Trazendo a biologia de girinos para o século 21: resultados e metas do Primeiro Workshop Internacional sobre Girinos

Denise de C. Rossa-Feres[1], Matthew Venesky[2], Fausto Nomura[3], Paula C. Eterovick[4], Maria Florencia Vera Candioti[5], Marcelo Menin[6], Flora A. Juncá[7], Luis C. Schiesari[8], Célio F. B. Haddad[9], Michel V. Garey[10], Luciano A. dos Anjos[11], Richard Wassersug[12,13]

[1] *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Zoologia e Botânica. Rua Cristovão Colombo, 2.265, Jadim Nazareth, CEP 15054-000, São José do Rio Preto, SP, Brasil.*
[2] *Department of Biology, Allegheny College, 520 N Main St, Meadville, Pennsylvania 16335, U.S.A.*
[3] *Universidade Federal de Goiás (UFG), Instituto de Ciências Biológicas (ICB), Departamento de Ecologia. Rodovia Goiânia-Nerópolis, km 5, Sítio Itatiaia, CEP 74001-970, Goiânia, GO, Brasil.*
[4] *Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC). Avenida Dom José Gaspar, 500, Coração Eucarístico, CEP 30535-610, Belo Horizonte, MG, Brasil.*
[5] *CONICET. Crisóstomo Álvarez 722, 4000 San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.*
[6] *Universidade Federal do Amazonas (FAM), Departamento de Biologia. Avenida Rodrigo Otávio, 3.000, Coroado, CEP 69077-000, Manaus, AM, Brasil.*
[7] *Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Departamento de Ciências Biológicas. Avenida Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, CEP 44036-900, Feira de Santana, BA, Brasil.*
[8] *Universidade de São Paulo (USP), Escola de Artes Ciências e Humanidades, Gestão Ambiental. Rua Arlindo Bettio, Vila Guaraciaba, CEP 03828-000, São Paulo, SP, Brasil.*
[9] *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Zoologia. Avenida 24 A, 1.515, Jardim Bela Vista, CEP 13506-900, Rio Claro, SP, Brasil.*
[10] *Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). A/C Parque Tecnológico Itaipu, Avenida Tancredo Neves, 6.731, Conjunto B, CEP 85867-970, Foz do Iguaçú, PR, Brasil.*
[11] *Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Biologia e Zootecnia. Rua Monção, 226, Zona Norte, CEP 15385-000, Ilha Solteira, SP, Brasil.*
[12] *Sir Charles Tupper Medical Building, Department of Medical Neuroscience, Dalhousie University, 6299 South St, Halifax, Nova Scotia B3H 4R2, Canada.*
[13] *Department of Urologic Sciences, Gordon & Leslie Diamond Care Centre, University of British Columbia, 2329 West Mall, Vancouver, British Columbia V6T 1Z4, Canada.*

APRESENTAÇÃO

Girinos são tão comuns e frequentes quanto pouco conhecidos, seja em relação a taxonomia, comportamento ou a história natural. Apesar do Brasil abrigar a maior diversidade de anuros do mundo, com quase mil espécies conhecidas (Segalla *et al.,* 2014), os girinos de muitas espécies ainda são desconhecidos. Esse problema não é exclusivo do Brasil. No começo do século, aproximadamente ⅔ das quase 3.300 espécies de anuros com estágio larval não tinham seus girinos descritos (McDiarmid & Altig, 1999). A proporção de espécies neotropicais com girinos livre-natantes ainda não descritos é estimada em cerca de 40% (Provete *et al.,* 2012).

Como essa fase do ciclo de vida complexo dos anuros é particularmente pouco estudada nos neotrópicos, grandes e importantes lacunas de conhecimento em fisiologia, morfologia, comportamento e ecologia são facilmente detectadas. O histórico das pesquisas com girinos no Brasil revela uma predominância de estudos descritivos sobre morfologia, história natural e padrões de distribuição temporal e espacial (Andrade *et al.,* 2007). Apenas recentemente estudos sobre processos em comunidades começaram a incluir girinos (Prado & Rossa-Feres, 2014; Provete *et al.,* 2014; Almeida *et al.,* 2015) e os estudos filogenéticos cada vez mais incluem caracteres larvários (Haas, 2003; Frost *et al.,* 2006).

Estudos descritivos formam a base de todo conhecimento biológico e embasam hipóteses sobre processos ecológicos e evolutivos. Entretanto, considerando a extensa e heterogênea paisagem brasileira, a maioria dos estudos descritivos sobre estrutura de comunidades ainda são restritos a escalas geográficas locais (*e.g.,* Vasconcelos *et al.,* 2009; Provete *et al.,* 2014; Almeida *et al.,* 2015). Para prever os impactos de alterações no uso e cobertura da terra e de mudanças climáticas sobre os anuros em escalas espaciais amplas, precisamos inicialmente identificar os padrões existentes nos diferentes biomas e ecossistemas associados, ou seja, precisamos compreender e diferenciar variação natural das decorrentes de respostas às alterações nas paisagens causadas por atividades antrópicas. Estudos experimentais complementam nosso conhecimento sobre história natural, pois possibilitam testes de hipóteses. Entretanto, estudos de natureza experimental são raros no Brasil (Rossa-Feres *et al.,* 2011), a despeito do fato que girinos constituem um importante sistema-modelo em ecologia experimental já há cerca de meio século (revisão em Wilbur, 1997).

Para compreender o destino dos anuros no Brasil e proteger sua grande diversidade natural, necessitamos de estudos experimentais que explorem processos ecológicos em várias escalas espaciais. Estes estudos são fundamentais para nosso avanço em direção a uma ecologia preditiva e para estabelecer planos efetivos de conservação dos anuros (Rossa-Feres *et al.,* 2011). Porém, é necessário salientar que os estudos descritivos continuam necessários, pois muito pouco sabemos acerca, por exemplo, da biologia e do comportamento dos girinos.

Nesse contexto, o primeiro "Tadpoles International Workshop" foi realizado em 16 e 17 de março de 2015, na UNESP de São José do Rio Preto, SP. Sua finalidade foi reunir especialistas nessa fase da vida dos anuros para compartilhar informações e *insigths* por meio de palestras e discussões. Questões importantes em biologia e ecologia de girinos foram exploradas, como: (1) Em que o conhecimento sobre girinos pode contribuir para entendermos a diversidade de anuros no Brasil? (2) Qual o grau de variação morfológica inter

e intra-específica em girinos? (3) Qual a relação entre morfologia, filogenia e ecologia em comunidades de girinos? (4) O que dificulta o avanço nas pesquisas experimentais com girinos no Brasil e os estudos em escalas geográficas mais amplas? (5) Como doenças, parasitas e alterações no uso e cobertura da terra estão impactando comunidades de girinos no Brasil? (6) Quais os principais processos evolutivos e ecológicos que estruturam comunidades de girinos em diferentes biomas brasileiros? (7) Em que esse conhecimento pode contribuir para a capacidade preditiva de respostas às mudanças climáticas e de uso da terra?

Obviamente, questões como essas são complexas e englobam diferentes áreas do conhecimento. Nossa intenção, portanto, foi a de estabelecer um fórum para a discussão de conceitos e ideias aplicadas aos girinos, o qual evidenciou a importância dos estudos desta fase de vida dos anuros para o corpo teórico da zoologia e outras ciências, como ecologia e biogeografia. É nossa expectativa que a discussão iniciada neste Workshop possa ser um catalisador para a formação de programas de pesquisa multidisciplinares em biologia e ecologia de girinos. A seguir, apresentamos um breve resumo das palestras apresentadas.

RESUMOS DAS PALESTRAS

Eles não parecem sapos e não parecem peixes; então porque os girinos são desse jeito?

Richard J. Wassersug,
Dalhousie University, Halifax, Canadá

Nesta palestra eu apresentei os girinos e sua diversidade. Primeiro eu explorei os recursos comuns de larvas de anuros que os distinguem de peixes e rãs. A seguir, eu examinei as adaptações dos girinos para respiração de ar, alimentação e natação. Estas adaptações foram exploradas considerando a necessidade dos girinos terem um bom desempenho na água, ainda que, rapidamente, completem a metamorfose e tornem-se animais terrestres.

Girinos são obrigatoriamente metamórficos e tem uma existência transitória no ambiente aquático. Eles precisam metamorfosear-se rapidamente pois, como indivíduos em transição, não são eficazes nem na natação nem em saltar. O fato de possuírem uma cauda sem vértebras permite uma rápida metamorfose e lhes confere grande flexibilidade. Isso significa que eles tem grande aceleração angular, o que facilita a fuga de predadores.

O disco oral dos girinos tem função não somente na alimentação, mas também na respiração de ar. Quando um girino abre sua boca na superfície da água, o disco oral é simultaneamente projetado para a frente ao redor da boca, evitando que a água entre. Isso permite aos girinos aspirarem o ar rapidamente, reduzindo o período de tempo que permanecem na superfície, logo, sob o risco de ataque de predadores aéreos. Os dentes labiais dos girinos tanto ancoram o disco oral em uma superfície durante o forrageio quanto ajudam na raspagem da superfície, produzindo uma suspensão de material que é aspirado para dentro da boca durante a alimentação.

Embora a forma de um girino, com corpo globoso e cauda achatada, intuitivamente pareça ser menos eficiente do que a forma mais simples dos peixes, a modelagem dinâmica de fluidos mostra que essa forma não é necessariamente ineficiente. Ela permite o desenvolvimento de membros posteriores sem um aumento substancial na resistência, que os girinos iriam sofrer se tivessem que desenvolver membros posteriores tendo o formato de um peixe. A posição característica onde os membros posteriores se desenvolvem, num recuo na parte posterior do corpo e na base da cauda, é uma zona de "água morta". Enquanto ela permite o desenvolvimento dos membros sem adicionar muita resistência, funciona como uma zona de segurança, de onde é difícil para os girinos eliminar ou impedir a fixação de parasitas aquáticos. Isto pode explicar porque muitos parasitas nematóides penetram nos girinos por esta parte do corpo.

