

PROFICIÊNCIA NO CONHECIMENTO ZOOLOGICO 2

JOSÉ MAX BARBOSA OLIVEIRA-JUNIOR
MAYERLY ALEXANDRA GUERRERO MORENO
LENIZE BATISTA CALVÃO
(ORGANIZADORES)



PROFICIÊNCIA NO CONHECIMENTO ZOOLOGÍCO 2

JOSÉ MAX BARBOSA OLIVEIRA-JUNIOR
MAYERLY ALEXANDRA GUERRERO MORENO
LENIZE BATISTA CALVÃO
(ORGANIZADORES)



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Proficiência no conhecimento zoológico 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: José Max Barbosa Oliveira-Junior
Mayerly Alexandra Guerrero Moreno
Lenize Batista Calvão

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
P964	<p>Proficiência no conhecimento zoológico 2 / Organizadores José Max Barbosa Oliveira-Junior, Mayerly Alexandra Guerrero Moreno, Lenize Batista Calvão. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0814-7 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.147221612</p> <p>1. Zoologia. 2. Animais. I. Oliveira-Junior, José Max Barbosa (Organizador). II. Moreno, Mayerly Alexandra Guerrero (Organizadora). III. Calvão, Lenize Batista (Organizadora). IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 590</p>
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O e-book “**Proficiência no conhecimento zoológico 2**” é composto por quatro capítulos, que abordam temas relevantes como os efeitos de fatores físico-químicos e integridade ambiental na distribuição e diversidade de insetos aquáticos, a biologia, evolução e conservação do anuros endêmicos da Mata Atlântica e, a utilização de abrigos artificiais para morcegos insetívoros como ferramenta conservacionista.

Nesse contexto, o **Capítulo I** avalia o efeito da integridade ambiental sobre a abundância e riqueza de espécies de Odonata (Insecta) em igarapés com diferentes níveis de integridade. Este estudo nos permite compreender a profunda relação de variáveis físico-químicas presentes no meio aquático com os insetos que habitam ali, e o uso potencial de insetos da ordem Odonata como bioindicadores, já que eles respondem rapidamente as alterações ambientais. O **Capítulo II** descreve a biologia e conservação dos fascinantes anuros do gênero *Brachycephalus*, os quais, segundo os autores, constituem um grupo de 38 espécies descritas até a atualidade, todas endêmicas da Mata Atlântica, distribuindo-se do sul do Estado da Bahia ao nordeste do Estado de Santa Catarina, Brasil. Sem dúvida, esses organismos permitem refletir sobre a importância da conservação do bioma Mata Atlântica, considerado um dos maiores hotspots de riqueza e biodiversidade do planeta. O **Capítulo III** analisa sobre o crescimento e a condição do Moncholo *Hoplias malabaricus*, durante vários ciclos anuais no pântano Ayapel, bacia do rio San Jorge, Colômbia. Por fim, o **Capítulo IV** verifica se os morcegos insetívoros das famílias Vespertilionidae e Molossidae ocorrentes em região de floresta com araucárias, utilizariam abrigos artificiais ou “*bat house*”. Este trabalho experimental nos permite compreender a importância de implementar abrigos artificiais para proteger os animais das intempéries e predadores em espaços onde os habitats naturais foram fragmentados.

Esse conjunto de artigos publicados pela Atena Editora traz temas atuais e relevantes.

A você leitor e leitora, desejamos uma excelente leitura!

José Max Barbosa Oliveira-Junior
Mayerly Alexandra Guerrero Moreno
Lenize Batista Calvão

CAPÍTULO 1	1
EFEITO DA INTEGRIDADE AMBIENTAL SOBRE A COMUNIDADE DE ODONATA (INSECTA) EM IGARAPÉS NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA	
Claudiane Lima Costa	
Natalina Corrêa Vasconcelos	
Lenize Batista Calvão	
Mayerly Alexandra Guerrero Moreno	
José Max Barbosa Oliveira-Junior	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1472216121	
CAPÍTULO 2	15
Os fascinantes anuros do gênero <i>Brachycephalus</i> , biologia e conservação	
Luiz Fernando Ribeiro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1472216122	
CAPÍTULO 3	25
RELACIONES LONGITUD-LONGITUD Y LONGITUD-PESO DEL MONCHOLO <i>Hoplias malabaricus</i> EN LA CIÉNAGA DE AYAPEL, COLOMBIA	
Glenys Tordecilla-Petro	
Sonia E. Sánchez-Banda	
Xiomara E. Cogollo-López	
Ángel L. Martínez-González	
Fredys F. Segura-Guevara	
Gustavo A. Juris-Torregrosa	
William A. Pérez-Doria	
Jesús Vargas-González	
Charles W. Olaya-Nieto	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1472216123	
CAPÍTULO 4	42
UTILIZAÇÃO DE “BAT HOUSE” POR MORCEGOS INSETÍVOROS EM FLORESTA COM ARAUCÁRIAS	
Rosane Vera Marques	
Fernando de Miranda Ramos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.1472216124	
SOBRE OS ORGANIZADORES	53
ÍNDICE REMISSIVO	54

