiro.
- Trajan, R. 2017. O velho e o menino: a instigante descoberta do propósito, 1ª edição. Buzz Editora, São Paulo.







*Anolis chrysolepis*  
Foto: Leonardo Merçon | Instituto Últimos Refúgios



  
**HERPETORAMA**

ISBN: 978-65-980291-0-4



**CRJ**

9 786598 029104

  
**HERPETO  
CAPIXABA**

  
Instituto  
Biodiversidade  
Neotropical

  
Instituto  
ÚLTIMOS REFÚGIOS