Coisas estranhas e maravilhosas sobre girinos.

Richard J. Wassersug,
Dalhousie University, Halifax, Canadá

Não é óbvio como os girinos conseguem gerar tanta pressão nem nadar tão rápido considerando o quão macias e flexíveis são suas caudas. Além disso, a natação dos girinos é caracterizada por uma série de oscilações laterais na região do focinho, que intuitivamente parecem tornar a natação pouco eficiente. No entanto, a cauda flexível dos girinos facilita a execução de pequenos giros e uma grande aceleração angular. As oscilações de grande amplitude no focinho significam que os girinos são mudando de direção o tempo todo, enquanto nadam em linha reta. Assim, as oscilações laterais podem tornar o seu caminho imprevisível, ajudando a evitar ataques de predadores.

Em velocidades modestas (< 5 Hz para os girinos de *Lithobates*) a cauda pode agir como um chicote quando os girinos nadam em linha reta, não havendo necessidade de produzir ondas de contração muscular ao longo da cauda. Entretanto, em velocidades maiores (> 6 Hz) é necessária a ativação muscular, para proporcionar a rigidez postural que controla (isto é, limita) excessivas deflexões laterais. A extremidade da cauda dos girinos auxilia na locomoção, mas por causa da pequena quantidade de músculo, não proporciona muito impulso. Antes, a extremidade da cauda pode agir passivamente, como a cauda de uma pipa, para controlar a deformação lateral excessiva.

A extremidade da cauda dos girinos também pode atuar como um chamariz para atrair ataques de predadores para longe do corpo, onde os mesmos seriam letais. Alguns girinos podem apresentar extremidades da cauda coloridas e brilhantes em habitats com grande concentração de predadores.

Por último, as nadadeiras da cauda dos girinos são viscoelásticas, o que significa que quando eles são esmagados por predadores aquáticos do tipo senta-e-espera, tais como náiades de libélula, elas podem esticar e rasgar facilmente, permitindo

que o girino se afaste com perda mínima de tecido. Ainda sob outras condições de pressão, as nadadeiras podem ser rígidas e pouco elásticas. Testes biomecânicos das nadadeiras da cauda dos girinos de *Lithobates* da América do Norte mostraram que as nadadeiras são mais rígidas em alta velocidade, como seria de se esperar quando os girinos precisam escapar da perseguição por um predador que nade rápido.

Como construir um girino: variações espaciais e temporais durante a ontogenia inicial dos anuros.

Maria Florencia Vera Candioti,
CONICET, Tucumán, Argentina

O desenvolvimento inicial nos anuros é extremamente interessante porque, nesta etapa, começam a se desenvolver estruturas tipicamente larvais (por ex., o disco oral) e aparecem estruturas exclusivas e transitórias, que geralmente desaparecem perto da eclosão e, portanto, não têm influência nos planos corporais da larva e adulto. Faço, nesta apresentação, um resumo dos resultados obtidos por nosso grupo de trabalho relativo à estudos comparativos em vários destes caracteres. 1) O disco oral em Leiuperinae. Nossos estudos mostram que a variação interespecífica das configurações orais das larvas pode ser o resultado de vias de desenvolvimento diferentes, mas também de mudanças heterocrônicas em vias compartilhadas; comparamos estes resultados com larvas de outras famílias com configurações similares e com larvas que possuem fórmulas dentarias maiores e menores. 2) Variações estruturais e mudanças na sequência de desenvolvimento das glândulas adesivas, glândulas de eclosão, brânquias externas e ciliação corporal. Como em estudos prévios, nossos resultados também mostram grandes variações nestes caracteres (por ex., tipos morfogenéticos de glândulas adesivas, número de pares de brânquias externas, persistência da ciliação) em diferentes níveis taxonómicos (interespecífico, inter-familiar), em muitos dos casos, relacionados com aspectos ecológicos (modo de ovoposição, local de desenvovimento dos embriões). 3) A cauda em Brachycephaloidea. Os poucos estudos comparativos da estrutura e ontogenia da cauda em embriões de desenvolvimento direto, mostram mudanças nas taxas de desenvolvimento e no arranjo espacial das aletas relativo ao eixo muscular da cauda, nas espécies de pelo menos duas famílias do clado. 4) Desenvolvimento de novidades. O estudo comparativo da ontogenia inicial de caracteres de modo convergente em algumas linhagens (*p. ex.,* ventosas abdominais, apêndices cutâneos) pode revelar restrições funcionais e de desenvolvimento, ou identificar alternativamente, soluções morfológicas diferentes para funções similares.

A grande variação no desenvolvimento dos girinos e das estruturas embrionárias elucidada até o momento indica a necessidade de investigar a variação em grupos pouco conhecidos e sugere que um estudo mais aprofundado destas estruturas em outros táxons pode ajudar a avançar a nossa compreensão sobre a influência da filogenia e da ecologia na variação no desenvolvimento dos girinos.

Diversidade da helmintofauna de anfíbios e as suas implicações para estudos de conservação.

Luciano Alves dos Anjos,
UNESP – Ilha Solteira, SP

Embora a maior diversidade de espécies biológicas no nosso planeta esteja concentrada nas regiões tropicais, as biotas dessas áreas tropicais ainda são relativamente subamostradas. Soma-se a este, o fato que o número de organismos recém descobertos está desaparecendo mais rapidamente do que o número de descrições de novos organismos. Dentro do grupo de espécies pouco amostradas destacamos os helmintos parasitas de anfíbios, que representam um verdadeiro "zoológico invisível", uma vez que os parasitas representam uma "diversidade oculta" dentro da diversidade que estamos acostumados a ver "a olho nú". Apenas uma pequena parte desta diversidade de parasitas é de importância médica ou veterinária, o restante constitui uma parte importante da biodiversidade em todos os ecossistemas, contribuindo para a manutenção da diversidade local de hospedeiros e das funções ecossistêmicas. Além disso, por estarem intimamente relacionados à biologia e ecologia dos seus hospedeiros, atuam na regulação de populações e comunidades biológicas. Embora o Brasil apresente a maior diversidade mundial de anfíbios com mais de 940 espécies descritas, a fauna de helmintos associada é conhecida para apenas cerca de 60 a 80 espécies de anuros.

A fauna parasitária associada a girinos é praticamente desconhecida no Brasil. Espécies de anfíbios que utilizam corpos d'água em alguma fase do seu ciclo de vida, para reprodução ou forrageamento, estão mais susceptíveis à infecção por helmintos, principalmente os trematódeos digenéticos, cujas larvas infectam os girinos. Aspectos da biologia e ecologia do anuros tais como modo reprodutivo, tipos de larvas e habitat estão intimamente relacionados com a helmintofauna associada. Por sua vez, essa helmintofauna é dependente da comunidade local de hospedeiros e das condições e qualidade ambiental à qual essa comunidade está exposta. A interação entre helmintos e anfíbios representa um excelente modelo de estudos para avaliar estresse ambiental, conservação das espécies envolvidas e mesmo aspectos históricos e biogeográficos dos anfíbios envolvidos.

Integrando biologia dos organismos e ecologia de populacões no estudo da quitridiomicose em anfíbios.

Matthew D. Venesky,
Allegheny College, Meadville PA, USA

Patógenos infecciosos emergentes acarretam custos tremendos sobre a vida selvagem, a saúde humana e a sociedade. Em particular, fungos patogênicos têm causado alguns dos maiores eventos de mortalidade nos tempos modernos e representam uma ameaça desproporcionalmente maior para a biodiversidade vegetal e animal do que qualquer outro grupo de agentes patogênicos. O fungo quitrídio dos anfíbios (*Batrachochytrium dendrobatidis;* "Bd") é de grande preocupação porque é o agente causal de centenas de declínios populacionais

e extinções de anfíbios. Em girinos, Bd infecta unicamente as peças queratinizadas do aparelho oral e provoca deformidades e perda de dentículos, que podem levar a uma redução nos atributos associados com sobrevivência (por exemplo, o crescimento e as taxas de desenvolvimento).

Em girinos bentônicos (*Bufo americanus*) e nectônicos (*Hyla versicolor*) as infecções por *Bd,* e a subsequente perda de dentículos, levam o disco oral de girinos a escorregar para fora da superfície onde estão se alimentando, impedindo-os de forragearem de forma eficiente. Isso resulta em redução do consumo de alimentos em ambas as espécies, o que algumas vezes é evidente ao longo da maior parte do período de desenvolvimento dos girinos. Além disso, o consumo de alimentos é linearmente correlacionado com a intensidade de infecção por *Bd,* e girinos com maiores taxas de infecção consomem menos alimento do que girinos com menores taxas de infecção.

Em comunidades de girinos, as espécies diferem em sua resistência ao *Bd,* em parte porque as espécies se comportam de forma diferente e também porque há variação no número de peças bucais queratinizadas. Para testar como esta variação afeta o resultado dessa infecção, demonstrei que um girino filtrador (*Gastrophryne carolinensis,* que não possui peças bucais queratinizadas) remove zoósporos de Bd da água, enquanto que um girino que se alimenta raspando algas de substratos (*Bufo terrestris,* que tem muitas peças bucais queratinizadas) não remove zoósporos. Além disso, girinos de *B. terrestris* apresentaram as taxas mais altas de infecção por *Bd.* Devido a estas diferenças biológicas, quando girinos de *G. carolinensis* foram mantidos em comundiades de duas ou três espécies, eles diluiram a intensidade de infecção por *Bd.* Em contrapartida, sempre que girinos de *B. terrestris* foram mantidos nas mesmas comunidades, eles amplificaram a intensidade de infecção por *Bd.* Os dados de campo de prevalência de Bd ao longo do continente norte-americano revelam padrões similares aos dos experimentos de laboratório, indicando que os resultados são robustos e ecologicamente relevantes.