OS FASCINANTES ANUROS DO GÊNERO *Brachycephalus*, BIOLOGIA E CONSERVAÇÃO

Data de aceite: 01/12/2022

Luiz Fernando Ribeiro

RESUMO: A ação da tetrodotoxina (TTX) é bloquear os canais de sódio nas junções neuromusculares. A TTX é encontrada em bactérias marinhas, vários invertebrados marinhos, baiacus, platelmintos terrestres e anfíbios. Os anfíbios são os únicos vertebrados terrestres que possuem TTX utilizada como defesa química. A origem da TTX nos animais permanece incerta, existindo evidências de síntese endógena, relação simbiótica com bactérias ou uma combinação de ambas. Nos anfíbios que possuem TTX, a toxicidade proporcionada por ela, está relacionada com um mecanismo antipredação. Este mecanismo de defesa normalmente está acompanhado de comportamentos específicos, morfologia e coloração aposemática. As espécies de minisapos do gênero *Brachycephalus* são uma oportunidade para estudar fenômenos de toxicidade e aposematismo. Foi demonstrado que em ao menos três espécies de coloração aposemática deste gênero possuem TTX na pele. Como estas espécies possuem hábito diurno, estas características podem ter a função

de evitar predação. Por outro lado, uma análise preliminar com uma espécie críptica de *Brachycephalus*, revelou apenas resquícios de TTX na pele. A presença ou ausência de TTX na pele de espécies de *Brachycephalus*, pode ter uma relação com a coloração aposemática e críptica. A coloração pode estar relacionada com a quantidade de carotenoides e melanina. O aprofundamento do conhecimento sobre as espécies de *Brachycephalus*, contribui para sua conservação e da Floresta Atlântica. Além disso, *Brachycephalus* pode ser um reservatório genética e fonte de biomoléculas, cuja aplicabilidade para os diversos setores da sociedade humana são inestimáveis.

PALAVRAS-CHAVE: *Brachycephalidae*, biologia, evolução, biodiversidade, mudanças climáticas.

ABSTRACT: The action of tetrodotoxin (TTX) is to block sodium channels at neuromuscular junctions. TTX is known to be found in marine bacteria, many marine invertebrates, puffer fish, terrestrial flatworms and amphibians. Amphibians are the only terrestrial vertebrates that have TTX used as a chemical defense. The origin of TTX in animals remains

unclear, with evidence of endogenous synthesis, symbiotic relationship with bacteria, or a combination of both. In amphibians that have TTX, the toxicity provided by it is related to an antipredation mechanism. This defense mechanism is usually accompanied by specific behaviors, morphology and aposematic coloration. In this sense, the species of miniaturized toadlets of the genus *Brachycephalus* are an opportunity to study phenomena of toxicity and aposematism. It has been shown that at least three species of aposematic coloration of this genus have TTX in the skin. As these species have a diurnal habit and these characteristics may have the function of avoiding predation. On the other hand, a preliminary analysis with a cryptic species of *Brachycephalus* revealed only traces of TTX in the skin. The presence or absence of TTX in the skin of *Brachycephalus* species may be related to aposematic and cryptic color. The color may be related to carotenoids and melanin. The increase in knowledge about the species of *Brachycephalus* contributes to their conservation and the Atlantic Forest. Furthermore, *Brachycephalus* can be a genetic reservoir and source of biomolecules whose applicability to different sectors of human society are invaluable.

KEYWORDS: *Brachycephalidae*, biology, evolution, biodiversity, climate change

O GÊNERO *Brachycephalus*

Brachycephalus são sapos diminutos da família Brachycephalidae e constituem um grupo de 38 espécies descritas até a atualidade. São todas espécies endêmicas da Floresta Atlântica, distribuindo-se do sul do Estado da Bahia ao nordeste do Estado de Santa Catarina, por cerca de 1.700 Km ao longo da Serra do Mar. A maioria das espécies possui seu *habitat* em floresta montana ou alto-montana (matas nebulares), normalmente em topos de montanhas isoladas (Pie *et al.*, 2013, Bornschein *et al.*, 2016; Bornschein, Pie & Teixeira, 2019). Este relevo montanhoso proporciona uma clina altitudinal, aumentando a pluviosidade e diminuindo a temperatura à medida que a altitude aumenta, proporcionando um ambiente altamente específico. A cada 100 m no incremento da altitude, ocorre um aumento de 40 mm da precipitação média anual e o decréscimo de 0,5°C (Bigarella *et al.*, 1978; Roderjan, 1994). Uma clina latitudinal também está presente, com a diminuição da precipitação média anual e da temperatura média anual com o aumento da latitude. À medida que a latitude aumenta a precipitação média anual decresce cerca de 38% e a temperatura média anual decresce cerca de 13% (IAPAR, 1978; São Paulo, 1978; Santa Catarina, 1986; Morellato *et al.*, 2000).