Além disso, estudos recentes sobre infecção por Bd em girinos indicam que a evolução dessa doença é dependente de condições do hospedeiro. Em um experimento de laboratório, demonstrei que a quantidade de proteína na dieta pode ter grande impacto sobre os atributos imunológicos do hospedeiro e que os girinos alimentados com uma dieta pouco proteica têm baixa resistência ao *Bd.* Estes resultados ressaltam a importância de testar a evolução das doenças sob uma variedade de configurações ecológicas, e reforçam a necessidade de vincular as condições do hospedeiro com parâmetros fisiológicos/imunológicos quando estudamos doenças infecciosas.

Diversidade de girinos no Brasil.

Michel Varajão Garey,
Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, PR

O que sabemos a respeito da diversidade de girinos no Brasil? Atualmente, são conhecidas 1.026 espécies de anfíbios no Brasil, das quais 988 pertencem à ordem Anura. A riqueza de anuros entre os diferentes biomas não é uniforme. O bioma que abriga a maior riqueza de anuros é a Mata Atlântica, seguida da Amazônia, depois Cerrado, Caatinga, Pampas e, por fim, o Pantanal. Nos biomas maios ricos em espécies de anuros (Mata Atlântica e Amazônia) encontramos também o maior numero de espécies com modos reprodutivos independentes de corpos d'água (por exemplo, famílias Brachycephalidae e Craugastoridae). No Brasil, 793 espécies possuem girinos aquáticos, das quais apenas 495 espécies (62%) tem os girinos formalmente descritos.

O que sabemos a respeito da distribuição dos girinos no Brasil? Atualmente sabemos que fatores bióticos e abióticos influenciam a distribuição da riqueza e a composição das assembleias de girinos. Fatores abióticos (características ambientais), como o tipo de ambiente (lêntico ou lótico), atuam como filtros ecológicos influenciando a seleção de habitat das espécies e, consequentemente, influenciam a riqueza e composição das espécies que irão ocorrer nesses ambientes. Diversos estudos têm esclarecido como as características estruturais do habitat influenciam a riqueza e composição das assembleias de girinos. Os principais filtros parecem ser o hidroperíodo e a cobertura de dossel. Entretanto, outros fatores como a quantidade de vegetação aquática, diversidade de microhabitats e características físico-químicas da água também parecem ser importantes em algumas assembleias. Além disso, o arcabouço teórico recentemente fornecido pela teoria de metacomunidades possibilitou detectar a influência de fatores espaciais (*e.g.,* distância entre corpos d'água) na estruturação das assembleias. O número de estudos realizados à luz da teoria de metacomunidades envolvendo assembleias de girinos tem aumentando significativamente, o que tem ajudado a compreender o papel de fatores relacionados ao nicho e a processos neutros na distribuição espacial dos girinos.

Com base em tudo o que foi exposto, qual é o futuro dos estudos envolvendo as assembleias de girinos? Um importante desafio a ser enfrentado é entender como os processos de deriva, seleção, dispersão e especiação geram e mantêm os padrões de riqueza e composição de espécies. As abordagens fundamentadas na ecologia funcional e filogenética são importantes, e a pesquisa nessas áreas está aumentando e pode nos ajudar a compreender melhor o que origina e regula a estrutura de comunidades de girinos. Entretanto, existe uma grande escassez de estudos com essas abordagens em assembleias de girinos. A união dessas ferramentas em análises de metacomunidades parece ser um futuro promissor dentro da ecologia de comunidades e sustenta a expectativa de um avanço na nossa compreensão sobre ecologia de comunidades de girinos.

Fatores espaciais e ambientais determinando a estrutura de comunidades de girinos na Amazônia Central: efeitos da escala e do habitat.

Marcelo Menin,
Universidade Federal do Amazonas, Manaus – AM

A estrutura de comunidades de girinos pode ser afetada por fatores bióticos (*p. ex.,* competição, predação), abióticos (*p. ex.,*

características físicas e químicas da água, estrutura das poças, hidroperíodo), temporais (*p. ex.,* sazonalidade das variáveis climáticas), espaciais (a localização e a distância dos corpos d'água) e históricos (processos biogeográficos, os quais formam o *pool* regional de espécies). Características físicas e químicas da água (*p. ex.,* pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido), são consideradas importantes determinantes para comunidades de organismos aquáticos em geral e especificamente influenciam comunidades de girinos. A condutividade elétrica e a temperatura influenciam comunidades de girinos que vivem em bancos de macrófitas em lago da Amazônia. Em estudo recente na mesma área, o número de poças e a largura da área inundável pelos riachos de florestas de terra firme foram fortemente relacionados à riqueza de espécies.

Como os girinos são presas para uma variedade de espécies de vertebrados e invertebrados, os predadores também podem afetar a estrutura da comunidade de girinos em diferentes habitats aquáticos. Na Amazônia Central, estudos conduzidos em poças encontradas nas margens dos riachos indicaram que as comunidades de girinos são reguladas pelas comunidades de predadores. Por outro lado, a densidade de predadores não foi um fator biótico importante quando estudos foram conduzidos em escala espacial mais ampla, tanto em poças de florestas de terra firme quanto em lagos. De acordo com os estudos conduzidos na Amazônia Central, a influência de predadores sobre a riqueza e composição de espécies nas comunidades de girinos permanece indefinida, mas pode estar relacionada à escala espacial e às diferenças entre os habitats estudados.

Portanto, precisamos promover avanços no entendimento dos padrões e processos que atuam na estrutura das comunidades de girinos na Amazônia. Uma abordagem integrativa combinando diversidade filogenética e funcional pode ajudar a compreender melhor a importância da composição de espécies em termos evolutivos, aumentando as chances que medidas de conservação baseadas neste conhecimento possam ser efetivas para a proteção da diversidade de anfíbios na Amazônia.

Girinos de ecótones semiáridos.

Flora Acuña Juncá,
Universidade Estadual de Feira de Santana,
Feira de Santana, BA

A região semiárida do Brasil tem uma área de mais de 982.000 km^2 e abrange 1.133 municípios. A vegetação inclui diferentes formações, principalmente de Caatinga, mas também ocorrem áreas de florestas, campos rupestres e cerrados. Nessas áreas, a precipitação não ultrapassa 800 mm. No estado da Bahia, cuja extensão é cerca de 560.000 km^2, o semiárido representa a principal porção, embora haja um percentual menor de Mata Atlântica a leste. Em ambas as formações, Caatinga ou Mata Atlântica, o conhecimento da fase larval dos anuros pode representar um diferencial para o reconhecimento da riqueza das espécies locais. Na Mata Atlântica, os adultos de muitas espécies são de dossel, sendo de difícil coleta, enquanto que na caatinga, muitas espécies tem reprodução explosiva, e os adultos desaparecem dos ambientes de reprodução em seguida. Nos dois casos, os girinos são de acesso mais fácil. Entretanto, o reconhecimento taxonômico das larvas de anuros é ainda incipiente.

Em outro contexto, voltado a ambientes semiáridos da região Nordeste do Brasil, destaca-se a imprevisibilidade e heterogeneidade dos ambientes aquáticos. Estas duas características poderiam determinar a riqueza de espécies e os ecomorfotipos de girinos associados. Então, para aumentar o conhecimento taxonômico e ao mesmo tempo iniciar um estudo sobre ecomorfotipos e condições ecológicas associadas aos girinos de ambiente semiárido, deu-se início a um estudo no município de Maracás, estado da Bahia. Foram amostrados 30 ambientes aquáticos e coletados girinos e predadores potenciais. A metodologia de coleta e medidas morfológicas foi padronizada segundo protocolos do projeto SISBIOTA Girinos. Foram tomadas 18 medidas em, no mínimo, cinco girinos de cada espécie. Foram reconhecidas 24 espécies distribuídas em seis famílias. Através de uma análise de componentes principais (PCA), foram reconhecidos 7 ecomorfotipos: carnívoro (1 espécie), macrófago (3 espécies), nectônico (6 espécies), raspador de suspensão (2 espécies), raspador (2 espécies), filtrador de suspensão (1 espécie) e bentônico (10 espécies). Bentônico foi o ecomorfotipo mais diverso e foi possível separar, através do PCA, quatro subtipos. As características morfológicas que diferenciaram esses subtipos foram largura da musculatura e comprimento da cauda, e altura das nadadeiras. Dois subtipos puderam ser relacionados a ambientes rasos, um subtipo a ambientes fundos e um subtipo ao ambiente de correnteza. Nos 30 pontos amostrais, o número de espécies variou de 1 a 8 e o número de ecomorfotipos de 1 a 6. Entretanto, a heterogeneidade da vegetação, o número de predadores, a profundidade e área do corpo d'água não explicaram a riqueza de espécies ou o número de ecomorfotipos presentes. Outros fatores, portanto, poderiam estar envolvidos na determinação do número de espécies ou ecomorfotipos.

Anuros isolados em um mundo superpovoado: quanta ocupação humana eles podem suportar?

Paula Cabral Eterovick,
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais,
Belo Horizonte, MG

Declínios populacionais de anfíbios ocorrem em todo o mundo, sendo suas principais causas relacionadas a atividades humanas que promovem destruição/fragmentação de habitats, tais como agricultura, pecuária, mineração, queimadas e desenvolvimento urbano. O Brasil é o país mais rico no mundo em espécies de anfíbios, porém suas regiões de maior riqueza estão sofrendo altas taxas de degradação de habitats. No entanto, existem poucos relatos confiáveis de declínios de anfíbios. Sendo assim, é importante que sejam desenvolvidos métodos capazes de detectar deterioração da saúde das populações de anfíbios antes que declínios severos ocorram.

Com este propósito, nós testamos o uso de medidas de assimetria flutuante (AF) em girinos e anuros adultos, assim como

estimativas de heterozigosidade para detectar stress de origem antrópica nas populações. Nossa hipótese é que uma maior ocupação humana na paisagem resultaria em condições mais estressantes para anfíbios anuros. O estudo foi conduzido da Cadeia do Espinhaço no sudeste do Brasil, usando como modelo a perereca endêmica *Bokermannohyla saxicola* (Hylidae).

Os níveis de AF de girinos e adultos diferiram significativamente entre localidades, porém não houve relação entre os níveis de AF e as alterações causadas pela ocupação humana na paisagem. A heterozigosidade, por outro lado, foi inversamente relacionada a AF em anuros adultos, tendendo a diminuir com o aumento da ocupação humana na paisagem. Nossa principal conclusão foi que a heterozigosidade reduzida pode ter como causa a ocupação humana (entre outras causas) e é relacionada a AF, indicando altos níveis de stress em populações de *Bokermannohyla saxicola*.

Girinos como organismos modelo para compreender as consequências do uso e manejo da terra sobre a biodiversidade.

Luis Cesar Schiesari,
Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

A conciliação da produção agrícola com a conservação da biodiversidade dependerá de aumentar o valor de paisagens agrícolas como habitat e/ou como matriz de dispersão para a biodiversidade. Para isso precisamos entender melhor como o uso e manejo da terra influencia a biodiversidade. Propomos que girinos (e organismos cercando girinos em teias alimentares aquáticas) constituem um excelente sistema de estudo para avaliar as consequências do uso e manejo da terra para a biodiversidade. Na verdade, por mais de 40 anos larvas de anfíbios têm sido utilizadas como sistemas-modelo em ecologia de comunidades pela sua tratabilidade experimental, e pela possibilidade de manipulação em condições de laboratório, mesocosmos, e campo. Mais recentemente, larvas de anfíbios se tornaram sistemas-modelo em estudos ecotoxicológicos (e. g., FETAX), e em estudos na interface da ecologia e da ecotoxicologia.

Nós conduzimos amostragens de habitat e comunidades biológicas em corpos d´água lênticos distribuídos ao longo de gradientes de intensidade de uso da terra no interior de São Paulo (Floresta Atlântica Estacional Semi-Decídua/cerradão < pastagens < canaviais) e nas Cabeceiras do Xingu (Floresta de Transição Cerrado/Mata Amazônica < pastagens < plantações de soja). O sistema de estudo compreendeu algas como produtores, girinos como consumidores e organismos focais, e peixes e insetos aquáticos como predadores. Simultaneamente, conduzimos experimentos em laboratório, mesocosmos e campo manipulando o mesmo sistema de estudo para entender melhor os vetores de alteração ambiental responsáveis pelos padrões observados em campo. Documentamos um forte sinal de uso e manejo da terra sobre a diversidade de girinos. No entanto, este sinal foi muito diferente em terras convertidas para cana-de-açúcar e para soja. Canaviais foram empobrecidos em relação ao cerrado, mas abrigaram várias espécies de girinos e insetos, sendo portanto permeáveis e/ou funcionando como habitat para ao menos uma fração da biodiversidade aquática. Em contraste, relativo à floresta, campos de soja foram enriquecidos em espécies de anfíbios mas desprovidos de insetos. Estes efeitos ocorreram porque a conversão da terra efetivamente criou habitats pela compactação do solo, e porque a pesada aplicação de pesticidas afeta predadores invertebrados mais do que girinos. Mesmo assim, experimentos de laboratório manipulando ovos, embriões e larvas demonstraram efeitos letais e subletais de pesticidas e fertilizantes nitrogenados mesmo quando manipulados nas doses de aplicação recomendadas pelos fabricantes. A resposta da fauna de anfíbios ao uso e manejo da terra aparenta ser influenciada por 1) características regionais como fitofisionomia, estrutura do solo e sazonalidade, 2) características ambientais no nível da paisagem como estrutura e tipo da paisagem, e intensidade de uso da terra, e 3) a identidade e atributos das espécies representadas na comunidade.

Ecomorfologia de girinos e morfometria geométrica.

Fausto Nomura,
Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO

A origem e o significado da diversidade morfológica de girinos têm despertado a curiosidade de herpetólogos desde os trabalhos de Orton (1943) e Starrett (1973), entre outros. Entretanto, apenas partir do trabalho de Altig & Johnston (1989) que o conceito de ecomorfologia foi introduzido no vocabulário de qualquer pesquisador que trabalhe com girinos. Neste artigo, os autores definiram diversas guildas ecomorfológicas, que hoje são utilizadas como uma forma de classificar tipos morfológicos em girinos mas sem o cuidado, como sugerido pelos autores, de se verificar a devida correspondência da forma com alimentação, hábito etc. Isso pode originar diversos erros relacionados a suposições errôneas sobre os hábitos (alimentares, de ocorrência etc.) dos girinos que, consequentemente, podem contaminar estudos ecológicos, biogeográficos e de investigação de outros padrões.

Existem diferentes abordagens para a exploração das relações ecomorfológicas entre organismos, mas enfatizei as abordagens para descrição da variação morfológica entre indivíduos (ou populações, espécies etc.): a morfometria tradicional (contagens, comprimento, largura etc.), índices ecomorfológicos (razões entre comprimentos etc.) e a morfometria geométrica (conjunto de coordenadas). Aparentemente, a morfometria tradicional tende a superestimar a influência de efeitos filogenéticos, enquanto a morfometria geométrica é mais precisa. Os índices ficariam no meio do caminho. Entretanto, a morfometria geométrica é muito sensível a variação morfológica, sendo mais precisa para registrar variações pequenas do que grandes mudanças morfológicas (por exemplo, a torção da boca em *Phasmahyla,* a ausência de narinas em Microhylidae ou espiráculos em posição ventral). Independentemente da técnica, também existem algumas dificuldades para se gerar e testar hipóteses tendo como base a ecomorfologia, como a dificuldade

de se representar alguns comportamentos para os quais ainda não existem estruturas morfológicas especializadas e para representar a plasticidade fenotípica.

Girinos nos trópicos: o que sabemos e o que podemos aprender nas próximas décadas?

Considerando o conhecimento atual sobre girinos neotropicais, o Workshop foi encerrado com uma Discussão Aberta intitulada "Lacunas no conhecimento sobre girinos neotropicais: quais são as questões mais importantes a serem respondidas nos próximos 10 anos?". Nessa Discussão, os participantes, os palestrantes e a audiência do Workshop (Fig. 1) objetivaram identificar questões importantes que pudessem orientar e estimular os estudos sobre girinos nos próximos 10 anos. Foram selecionados dois temas gerais – "Biologia" e "Ecologia de Comunidades". Cada tema foi discutido, separada e independentemente, por dois grupos, que ao final se reuniram para identificar os temas mais fortes e comuns que surgiram. Ao final, o grupo completo se reuniu para rever as recomendações.

As perguntas apresentadas aqui foram identificadas como de importância fundamental para o avanço do nosso conhecimento sobre biologia e ecologia de comunidades de girinos no Brasil. Com o objetivo de contextualizar os problemas detectados, apresentamos uma fundamentação resumida para as questões e problemas que identificamos em cada tema.

Tema Biologia de Girinos

Fundamentação

O estudo comparativo do desenvolvimento, qua analisa a relação entre táxons de vertebrados, tem uma história que remonta 150 anos atrás (*i.e.,* Haeckel, 1874). Entretanto, essa abordagem comparativa alcançou um pico nas décadas recentes, conforme a biologia do desenvolvimento focou cada vez mais em espécies modelo (*e.g.,* "peixe-zebra"). Desde a década de 1930, *Xenopus laevis* (*e.g.,* Dickinson & Sive, 2006; Nieuwkoop & Faber, 1956; Weisz, 1945) tem sido "o sapo modelo" e a biologia do desenvolvimento dessa espécie é muito melhor conhecida que a de muitas outras espécies.

Devido ao renovado interesse na relação entre evolução e desenvolvimento (*e.g.,* Gould, 1977; Hanken & Thorogood, 1993), mudanças no tempo de desenvolvimento (heterocronia) são reconhecidas agora como um determinante da variação morfológica entre espécies (revisão em Richard, 1995). De fato, há um crescente reconhecimento que a diversidade morfológica de girinos de diferentes espécies pode ser atribuída



Participantes do primeiro "Tadpoles International Workshop", realizado em 16 e 17 de março de 2015, na UNESP de São José do Rio Preto, SP.

a mudanças em suas trajetórias ontogenéticas. Infelizmente, entretanto, o início do desenvolvimento de girinos é bem estudado em poucas espécies e apenas para poucos sistemas anatômicos (*e.g.,* Bell & Wassersug, 2003; De Bavay, 1993; Duellmann & Trueb, 1986; Dziminski & Anstis, 2004; Hall *et al.,* 1997). De modo ompreensível, muitos estudos têm focado na morfologia externa, que é mais conspícua (*e.g.,* Nokhbatolfoghahai & Downie, 2005, 2007, 2008; Nokhbatolfoghahai *et al.,* 2006; Chipman *et al.,* 2000). Sabemos agora que a variação interespecífica, por exemplo, na configuração do disco oral e na estrutura da cauda, podem ser resultado de novas vias de desenvolvimento, bem como de mudanças heterocrônicas (Salica *et al.,* 2011; Vera Candioti *et al.,* 2011; Goldberg *et al.,* 2012; Goldberg & Vera Candioti, no prelo). Além disso, estamos cada vez mais cientes da grande complexidade anatômica das estruturas internas, como a cavidade bucal e o condrocrânio das larvas dos anuros. Isso ampliou a lista de caracteres anatômicos que podem ser utilizados para diferenciar girinos de diferentes táxons, os quais, por sua vez, são adequados para estudo de desenvolvimento.