Do total de espécies de *Brachycephalus* conhecidas até o momento, 77% foram descobertas apenas nos últimos 20 anos, relevando uma diversidade notável e acentuando a importância do bioma Atlântico (Frost, 2021). Ribeiro *et al.* (2015) sugeriu uma divisão de grupos fenotípicos úteis para identificação das espécies: (1) grupo *B. didactylus* que inclui espécies com corpo leptodactyliforme e sem hiperossificações. (2) grupo *B. ephippium* que inclui espécies com corpo bufoniforme e com hiperossificações. (3) grupo *B. pernix* que inclui espécies com corpo bufoniforme e sem hiperossificações.

Estes minisapos sofreram um fenômeno evolutivo de miniaturização e inclui alguns

dos menores tetrápodes terrestres conhecidos (Izecksohn, 1971, Estrada & Hedges, 1996, Rittmeyer *et al.*, 2012). De um modo geral, as espécies de *Brachycephalus* variam de 7,4 mm a 18,9 mm de comprimento rostro-cloacal (Folley *et al.*, 2020). Seu *habitat* restringe-se a um ambiente florestado, com cobertura florestal densa. Normalmente vivem em altitudes elevadas da Serra do Mar, dentro dos limites da porção densa da Floresta Atlântica. Cerca de 66% das espécies é conhecida apenas em sua localidade tipo, revelando alto grau de endemismo e alopatria (Pie *et al.*, 2013, Bornschein *et al.*, 2016).

Adaptados à vida no chão da floresta, em meio à serapilheira, utilizam quase que exclusivamente a caminhada para se deslocarem. Assim, todas as espécies de *Brachycephalus* apresentam adaptações à esta condição, desenvolvendo redução no número de dedos, artelhos e falanges. Quase sempre apresentam apenas três dedos e três artelhos funcionais e com formas distintas. O dedo número um é reduzido ou ausente e os artelhos um e cinco são muito reduzidos quando estão presentes (Garey *et al.*, 2012). Com relação às falanges, os dedos e artelhos mais reduzidos apresentam uma única falange, como o dedo um, enquanto o terceiro dedo e o quarto artelho, que são os mais desenvolvidos, apresentam três e quatro falanges, respectivamente (*e.g.* Ribeiro *et al.*, 2005, Ribeiro *et al.*, 2017, Guimarães *et al.*, 2017, Folley *et al.*, 2020).

Uma das características marcantes do grupo é a ausência de fase larvar, apresentando desenvolvimento embrionário direto, a partir do ovo depositado pela fêmea na serapilheira úmida da floresta, dispensando a presença de corpos de água para reprodução (Pombal, 1999, Monteiro *et al.*, 2018). Além disso, os jovens nascem com uma coloração atípica comparada à do adulto. Jovens foram registrados com uma coloração geral castanho-avermelhada para *B. ephippium*, enquanto o adulto possui coloração completamente alaranjada (Pombal, 1999). Os jovens de *B. albolineatus* possuem coloração marrom escuro, com manchas claras acinzentadas e seus adultos são verdes com uma linha branca dorsal (Bornschein *et al.*, 2016). Em *B. acteus* os adultos apresentam coloração geral alaranjada com manchas verdes, mas seus jovens apresentam coloração geral marrom (Monteiro *et al.*, 2018).

Em se tratando da coloração dos adultos, as espécies de *Brachycephalus* exibem multiplicidade de cores, variando desde cores fortemente aposemáticas à extremamente crípticas. Representando espécies aposemáticas, *Brachycephalus pombali* possui coloração completamente alaranjada (Ribeiro *et al.*, 2005), *B. pitanga* possui coloração alaranjada com manchas vermelhas dorsais (Alves *et al.*, 2009), *B. mirissimus* possui coloração alaranjada com uma mancha branca sobre o dorso da cabeça e da coluna vertebral (Pie *et al.*, 2018a). Por outro lado, representando espécies crípticas, *B. brunneus* possui coloração marrom escuro com manchas ventrais alaranjadas (Ribeiro *et al.*, 2005), *B. olivaceus* possui coloração verde escura (Ribeiro *et al.*, 2015), *B. curupira* possui coloração completamente marrom (Ribeiro *et al.*, 2017).