A clássica abordagem "caráter por caráter" em estudos comparativos de desenvolvimento de girinos (*e.g.,* "Essa espécie tem um desenvolvimento truncado do disco oral.") pode agora ser ampliada em estudos integrativos, que empregam abordagens multivariadas para revelar a trajetória do desenvolvimento da forma geral de algumas, senão de todas, estruturas dos girinos. Essa abordagem possibilitou perguntar, entre outras coisas, se há truncamento equivalente em características larvais que correspondam a mudanças, por exemplo, no disco oral. De forma semelhante, é possível agora quantificar a relação das mudanças nas formas com as mudanças no tamanho e idade dos girinos ao longo do seu desenvolvimento (*e.g.,* perguntando "As larvas truncadas são também menores e mais novas?").

Novas técnicas sofisticadas, tais como a reconstrução 3D e CT scan, estão disponíveis para complementar as dissecações (por exemplo, de Haas *et al.,* 2014). Esta contemporânea abordagem "evo-devo" (evolutionary developmental biology), e as novas ferramentas analíticas para estudar mudança na forma, podem ser aplicadas não só para o desenvolvimento inicial dos anuros, mas também para estudar a metamorfose. Isso possibilita, cada vez mais, explorar como a ontogenia inicial das larvas resulta não apenas nas características dos girinos, mas também nas características dos anuros adultos (por exemplo, Fabrezi & Quinzio, 2008).

Uma área que merece mais atenção é a avaliação da relação entre as estruturas anatômicas das larvas de anuros e suas respectivas funções. Devido ao pequeno tamanho e à velocidade com que os girinos se locomovem, o comportamento das larvas dos anuros tem sido de difícil documentação, não apenas no campo (onde muitas espécies possuem coloração críptica e se escondem na vegetação), mas também em laboratório. Entretanto, ferramentas recentes como equipamentos videográficos de alta velocidade, ficaram muito mais baratos em comparação a décadas passadas, de forma que mais pesquisadores podem obter esses equipamentos. Dessa forma, tem se tornado cada vez mais viável para os biólogos capturar e estudar ações complexas como, por exemplo, a movimentação das estruturas do disco oral cuja velocidade não pode ser acompanhada a olho nu (Deban & Olson, 2002; Venesky *et al.,* 2013).

Apesar de girinos de diferentes espécies serem frequentemente caracterizados por tipos ecomorfológicos (McDiarmid & Altig, 1999), esse esquema de classificação não é refinado e baseia-se em dados ecológicos limitados como, por exemplo, se os girinos ocorrem sobre o fundo do corpo d'água ou na coluna d'água. Dessa forma, girinos de muitas espécies acabam sendo enquadrados no mesmo tipo ecomorfológico, o que pouco contribui para a compreensão sobre como girinos de diferentes espécies partilham o ambiente aquático. Ainda é necessário que muito mais seja feito para entender a ecologia comportamental no ambiente natural dos girinos. Para que isso aconteça, precisamos conhecer mais sobre a história natural dos girinos. Por exemplo, não podemos continuar assumindo que o local de um corpo d'água onde os girinos são encontrados corresponde necessariamente ao habitat ideal. Ao invés disso, a pressão dos predadores pode ter restringido os girinos à região marginal do corpo d'água, impondo, além disso, variações no seu deslocamento e na atividade de alimentação ao longo do ciclo diário, como sugerido por Warkentin (1992).

Recentemente, tem sido demonstrado que muitas espécies exibem plasticidade fenotípica na presença de estressores, como parasitas, toxinas e predadores. Os girinos de algumas espécies podem mudar de forma e/ou coloração, assim como de comportamento quando expostos a estressores ambientais (Relyea, 2001). Isso levou às questões apresentadas a seguir, sobre a fisiologia sensorial dos girinos. O que está claro é que nem todas as espécies são sensíveis ou respondem da mesma maneira aos vários estressores. Para resolver essa questão e entender porque algumas espécies são mais sensíveis e plásticas, precisamos desenvolver mais estudos comparativos sobre a fisiologia sensorial, morfologia funcional, toxicologia e biologia de doenças em girinos.

O Brasil, com sua exuberante diversidade de anuros pré e pós-metamórficos, se destaca como um dos melhores lugares do planeta para estudar não apenas a diversidade no desenvolvimento dos anuros bem como sua ecologia, considerando a crescente lista de estressores que ameaçam globalmente os anuros.

Problema/Lacuna 1: Desconhecimento sobre as vias de desenvolvimento que contribuem para a grande diversidade morfológica dos girinos e as características dos girinos que influenciam seu desempenho funcional

1) Como as vias de desenvolvimento explicam/determinam a diversidade morfológica em girinos?
2) Como a diversidade morfológica se relaciona com o desempenho funcional?
3) Como podemos melhorar a identificação taxonômica da fase larval, e como podemos padronizar e fazer descrições completas?
4) Quais sistemas ecomorfológicos estão sujeitos a plasticidade? Quais são as bases biológicas que contribuem para que girinos de algumas espécies tenham maior plasticidade que outros?

Problema/Lacuna 2: Quase ausência de conhecimento sobre performance fisiológica e respostas dos girinos de espécies neotropicais a diferentes estressores

5) Como as mudanças ambientais impactam a performance dos girinos e por meio de quais mecanismos fisiológicos?
6) Como a interação sinergística entre diferentes estressores afeta os girinos?
7) Por que as espécies respondem de modo diferente a condições de estresse e por que algumas são ameaçadas enquanto outras são mais resistentes?
8) Quais são os mecanismos sensoriais usados pelos girinos para evitar estressores? Como eles percebem os estressores?

Tema Ecologia de Comunidades

Fundamentação

Até por volta do final da década de 90, os estudos em ecologia de comunidades eram dominados pela perspectiva do nicho como o único conjunto de processos estruturando comunidades, perspectiva essa originada e fundamentada no princípio da similaridade limitante (*e.g.,* MacArthur & Levins, 1967; Diamond, 1975). Duas novas perspectivas ampliaram o escopo e a abordagem dos estudos nessa área (revisão em Cavender-Bares *et al.,* 2009 e HilleRisLambers *et al.,* 2012): o avanço na obtenção e disponibilização de dados filogenéticos (*e.g.,* Cadle & Greene, 1993; Webb *et al.,* 2002) e a teoria neutra da diversidade (Hubbell, 2001). Enquanto restritos aos processos relacionados à teoria do nicho (Hutchinson, 1957; MacArthur & Levins, 1967; Chase & Leibold, 2003), que incluem interações bióticas e abióticas tais como a habilidade competitiva das espécies, os efeitos da predação e de variáveis do habitat atuando como filtros ambientais (Keddy, 1992; Weiher & Keddy, 1995), os resultados obtidos eram fortemente contingentes aos organismos e seus ambientes específicos (Lawton, 1999; Vellend, 2010). A inclusão de dados filogenéticos, considerando eventos de especiação, adaptação, extinção e dispersão, que conjuntamente deram origem às linhagens representadas nas comunidades, possibilitou introduzir a perspectiva evolutiva na compreensão dos processos de estruturação das comunidades (Cadle & Greene, 1997; Leibold *et al.,* 2010; Mouquet *et al.,* 2012). A teoria neutra da biodiversidade (Hubbell, 2001) expandiu o foco dos estudos para além do habitat local, ao considerar processos como dispersão entre habitats e eventos estocásticos, só possíveis de serem analisados numa escala espacial mais ampla.

Esse avanço foi acompanhado pelo rápido desenvolvimento de uma miríade de ferramentas estatísticas (*e.g.,* Leibold & Mikkelson, 2002; Webb *et al.,* 2008; Presley *et al.,* 2010; Maddison & Maddison, 2011; Pavoine *et al.,* 2011; Ulrich, 2012; Ulrich *et al.,* 2012), incluindo novos softwares desenvolvidos na última década (*e.g.,* Rangel *et al.,* 2010; Dallas, 2014). Essas ferramentas possibilitaram a aplicação desse novo escopo teórico em estudos empíricos e, atualmente, avaliar a influência relativa dos processos históricos, neutros e relacionados ao nicho está no centro dos debates em ecologia de comunidades (*e.g.,* Cavender-Bares *et al.,* 2009, Howeth & Leibold, 2010; HilleRisLambers *et al.,* 2012). Além do forte cunho teórico, possibilitando desvendar regras de formação de comunidades (Diamond, 1975; Chase & Leibold, 2003; Ulrich *et al.,* 2010; Pavoine *et al.,* 2011), essa recente e expandida abordagem também fornece informações fundamentais para orientar planos de manejo e conservação, podendo direcionar o foco das ações em âmbitos locais, de paisagem e, inclusive, macroecológicos.

Entretanto, a aplicação dessas métricas não possibilitou a detecção de um padrão sobre a influência relativa de processos baseados no nicho, filogenéticos e neutros na estruturação de comunidades e, pelo menos para os anuros, os resultados são conflitantes (*e.g.,* Parris, 204; Iop *et al.,* 2013; Melo *et al.,* 2014; Prado & Rossa-Feres, 2014; Provete *et al.,* 2014; Almeida *et al.,* 2015). Apesar de poucos estudos sobre estruturação de comundiades de anuros terem sido desenvolvidos no Brasil, os resultados diferentes podem estar indicando uma associação contingente de determinados processos com biomas ou sistemas ecológicos específicos (*e.g.,* riachos ou poças, áreas preservadas ou alteradas, formações abertas ou de floresta) ou representar uma questão de escala espacial (Leibold *et al.,* 2004; Swenson *et al.,* 2007). Em uma escala espacial mais restrita, os principais processos que atuam na distribuição das espécies são os relacionados ao nicho (Hutchinson, 1957) e os processos neutros, principalmente relacionados a capacidade de dispersão das espécies (Hubbell, 2001). Entretanto, com o aumento da escala espacial considerada, torna-se maior a influência de processos de dispersão na estrutura das comunidades, uma vez que a distância limita a dispersão das espécies (Hubbell, 2001; Ng *et al.,* 2009; Astorga *et al.,* 2012).