Ao contrário da maioria dos anuros, os *Brachycephalus* exibem hábitos diurnos,

com os machos apresentando atividade vocal durante o dia (Pombal *et al.*, 1994, Verdade *et al.*, 2008, Araújo *et al.*, 2012, Bornschein *et al.*, 2018, Bornschein *et al.*, 2019, Folley *et al.*, 2020). Além disso, algumas espécies podem ser observadas caminhando sobre a serapilheira, mesmo que de modo infrequente, também durante o dia. Foi demonstrado que *B. ephippium* possui uma substância tóxica no tegumento e no fígado denominada ephippiotoxina, similar à TTX (Sebben *et al.* 1986, Pires Jr. *et al.* 2002, 2003, 2005). Para *B. pernix* Pires Jr. e colaboradores (2005) demonstraram a presença no tegumento de uma toxina análoga à TTX. Essas toxinas podem estar associadas ao hábito diurno e à coloração conspícua dessas duas espécies, funcionando como um mecanismo antipredação. Por outro lado, no mesmo estudo, foi demonstrado que *B. nodoterga* apresenta apenas traços de uma toxina análoga à tetrodotoxina. Esta espécie exibe coloração críptica, o que sugere uma estratégia antipredação distinta. O mesmo ocorre com *B. brunneus*, que apresenta coloração críptica e comportamento de tanatose (Ribeiro *et al.*, 2005), e em um ensaio preliminar apresentou apenas traços de TTX na pele.

EVOLUÇÃO DAS ESPÉCIES DE *Brachycephalus* NA FLORESTA ATLÂNTICA

A Floresta Atlântica é considerada um dos maiores *hotspots* de riqueza e biodiversidade do planeta, abrigando mais de 8.500 espécies endêmicas (Myers *et al.*, 2000). Estima-se que na distribuição original da Floresta Atlântica havia uma grande diversidade de zonas climáticas e formações vegetacionais que se estendiam desde o nordeste brasileiro até algumas regiões a leste do Paraguai e da Argentina (Galindo-Leal & Câmara, 2003). Atualmente mais de 93% dessa cobertura vegetal foi perdida (Myers *et al.*, 2000) e esforços consideráveis têm sido feitos para definir estratégias eficientes e regiões prioritárias para a proteção das áreas remanescentes (Tabareli *et al.*, 2005, Ribeiro *et al.*, 2009). Um dos maiores desafios à conservação de um bioma, tão complexo como a Floresta Atlântica, é compreender os processos que geraram e mantêm a sua biodiversidade (Moritz, 2002, Turchetto-Zolet *et al.* 2013). Acredita-se que tal diversidade pode ter sido gerada devido à uma complexidade de fatores, entre eles flutuações climáticas, durante a época do Pleistoceno e influência amazônica periódica (Behling, 2002, Costa, 2003; Batalha-Filho *et al.*, 2013).

Estudos têm demonstrado a influência de tais flutuações climáticas na geração dos padrões de diversidade de espécies na Floresta Atlântica, resultando na formação de refúgios climáticos e vegetacionais (Vanzolini & Williams, 1970, Cabanne *et al.* 2007; Carnaval & Moritz, 2008; Carnaval *et al.* 2009, 2014). Estes refúgios proporcionaram uma certa estabilidade climática, que serviu como fonte para a posterior recolonização em áreas que tiveram sua diversidade reduzida nos períodos de glaciação. Esta hipótese é corroborada através da distribuição da variabilidade genética de várias espécies da Floresta Atlântica (Carnaval e Moritz, 2008, Carnaval *et al.*, 2009, 2014).

Neste cenário intermitente da Floresta Atlântica durante o Período Quaternário, um número notável de espécies de *Brachycephalus* evoluiu em um tempo relativamente curto. De acordo com Firkowski e colaboradores (2016), analisando a relação filogenética de várias espécies de *Brachycephalus*, as linhagens ancestrais possuíam uma ampla distribuição geográfica em uma época com clima frio e úmido, restringindo-se à florestas de altitudes baixas. Com o decurso do clima se alterando para condições mais quentes, tais linhagens migraram para as demais regiões da floresta expandida, de acordo com sua capacidade adaptativa. Isto inclui as regiões de cumes de montanhas. A estabilidade climática que sucedeu, manteve o isolamento nestes cumes, levando ao processo de especiação e como resultado à diversificação. Como reflexo deste processo, na atualidade a maioria das espécies de *Brachycephalus* são encontradas apenas em condições climáticas específicas, possuem endemismo extremo, a maioria das espécies são alopátricas e ainda demonstram diversidade subestimada (Pie *et al.*, 2013, Bornschein *et al.*, 2016, Pie *et al.*, 2019).