Tão importante quanto investigar a existência de padrões ou, por outro lado, buscar compreender a variação nos processos que regulam as comunidades, é a percepção que, a despeito da crescente complexidade e refinamento das análises, a interpretação dos resultados é fortemente fundamentada no conhecimento biológico do pesquisador. Longe de ser uma falha, isso evidencia a importância de investir na diminuição da lacuna de conhecimento sobre história natural e biologia de anuros nas regiões tropicais.

De fato, a escassez de informações acerca da história natural das espécies é uma das grandes dificuldades encontradas em estudos de ecologia de comunidades de anuros, assim como em sua conservação (Verdade *et al.,* 2012; Toledo *et al.,* 2014), principalmente no que se refere ao estágio larval. A digitalização de dados vem acelerando o progresso científico e criando oportunidades como um amplo acesso aos dados, conexão de informações sobre tópicos tais como localização geográfica, espécimes testemunho, categorias de ameaça, sequências genéticas (*e.g.,* Hajibabaei *et al.,* 2007; IUCN, 2015; Ellwood *et al.,* 2015). A informação disponível sobre história natural de anfíbios se encontra dispersa na literatura (*e.g.,* Lima & Eterovick, 2003; Lima *et al.,* 2014a, b), mas atualmente não existe uma base de dados eletrônica específica para organizar, padronizar e comparar dados de história natural. Assim como dados sobre história natural de girinos, dados de distribuição geográfica das espécies são particularmente importantes para se prever como as ameaças vigentes às populações de anfíbios podem afetá-las (Hof *et al.,* 2011).

Uma das principais causas de mortalidade em populações animais são as doenças infecciosas emergentes (Daszak *et al.,* 2000). Estas doenças são preocupantes especialmente para espécies em declínio populacional, que ocupam localidades com deterioração ou perda de habitat ou que apresentam distribuição restrita (Daszak *et al.* 2000). Essas características tornam as populações de anfíbios especialmente vulneráveis a doenças emergentes, uma vez que muitas populações têm distribuição espacial restrita e sofrem com a perda e degradação de habitat (Duellman & Trueb, 1986). Como consequência, os anfíbios são considerados como o mais ameaçado dos grupos de vertebrados, sendo considerados de especial atenção para esforços de conservação.

Certamente essa vulnerabilidade não é resultado apenas das doenças infecciosas emergentes, mas uma conjunção de muitas causas, incluindo perda e modificação de habitat, cujos efeitos são difíceis de serem separados. Uma vez que os anfíbios, devido ao seu ciclo de vida bifásico, estão expostos a estressores aquáticos e terrestres, os girinos são um importante elo para se entender os declínios populacionais e a perda de diversidade. Sem compreender como as ameaças interagem umas com as outras e com os estágios de vida dos anfíbios nós não podemos gerar teorias ecológicas mais precisas que possam explicar e predizer os padrões de perda de espécies (Blaustein & Kiesecker, 2002).

Esta complexidade de causas que resulta no declínio global de populações de anfíbios já é conhecida, mas poucos programas de pesquisa são planejados para investigar as ameaças aos anfíbios em uma abordagem multivariada, geralmente se concentrando em um único fator (Blaustein & Kiesecker, 2002). A abordagem univariada comumente empregada no estudo das ameaças à diversidade de anfíbios oferece pouco poder preditivo (Blaustein & Kiesecker, 2002). Nesse contexto, modelos de distribuição de espécies podem ajudar a prever áreas ecologicamente adequadas para diferentes espécies e com diferentes objetivos como, por exemplo, o estabelecimento de espécies invasoras (*e.g.,* Franklin, 2010; Nori *et al.,* 2011) e o efeito de patógenos e das mudanças climáticas sobre a distribuição das espécies.

Dessa forma, conhecer a distribuição espacial das espécies é fundamental, pois sua distribuição está intimamente relacionada tanto à distribuição dos habitats adequados quanto à habilidade de migração das espécies (Toledo *et al.,* 2014), que pode variar entre os estágios larval e adulto (Eterovick *et al.,* 2009). Entretanto, ainda são raros os estudos que determinem componentes específicos do habitat (como um microambiente específico para o desenvolvimento do girino), os quais são reconhecidos apenas em escalas muito pequenas (Sinclair *et al.,* 2010). Do mesmo modo, estudos abordando a estrutura genética de anuros neotropicais são ainda incipientes (*e.g.,* Eterovick *et al.,* 2009; Nascimento, 2013), assim como o esclarecimento do papel de girinos e anuros adultos no fluxo gênico (Eterovick *et al.,* 2009). Isso dificulta a compreensão dos efeitos de diferentes atividades humanas sobre as populações de anfíbios via interferência em seus padrões de migração.

Finalmente, uma questão biológica que tem fascinado os ecólogos e biólogos evolucionistas por muitas décadas (Via *et al.,* 1995) é a plasticidade fenotípica dos girinos. Plasticidade fenotípica é uma mudança induzida pelo ambiente em uma característica do organismo (Via *et al.,* 1995). A análise da plasticidade fenotípica foi impulsionada com o artigo seminal de Wilbur & Collins (1973) sobre os fatores que influenciam o crescimento, desenvolvimento e metamorfose dos girinos. Desde então, a plasticidade fenotípica em girinos está bem documentada e pode ocorrer em resposta a uma variedade de condições ambientais, incluindo o hidroperíodo das poças (Denver *et al.,* 1998), competidores (Relyea, 2002a), predação (Relyea, 2002b), parasitas (Venesky *et al.,* 2013a), e em relação à disponibilidade de alimento (de Sousa *et al.,* 2014). Assim, a plasticidade nesses e em outros atributos fenotípicos e comportamentais dos girinos levanta as seguintes questões: será que os girinos se encaixam perfeitamente em guildas ecomorfológicas (Altig & Johnson, 1989) ou os girinos exibem maior flexibilidade para se desenvolver em mais condições ambientais diferentes do que nós acreditamos atualmente?

Na América do Sul, particularmente no Brasil, girinos apresentam enorme diversidade em sua morfologia, e ocorrem nos mais diversos tipos habitats, desde poças, brejos e riachos em áreas abertas e de floresta. Nesses habitats, os girinos podem ocupar diferentes posições na coluna d'água, podem também se desenvolver em água acumulada em epífitas (*e.g., Phyllodytes luteolus;* Eterovick, 1999), enterrados na areia do fundo de riachos (*Vitreorana uranoscopa;* Heyer, 1985), em depressões em troncos de árvores (*e.g., Osteocephalus oophagus;* Schiesari *et al.,* 1996) ou mesmo em filme d'água escorrendo sobre rochas ao longo de riachos, como os girinos semiterrestres do gênero *Thoropa* (Bokermann, 1965). No entanto, são poucos os estudos comparativos sobre o grau de plasticidade entre os girinos da América do Sul, sobre como isso influencia a seleção de habitat (ou micro-habitat), e quais as consequências do seu desenvolvimento em um habitat "sub-ótimo". Compreender essas e outras questões relacionadas com a plasticidade fenotípica dos girinos e sua preferência por habitat requer primeiro uma compreensão da função dos diversos fenótipos em cada espécie e entre diferentes espécies. Depois de se ter uma melhor compreensão de um fenótipo particular, os pesquisadores precisarão conduzir experimentos de manipulação, delineados para compreender se e como esses fenótipos mudam em diferentes configurações ambientais. Por último, os investigadores deverão medir as consequências para a aptidão de atributos plásticos e como eles se relacionam aos ambientes heterogêneos onde os girinos se desenvolvem.

Os pesquisadores estão começando a aplicar essa abordagem em estudos de alimentação de girinos. Na primeira de uma série de experiências, Venesky *et al.* (2013b) utilizaram uma abordagem padronizada para descrever a diversidade de cinemáticas orais em girinos de seis espécies de hilídeos, com diferentes aparatos orais e pertencentes a diferentes guildas alimentares. Com base nestes resultados iniciais, este grupo de investigação manipulou a posição do alimento na coluna d'água (de Sousa *et al.,* 2014) e também a temperatura da água (de Sousa *et al.,* 2015), para compreender a plasticidade na cinemática do comportamento alimentar dos girinos. O fato de que os girinos têm flexibilidade na sua alimentação juntamente com

o fato de que eles também têm melhor desempenho em certas condições ambientais (de Sousa *et al.,* 2014; de Sousa *et al.,* 2015) sugere que eles são capazes de viver em vários ambientes, mas que seu desempenho é melhor em alguns ambientes em comparação com outros. Futuros projetos de pesquisa que explicitamente testem essas hipóteses são necessários para compreender plenamente a relação entre a plasticidade fenotípica dos girinos e a seleção de habitat.

Problema/Lacuna 1: Carência de informações sobre (1) história natural das espécies de anuros (especialmente no estágio larval) e (2) informações para manutenção de girinos em cativeiro, necessárias para possibilitar a elaboração de um protocolo padronizado de criação

1 Qual é o melhor modo de tornar dados de história natural de mais fácil acesso?
2 Como promover a criação de uma base de dados de história natural nacional/internacional associada aos números de tombo nos museus, que inclua dados sobre período de reprodução, número de ovos, tempo de desenvolvimento, redes tróficas, habilidades de dispersão, tipo de ambientes ocupados etc.?
3 Qual é a habilidade de dispersão dos anuros neotropicais? [Apesar da dispersão ocorrer principalmente na fase pós-metamórfica, essa informação é fundamental para a compreensão de processos que moldam comunidades de girinos e para projetos que visem sua conservação.]