Contudo, Pie e colaboradores (2018b) aprofundaram a análise filogenética das espécies de *Brachycephalus* e trouxeram evidências de que a diversificação pode ter iniciado em um tempo mais antigo. Neste sentido é improvável que as linhagens ancestrais permaneceram isoladas nos períodos de estabilidade climática, apenas pelo fato de estarem distribuídas em cumes de montanhas (distribuição conhecida como *sky islands*). Mesmo assim, a hipótese de formação de *sky islands* não está totalmente descartada, pois certas áreas podem ter proporcionado microrefúgios que persistiram com condições ecológicas favoráveis ao isolamento das linhagens ancestrais de *Brachycephalus* (Pie *et al.*, 2018b). A adaptação de anfíbios a um modo de vida independente de corpos d'água e com desenvolvimento direto, pode permitir que as espécies explorem nichos ecológicos ímpares e micro-*habitat* específicos, como aqueles que conservam umidade. A miniaturização do corpo, como apresentado pelas espécies de *Brachycephalus*, pode favorecer o endemismo extremo, baixa capacidade de dispersão e baixo fluxo gênico interpopulacional (Condez *et al.*, 2020).

Apesar disto, as relações filogenéticas entre as espécies de *Brachycephalus* não representam um grupo monofilético, apesar de permanecerem inconclusivas. As evidências mais recentes indicam que *B. pulex*, a espécie mais setentrional, é a irmã de todas as demais espécies. *Brachycephalus didactylus* é a espécie irmã de todas as espécies do grupo *B. ephippium* (com distribuição biogeográfica norte). *Brachycephalus sulfuratus* é a espécie irmã de todas as espécies do grupo *B. pernix* (com distribuição biogeográfica sulina). Finalmente, *B. hermogenesi* é a espécie irmã de *B. sulfuratus* juntamente com o grupo *B. pernix* (Pie *et al.*, 2018b, Condez *et al.*, 2020, Dos Reis *et al.*, 2020, Lyra *et al.*, 2021). Ao que tudo indica, a evolução de colonização da Floresta Atlântica pelas espécies de *Brachycephalus* sucedeu do norte em direção ao sul, com a radiação iniciando entre 8 e 7 milhões de anos atrás e com a diversificação das espécies atuais, ocorrendo a menos

de 2,5 milhões de anos (Condez *et al.*, 2020, Lyra *et al.*, 2021).

Outra característica instigante e que também persiste sem total esclarecimento, é o fato de que os padrões de coloração aposemáticos e crípticos entre as espécies não são compartilhados apenas entre espécies e grupos irmãos (Condez *et al.*, 2020, Lyra *et al.*, 2021). Por exemplo, a distribuição filogenética dos padrões de coloração sugere que o aposematismo foi perdido na origem de um clado com quatro espécies crípticas, e posteriormente recuperado com a evolução de *B. izecksohni* aposemática (Pie *et al.*, 2018b). De acordo com a reconstrução da cor ancestral, ocorreu uma tendência mais alta de mudança de colorações aposemática para colorações crípticas no decorrer da evolução das espécies de *Brachycephalus*. Além disso, o tamanho do corpo aumentado está correlacionado com a coloração aposemática, e, apesar da miniaturização, as espécies maiores adquiriram esta condição como derivada (Condez *et al.*, 2020). Este pode ser um indício que houve uma adaptação em direção ao aumento do tamanho do corpo (em relação às espécies ancestrais), acompanhado da coloração aposemática e defesa química para algumas espécies. A TTX foi detectada em altas concentrações em *B. ephippium*, *B. pitanga* e *B. pernix*, todas aposemáticas (Pires *et al.*, 2005, Tonon *et al.*, 2021). Mesmo assim, diante de relações filogenéticas controversas, não é possível ainda determinar se a coloração aposemática em *Brachycephalus* representa uma homoplasia ou ancestralidade compartilhada (Lyra *et al.*, 2021).

As espécies de minisapos representantes do gênero *Brachycephalus* são sem dúvida um modelo fascinante para estudos de evolução, diversificação, morfologia e ecologia. Várias áreas de conhecimento ainda permanecem pouco estudadas, sobretudo, suas adaptações específicas ao ambiente onde vivem. Esforços para elucidar estas adaptações são valiosos para acrescentar novas peças no intrincado quebra-cabeça da evolução de *Brachycephalus*.