Problema/Lacuna 2: Conflitos em dados ecológicos sobre girinos na América do Sul e ausência de informação sobre os processos de escolha de habitat

4) Parece existir diferentes processos estruturadores de comunidades em diferentes locais e regiões biogeográficas e em diferentes escalas espaciais. Existirão regras gerais?
5) Podemos conectar comportamento e morfologia? Quando se trata de comportamento, a identidade das espécies é importante ou o que importa são os grupos funcionais?
6) Por que os anfíbios escolhem os habitats onde ocorrem? O que determina um habitat preferencial de uma espécie?
7) Quais são as consequências para anuros de escolher um habitat subótimo para o desenvolvimento dos girinos?

Possíveis caminhos para responder as questões acima

O conjunto das questões levantadas na Discussão Aberta indica a necessidade de desenvolver:

1. Um banco de dados com informações sobre história natural, associado a um sistema de verificação e validação dessas informações, disponível para a comunidade científica (*i.e.,* segundo a filosofia *open access*). Nós sugerimos a construção de um banco de dados online, onde os pesquisadores possam inserir dados (inclundo videos) publicados ou de domínio/conhecimento pessoal, a exemplo dos sites AmphibiaWeb e Encyclopedia of Life. Mas, nesse caso, o site seria direcionado apenas para informações sobre história natural, as quais devem ser reunidas, padronizadas e validadas por uma equipe antes de serem disponibilizadas.
2. Um programa para obtenção de dados sobre processos estruturadores de comunidades em múltiplas escalas espaciais. O foco deve estar na padronização de protocolos de coleta e de delineamento experimental, possibilitando abordar essa questão em diferentes biomas, de forma que comparações significativas possam ser feitas.
3. Pesquisas experimentais mais controladas sobre interações biológicas de espécies tropicais, empregando protocolos padronizados para manutenção de girinos de diferentes famílias em cativeiro, objetivando testar predições, pois a maior parte das teorias sobre o tema é fundamentada exclusivamente em sistemas temperados.

Esta claramente não é uma lista completa da pesquisa que pode ser desenvolvida com girinos no Brasil na próxima década, mas todas representam percepções construídas ao longo do evento e agregam contribuições dos diversos pesquisadores presentes, que acreditam que um substancial avanço nestas áreas pode ser feito nos próximos dez anos. Reconhecemos que as questões apresentadas aqui têm amplo escopo e não podemos realisticamente esperar que sejam respondidas para os anuros no Brasil em apenas uma década. No entanto, são perguntas claramente focais e, se direcionarmos nosso foco em respondê-las, avanços substanciais poderão ser alcançados nos próximos dez anos.

A pesquisa nessas áreas pode contribuir muito para nos ajudar a compreender e preservar os anuros no Brasil. Mas, com verbas limitadas para pesquisa, pesquisadores e equipes precisarão colaborar para conseguir abordar estes temas complexos e abangentes. O Workshop Internacional sobre Girinos representou um primeiro passo integrando a pesquisa sobre girinos no Brasil, abordando áreas importantes para pesquisas futuras.

AGRADECIMENTOS

A realização do Tadpoles International Workshop (TIW) foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq: 466169/2014-0). Os resultados apresentados no TIW foram obtidos em pesquisas financiadas por diversas agências de fomento: Edital SISBIOTA (FAPESP: 2010/52321-7 e CNPq: 563075/2010-4, para DCRF, FN, FJ, LCS, MM e MVG), FAPESP (Procs. 2013/50741-7, 2011/51724-3, 2008/57939-9, respectivamente para CFBH, DCRF e LCS), Programa de Pós-Graduação em Zoologia da UEFS (FAJ), CONICET – Fundación Miguel Lillo e PICT/2011-1524 (MFVC), Programa de Pesquisa em Biodiversidade – PPBio/MCT/CNPq e Fapeam (MM) e Natural Science and Research Council of Canada – NSERC (RJW e MDV). DCRF agradece a Lilian S. O. de Melo, Mainara X. Jordani, Rodolfo M. Pellinson e Fabiane S. Annibale pela ajuda com bibliografia e revisão do texto. Os seguintes pesquisadores são Bolsistas de Produtividade em Pesquisa CNPq: CFBH, DCRF, PCE, FAJ e MM.

REFERÊNCIAS

Almeida, A. P., D. J. Rodrigues, M. V. Garey e M. Menin. 2015. Tadpole richness in riparian areas is determined by niche-based and neutral processes. *Hydrobiologia,* 745: 123-135.

Altig, R. e G. F. Johnson. 1989. Guilds of anuran larvae: relationships among developmental modes, morphologies, and habitats. *Herpetological Monographs,* 3: 81-109.

Andrade, G. V., P. C. Eterovick, D. C. Rossa-Feres e Schiesari, L. 2007. Estudos sobre girinos no Brasil: histórico, conhecimento atual e perspectivas; pp. 123-145. *In:* L. B. Nascimento, e M. E. Oliveira (Eds.), Herpetologia no Brasil II. Sociedade Brasileira de Herpetologia, Belo Horizonte.

Astorga, A., J. Oksanen, M. Luoto, J. Soininen, R. Virtanen e T. Muotka. 2012. Distance decay of similarity in freshwater communities: do macro-and microorganisms follow the same rules? *Global Ecology and Biogeography,* 21(3): 365-375.

Blaustein, A. R., M. Kiesecker. 2002. Complexity in conservation: Lessons from the global decline of amphibian population. *Ecology Letters,* 5: 597-608.

Bokermann, W. C. A. 1965. Notas sobre as espécies de *Thoropa* (Fitzinger, Amphibia, Leptodactylidae). *Anais da academia Brasileira de Ciências,* 37(3/4): 525-537.

Cadle, J. E. e Greene, H. W. 1993. Phylogenetic patterns, biogeography and the ecological structure of neotropical snake assemblage; pp. 281-293. *In:* R. E. Ricklefs, e D. Schluter (Eds.), Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives. University of Chicago Press, Chicago.

Cavender-Bares, J., K. H. Kozak, P. V. A. Fine e S. W. Kembel. 2009. The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters,* 12: 693-715.

Chase, J. M. e M. A. Leibold. 2003. Ecological niches: linking classical and contemporary approaches. University of Chicago Press, Chicago, 212p.

Dallas, T. 2014. Metacom: An R package for the analysis of metacommunity structure. *Ecography,* 37: 402-405.

Daszak, P., A. A. Cunningham e A. D. Hyatt. 2000. Emerging infectious diseases of wildlife – threats to biodiversity and human health. *Science,* 287: 443-449.

de Sousa, V. T. T., F. Nomura, M. D. Venesky, D. C. Rossa-Feres, T. L. Pezzuti, G. V. Andrade e R. J. Wassersug. 2014. Flexible feeding kinematics of a tropical carnivorous anuran tadpole. *Journal of Zoology,* 293: 204-210.

de Sousa, V. T. T., F. Nomura, D. C. Rossa-Feres, G. V. Andrade, T. L. Pezzuti, R. J. Wassersug e M. D. Venesky. 2015. Differential effects of temperature on the feeding kinematics of the tadpoles of two sympatric anuran species. *Journal of Experimental Zoology Part A:* Ecological Genetics and Physiology, early view. doi: 10.1002/jez.1941.

Denver, R. J., N. Mirhadi e M. Phillips, M. 1998. Adaptive plasticity in amphibian metamorphosis: response of *Scaphiophus hammondii* tadpoles to habitat desiccation. *Ecology,* 79: 1859-1872.

Diamond, J. M. 1975. Assembly of species communities; pp. 342-444. *In:* M. L. Cody, e J. M. Diamond (Eds.). Ecology and evolution of communities, Harvard University Press, Cambridge.

Ellwood, E. R., B. A. Dunckel, P. Flemons, R. Guralnick, G. Nelson, G. Newman, S. Newman, D. Paul, G. Riccardi, N. Rios, K. C. Seltmann e A. R. Mast. 2015. Accelerating the digitization of biodiversity research specimens through online public participation. *BioScience,* 65: 383-396.

Eterovick, P. C. 1999. Use and sharing of calling and retreat sites by *Phylodytes luteolus* in a modified enrironment. *Journal of Herpetology,* 33: 17-22.

Eterovick, P. C., G. M. Yazbeck, J. A. Dergam e E. Kalapothakis. 2009. Small scale population structure in the treefrog *Bokermannohyla saxicola* (Bokermann, 1964) (Anura, Hylidae). *South America Journal of Herpetology,* 4: 235-244.

Franklin, J. 2010. Moving beyond static species distribution models in support of conservation biogeography. *Diversity and Distribution,* 6: 321-330.

Frost, D. R., T. Grant, J. Faivovich, C. F. B. Haddad, R. H. Bain, A. Haas, R. O. de Sá, A. Channing, M. Wilkinson e W. C. Wheeler. 2006. *The Amphibian tree of life. Bulletin of the American Museum of Natural History,* 297: 1-370.

Haas, A. 2003. Phylogeny of frogs as inferred from primarily larval characters (Amphibia: Anura). *Cladistics,* 19: 23-89.

Hajibabaei, M., G. C. A. Singer, P. D. N. Hebert e D. A. Hickey. 2007. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. *Trends in Genetics,* 23: 167-172.

Heyer, W. R. 1985. Taxonomic and natural history notes on frogs of the genus *Centrolenella* (Amphibia: Centrolenidae) from southeastern Brasil and adjacent Argentina. *Papéis Avulsos de Zoologia,* 36: 1-21.

HilleRisLambers, J., P. B. Adler, W. S. Harpole, J. M. Levine e M. M. Mayfield. 2012. Rethinking community assembly through the lens of coexistence theory. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics,* 43: 227-248.

Hof, C., M. B. Araújo, W. Jetz e C. Rahbek, C. 2011. Additive threats from pathogens, climate and land-use change for global amphibian diversity. *Nature,* 480: 516-521.