CONSERVAÇÃO DAS ESPÉCIES DE *Brachycephalus*

Locais onde ocorrem espécies microendêmicas são prioritárias para a conservação, como espécies do gênero *Brachycephalus* que apresentam distribuição geográfica restrita. Este endemismo extremo é devido a sua adaptação a condições de altitude elevada. Entretanto, os ambientes montanos e alto-montanos do Sul do Brasil vêm sendo degradados. O ambiente de *B. boticario* do Morro do Cachorro (Blumenau-SC), vem sofrendo desmatamento para construção de edificações e torres de comunicação, além do depósito de lixo. *Brachycephalus fuscolineatus* do Morro Braço da Onça (Luiz Alvez-SC), tem tido seu ambiente alterado pelo desmatamento, construção de estradas, plantio de *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. e uso de agrotóxicos que leva à morte da vegetação nativa. *Brachycephalus mirissimus* (Massaranduba-SC) tem tido seu ambiente alterado pelo desmatamento, plantio de *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp. e palmeira real. As três localidades

não constituem unidades de conservação, o que torna preocupante a perpetuação destas espécies, além das demais do gênero. As alterações dos ambientes registradas suscitam dúvidas quanto à legalidade de algumas ações humanas. Deste modo se faz necessário ações mitigadoras e protecionistas prementes para garantir o futuro das espécies e da biodiversidade dos locais aqui analisados.

Desta forma, compreender as diferentes adaptações ao ambiente de vida das espécies atlânticas, fornece um suporte para traçar estratégias de conservação específicas e direcionadas para aquelas espécies mais vulneráveis. Este é o caso das espécies de *Brachycephalus* que possuem um endemismo extremo (Pie *et al.*, 2013, Bornschein *et al.*, 2016; Bornschein, Pie & Teixeira, 2019). Eleva-se este potencial quando considera-se que várias espécies do gênero *Brachycephalus* são ameaçadas de extinção em diferentes categorias (Bornschein, Pie & Teixeira, 2019; ICMBio, 2022). Além do mais, os anfíbios são reconhecidamente sensíveis às alterações climáticas locais e globais (Schivo *et al.*, 2019; Cordier *et al.*, 2020). Ainda pode-se considerar bastante incipiente estudos que apontem as possíveis consequências da mudança climática sobre anuros. Neste sentido, revelar as espécies de *Brachycephalus* que habitam locais com condições climáticas mais extremas ou mais suscetíveis à sazonalidade, pode apontar prioridade para sua conservação, diante de dados que indicam aquecimento do clima global (Tebaldi *et al.*, 2021).

REFERÊNCIAS

BATALHA-FILHO, H., IRESTEDT, M., FJELDSA, J., ERICSON, P.G.P., SIVEIRA, L.F., MIYAKI, C.Y. Molecular systematics and evolution of the *Synallaxis ruficapilla* complex (Aves: Furnariidae) in the Atlantic Forest. *Mol. Phylogenetics and Evolution*, 67, 86–94. 2013.

BEHLING, H. South and southeast Brazilian grasslands during Late Quaternary times: a synthesis. *Paleogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*. 177, 19–27. 2002.

BIGARELLA, J.J., BECKER, R.D., DE MATOS, D.J. & WERNER, A. (Eds.) A Serra do Mar e a porção oriental do estado do Paraná: um problema de segurança ambiental e nacional. Secretaria de Estado do Planejamento. 1978.

BORNSCHEIN, M.R., FIRKOWSKI, C.R., BELMONTE–LOPES, R., CORRÊA, L., RIBEIRO, L.F., MORATO, S.A.A., ANTONIAZZI–JR, R.L., REINERT, B.L., MEYER, A.L.S., CINI, F.A., PIE, M.R. Geographic and altitudinal distribution of *Brachycephalus* Fitzinger (Anura: Brachycephalidae) endemic to the Brazilian Atlantic Rainforest. *PeerJ*, 4, e2490. 2016.

BORNSCHEIN, M.R., PIE, M.R. & TEIXEIRA, L. Conservation status of *Brachycephalus* toadlets (Anura: Brachycephalidae) from the Brazilian Atlantic Rainforest. *Diversity*, 11: 1-29. 2019.

CABANNE, G.S., SANTOS, F.R., MIYAKI, C.Y. Phylogeography of *Xiphorhynchus fuscus* (Passeriformes, Dendrocolaptidae): vicariance and recent demographic expansion in southern Atlantic Forest. *Biological Journal of the Linnean Society of London*, 91, 73–84. 2007.

CARNAVAL, A.C., HICKERSON, M.J., HADDAD, C.F.B., RODRIGUES, M.T., MORITZ, C. Stability predicts genetic diversity in the Brazilian Atlantic Forest hotspot. *Science*, 323, 785–789. 2009.

- CARNAVAL, A.C., MORITZ, C. Historical climate modeling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic Forest. *Journal of Biogeography*, 35, 1187–1201. 2008.
- CARNAVAL, A.C., WALTARI, E., RODRIGUES, M.T., ROSAUER, D., VANDERWAL, J., DAMASCENO, R., PRATES, I., STRANGAS, M., SPANOS, Z., RIVERA, D., PIE, M.R., FIRKOWSKI, C.R., BORNSCHEIN, M.R., RIBEIRO, L.F., MORITZ, C. Prediction of phylogeographic endemism in an environmentally complex biome. *Proceedings of Royal Society of London B*, 281, 1461. 2014.
- CONDEZ, T.H., HADDAD, C.F.B., ZAMUDIO, K.L. Historical biogeography and multi-trait evolution in miniature toadlets of the genus *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 129, 664–686. 2020.
- CORDIER, J. M., LESCANO, J. N., RÍOS, N. E., LEYNAUD, G. C., NORI, J. Climate change threatens micro-endemic amphibians of an important South American high-altitude center of endemism. *Amphibia-Reptilia*, 41(2), 233-243, 2020.
- COSTA, L.P. The historical bridge between the Amazon and the Atlantic forest of Brazil: a study of molecular phylogeography with small mammals. *Journal of Biogeography*. 30, 71–86. 2003.
- DUELLEMAN, W.R. & TRUEB, L. *Biology of Amphibians*. 2a Edition. Baltimore and London: Johns Hopkins University Press, 1994, 696 p.
- ESTRADA, A.R., HEDGES, S.B. At the lower size limit in tetrapods: a new diminutive frog from Cuba (Leptodactylidae: Eleutherodactylus). *Copeia*, 852–859. 1996.
- FICK, S.E. & HIJMANS, R.J. Worldclim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37, 4302–4315. 2017.
- FIRKOWSKI, C.R., BORNSCHEIN, M.R., RIBEIRO, L.F., PIE, M.R. Species delimitation, phylogeny and evolutionary demography of co-distributed, montane frogs in the southern Brazilian Atlantic Forest. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 100, 345–360. 2016.
- FOLLEY, M., AMARAL, L.C., CARVALHO–E–SILVA, S.P., POMBAL JR., J.P. Rediscovery of the toadlet *Brachycephalus bufonoides* Miranda–Ribeiro, 1920 (Anura: Brachycephalidae) with osteological and acoustic descriptions. *Zootaxa*, 4819 (2), 265–294. 2020.
- FROST, D.R. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.1 (*Date of access*). 2021. Electronic Database accessible at <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>
- GALINDO-LEAL, C., CÂMARA, I.G. Atlantic forest hotspots status: an overview. In Galindo-Leal, C., Câmara, I.G. (Editors). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook*. p. 3-11. Center for Applied Biodiversity Science e Island Press, Washington. 2003.
- IAPAR. *Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná*. Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina. 1978.
- ICMBIO. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade – SALVE. 2022. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br/salve/>. Acesso em: 20 de Sep. de 2022.
- IZECKSOHN, E. Novo gênero e nova espécie de Brachycephalidae do Estado do Rio de Janeiro, Brasil (Amphibia, Anura). *Boletim do Museu Nacional, Zoologia*, 280, 1–12. 1971.

MARI, R.B., MORI, G.M., VANNUCCHI, F.S., RIBEIRO, L.F., CORREA, C.N., LIMA, S.K.S., TEIXEIRA, L., SANDRETTI-SILVA, G.J., NADALINE, J.; BORNSCHEIN, M.R. Relationships of mineralized dermal layer of mountain endemic miniature frogs with climate. *Journal of Zoology*, 218 (1), 24-46. 2022.

MONTEIRO, J.P.C., CONDEZ, T.H., GARCIA, P.C.A., COMITTI, E.J., AMARAL, I.B., HADDAD, C.F.B. A new species of *Brachycephalus* (Anura, Brachycephalidae) from the coast of Santa Catarina State, Southern Atlantic Forest, Brazil. *Zootaxa*, 4407 (4), 483–505. 2018.

MORELLATO, L.P.C, TALORA, D.C., TAKAHASI, A., BENCKE, C.C., ROMERA, E.C.; ZIPPARRO, V.B. Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. *Biotropica*, 32, 811–823. 2000.

MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G., FONSECA, G.A.B., KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858. 2000.

PIE, M.R., FAIRCLOTH, B.C., RIBEIRO, L.F., BORNSCHEIN, M.R., MCCORMACK, J.E. Phylogenomics of montane frogs of the Brazilian Atlantic Forest supports a scenario of isolation in sky islands followed by relative climatic stability. *Biological Journal of the Linnean Society*, 125, 72–82. 2018.

PIE, M.R., MEYER, A.L.S., FIRKOWSKI, C.R., RIBEIRO, L.F. & BORNSCHEIN, M.R. Understanding the mechanisms underlying the distribution of microendemic montane frogs (*Brachycephalus* spp., Terrarana: Bachycephalidae) in the Brazilian Atlantic Rainforest. *Ecological Modelling*, 250: 165-176. 2013.

POMBAL JR, J.P. Ovoposição e desenvolvimento de *Brachycephalus ephippium* (Spix) (Anura: Brachycephalidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 16 (4), 967-976. 1999.

RIBEIRO, L.F., BORNSCHEIN, M.R., BELMONTE–LOPES, R., FIRKOWSKI, C.R., MORATO, S.A.A., PIE, M.R. Seven new microendemic species of *Brachycephalus* (Anura: Brachycephalidae) from southern Brazil. *PeerJ*, 3, e1011. 2015.

RIBEIRO, M.C., METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., PONZONI, F., HIROTA, M.M. Brazilian Atlantic Forest: how much is left and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biology Conservation*, 142, 1141–1153. 2009.

RIGOLO, J.R., ALMEIDA, J.A., ANANIAS, F. Histochemistry of skin glands of *Trachycephalus* aff. *venulosus* Laurenti, 1768 (Anura, Hylidae). *Micron*, 39, 56-60. 2008.

RITTMAYER, E.N., ALLISON, A., GRÜNDLER, M.C., THOMPSON, D.K., AUSTIN, C.C. Ecological guild evolution and the discovery of the world's smallest vertebrate. *Plos One*, 7, e29797. 2012.

RODERJAN, C.V. O gradiente da Floresta Ombrófila Densa no Morro Anhangava, Quatro Barras, PR - aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos. PhD Thesis, Universidade Federal do Paraná. 1994.

SANTA CATARINA. *Atlas de Santa Catarina*. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral, Florianópolis. 1986.

SÃO PAULO. *Atlas regional do Estado de São Paulo*. Secretaria de Economia Planejamento, São Paulo. 1978.

SCHIVOA, F., BAUNIB, V., KRUGA, P., QUINTANAA, R.D. Distribution and richness of amphibians under different climate change scenarios in a subtropical region of South America. *Applied Geography*, Vol. 103, 70-89, 2019.

SCHOCH, R.R. Evolution of life cycles in early amphibians. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, VOL. 37, 135–162. 2009.

TABARELLI, M., PINTO, L.P., SILVA, J.M.C., HIROTA, M.M., BEDÊ, L.C. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica Brasileira. IN: *Conservation International*. Brasil. 2005.

TEBALDI, C., RANASINGHE, R., VOUSDOKAS, M., RASMUSSEN, D.J., VEGA-WESTHOFF, B., KIREZCI, E., KOPP, R.E., SRIVER, R. & MENTASCHI, L. Extreme sea levels at different global warming levels. *Nature Climate Change*, 11, 746–751, 2021.

VANZOLINI, P., WILLIAMS, E.E. South American anoles: geographic differentiation and evolution of the *Anolis chrysolepis* species group (Sauria, Iguanidae). *Arquivos de Zoologia*. 19, 1–298. 1970.

ZADUNAISKY, J.Á. & LANDE, M.A. Calcium content and exchange in amphibian skin and its isolated epithelium. *American Journal of Physiology*, 222, 1309–1315. 1972.

A

Abrigos artificiais 42, 43
 Abundância 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
 Anisoptera 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
 Anuros 15, 17, 21
 Araucárias 42, 46

B

Bat house 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52
 Bioindicadores 2, 3, 53
 Biologia 15, 41, 53
Brachycephalus 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

C

Chiroptera 42, 43
 Coloração 15, 17, 18, 20
 Conservação 3, 15, 18, 20, 21, 24, 43, 46, 53

D

Diversidade 3, 16, 18, 19

E

Ecosistemas aquáticos 1, 2, 3
 Espécies 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 53

F

Floresta 15, 16, 17, 18, 19, 23, 42, 44, 46

I

Igarapés 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
 Insetos aquáticos 1, 3, 10, 12, 53
 Integridade ambiental 1, 2, 3, 4, 6, 9, 10, 13, 53

L

Libélulas 1, 2, 3, 10, 11, 14, 53

M

Molossidae 42, 43, 46
 Morcego 47

O

Odonata 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 53

R

Riqueza 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 18

V

Vespertilionidae 42, 43, 46

Z

Zygoptera 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

PROFICIÊNCIA NO CONHECIMENTO ZOOLOGÍCO 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



PROFICIÊNCIA NO CONHECIMENTO ZOOLÓGICO 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