Howeth, J. G. e M. A. Leibold. 2010. Species dispersal rates alter diversity and ecosystem stabillity in pond metacommunities. *Ecology,* 91: 2727-2741.

Hubbell, S. P. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. Princeton University, Princeton, 448 pp.

Hutchinson, G. E. 1957. The multivariate niche. Cold Spring Harbor Symp. *Quantitative Biology,* 22: 415-421.

Iop, S., V. M. Caldart, T. G. Dos Santos e S. Z. Cechin. 2012. What is the role of heterogeneity and spatial autocorrelation of ponds in the organization of frog communities in southern Brazil. *Zoological Studies,* 51: 1094-1104.

IUCN. 2015. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.1.* <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 01 June 2015.

Keddy, P. A. 1992. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science,* 3: 157-164.

Lawton, J. H. 1999. Are there general laws in ecology? *Oikos,* 84: 177-192.

Leibold, M. e G. Mikkelson, G. 2002. Coherence, species turnover, and boundary clumping: elements of meta-community structure. *Oikos,* 97: 237-250.

Leibold, M. A., M. Holyoak, N. Mouquet, P. Amarasekare, J. M. Chase, M. F. Hoopes, R. D. Holt, J. B. Shurin, R. Law, D. Tilman, M. Loreu e A. Gonzalez. 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters,* 7: 601-613.

Leibold, M., E. Economo e P. Peres-Neto. 2010. Metacommunity phylogenetics: separating the roles of environmental filters and historical biogeography. *Ecology Letters,* 13: 1290-1299.

Lima, N. G. S. e P. C. Eterovick. 2013. Natural history of Ameerega flavopicta (Dendrobatidae) on an island formed by the Três Marias hydroelectric reservoir in southeastern Brazil. *Journal of Herpetology,* 47: 480-488.

Lima, N. G. S., A. S. B. Gontijo e P. C. Eterovick. 2014a. Breeding behaviour of *Bokermannohyla nanuzae* (Anura: Hylidae) at an Atlantic Forest site in southeastern Brazil. *Journal of Natural History,* 48: 1439-1452.

Lima, R. C. L., J. E. M. Dias, N. G. S. Lima, P. F. Torres e P. C. Eterovick. 2014b. Escape response of tadpoles of two species of *Bokermannohyla* (Anura, Hylidae) to simulated threat. *Journal of Herpetology,* doi: 10.1670/12-225.

MacArthur, R. H. e R. Levins. 1967. Limiting similarity convergence and divergence of coexisting species. *American Naturalist,* 101: 377-385.

Maddison, W. e D. Maddison. 2011. Mesquite: a modular system for evolutionary analysis, version 2.5. 2007. Disponível em: http://mesquiteproject.org/mesquite/download

McDiarmid, R. W. e R. Altig. 1999. Introduction: the tadpole arena. 1-6 pp. *In:* R. W. McDiarmid, e R. Altig (Eds.). Tadpoles: the biology of anuran larvae. The University of Chicago Press, Chicago.

Melo, M., F. Fava, F., H. A. Pinto e F. Nomura. 2014. Are assemblages of aquatic-breeding anurans (Amphibia) niche structured or neutral? *Biotropica,* 46: 608-614.

Mouquet, N., V. Devictor, C. N. Meynard, F. Munoz, L. F. Bersier, J. Chave, P. Couteron, A. Dalecky, C. Fontaine, D. Gravel, O. J. Hardy, F. Jabot, S. Lavergne, M. Leibold, D. Mouillot, T. Munkemuller, S. Pavoine, A. Prinzing, A. S. L. Rodrigues, R. P. Rohr, E. Thebault e W. Thuiller. 2012. Ecophylogenetics: advances and perspectives. *Biological Reviews,* 87: 769-785.

Nascimento, A. C. A. 2013. Filogeografia de *Bokermannohyla saxicola* (Bokermann, 1964), anuro endêmico da Cadeia do Espinhaço. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brazil.

Ng, I. S. Y., C. M. Carr e K. Cottenie. 2009. Hierarchical zooplankton metacommunities: Distinguishing between high and limiting dispersal mechanisms. *Hydrobiologia,* 619: 133-143.

Nori, J., J. N. Urbina-Cardona, R. D. Loyola, J. N. Lescano e G. C. Leynaud. 2011. Climate change and american bullfrog invasion: what could we expect in South America? *PLoS ONE,* 6: e25718.

Orton, G. L. 1944. Studies on the systematic and phylogenetic significance of certain larval characters in the Amphibia Salientia. Dissertation, University of Michigan.

Parris, K. M. 2004. Environmental and spatial variables influence the composition of frog assemblages in sub-tropical eastern Australia. *Ecography,* 27: 392-400.

Pavoine, S.; E. Vela, S. Gachet, G. Bélair e M. B. Bonsall. 2011. Linking patterns in phylogeny, traits, abiotic variables and space: a novel approach to linking environmental filtering and plant community assembly. *Journal of Ecology,* 99: 165-175.

Prado, V. H. M. e D. C. Rossa-Feres. 2014. The influence of niche and neutral processes on a neotropical anuranmetacommunity. *Austral Ecology,* 39: 540-547.

Presley, S. J., C. L. Higgins e M. R. Willig. 2010. A comprehensive framework for he evaluation of metacommunity structure. *Oikos,* 119: 908-917.

Provete, D. B., M. V. Garey, F. R. Silva e M. X. Jordani. 2012. Knowledge gaps and bibliographical revision about descriptions of free-swimming anuran larvae from Brazil. North-Western *Journal of Zoology,* 8: 823-826.

Provete, D. B., T. Gonçalves-Souza, M. V. Garey, I. A. Martins e D. C. Rossa-Feres. 2014. Broad-scale spatial patterns of canopy cover and pond morphology affect the structure of a Neotropical amphibian metacommunity. *Hydrobiologia,* 734: 69-79.

Rangel, T. F., A. F. Diniz-Filho e L. M. Bini. 2010. SAM: a comprehensive application for spatial analysis in macroecology. *Ecography,* 33: 46-50.

Relyea, R. A. 2002a. Competitor-induced plasticity in tadpoles: Consequences, cues, and connections to predator-induced plasticity. *Ecological Monographs,* 72: 523-540.

Relyea, R. A. 2002b. Local population differences in phenotypic plasticity: Predator-induced changes in wood frog tadpoles. *Ecological Monographs,* 72: 77-93.

Rossa-Feres, D. C., R. J. Sawaya, J. Faivovich, J. G. R. Giovanelli, C; A. Brasileiro, J. Alexandrino e C. F. B. Haddad. 2011. Anfíbios do Estado de São Paulo, Brasil: conhecimento atual e perspectivas. *Biota Neotropica,* 11: 47-66.

Schiesari, L. C., B. Grillitsch e C. Vogl. 1996. Comparative morphology of phytotelmonous and pond-dwelling larvae of four Neotropical treefrog species (Anura, Hylidae, *Osteocephalus oophagus, Osteocephalus taurinus, Phrynohyas resinifictrix, Phrynohyas venulosa*). *Alytes,* 13: 109-139.

Segalla, M. V., U. Caramaschi, C. A. G. Cruz, T. Grant, C. F. B. Haddad, J. A. Langone e P. C. A. Garcia. 2014. Brazilian Amphibians: List of Species. *Herpetologia Brasileira,* 3: 37-48.

Sinclair, S. J, M. D. White e G. R. Newell. 2010. How useful are species distribution models for managing biodiversity under future climates? *Ecology and Society,* 15: 8, url: www.ecologyandsociety.org/vol15/iss1/art8

Starret, P. H. 1973. Evolutionary patterns in larval morphology, pp. 251-271. *In:* J. L. Vial (Ed.). Evolutionary biology of the anurans, Contemporary research on major problems. Columbia University Press, New York.

Swenson, N. G., B. J. Enquist, J. Thompson e J. K. Zimmerman. 2007. The influence of spatial and size scale on phylogenetic relatedness in tropical forest communities. *Ecology,* 88: 1770-1780.

Toledo, L. F., C. G. Becker, C. F. B. Haddad e K. R. Zamudio. 2014. Rarity as an indicator of endangerment in neotropical frogs. *Biological Conservation,* 179: 54-62.

Ulrich, W. 2012. Niche – a FORTRAN program for metacommunity analysis. V. 1.0. Disponível em: www.home.umk.pl/~ulrichw/?Research:Software:Niche

Ulrich, W., M. Piwczyński, F. T. Maestre e N. J. Gotelli. 2012. Null model tests for niche conservatism, phylogenetic assortment and habitat filtering. *Methods in Ecology and Evolution,* 3: 930-939.

Vasconcelos, T. S., T. G. Santos, D. C. Rossa-Feres e C. F. B. Haddad. 2009. Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology,* 87: 699-707.

Vellend, M. 2010. Conceptual synthesis in community ecology. *The Quarterly Review of Biology,* 85: 183-206.

Venesky, M. D., S. M. Hanlon, K. Lynch, M. J. Parris e J. R. Rohr. 2013a. Optimal digestion theory does not predict the effect of pathogens on intestinal plasticity. *Biology Letters,* 9: 20130038

Venesky, M. D., D. C. Rossa-Feres, F. Nomura, G. V. Andrade, T. L. Pezzuti, V. T. T, de Sousa, C. V. Anderson e R. J. Wassersug. 2013b. Comparative feeding kinematics of tropical hylid tadpoles. *Journal of Experimental Biology,* 216: 1928-1937.

Verdade, V. K., P. H. Valdujo, A. C. Carnaval, L. Schiesari, L. F. Toledo, T. Mott, G. V. Andrade, P. C. Eterovick, M. Menin, B. V. S. Pimenta, C. Nogueira, C. S. Lisboa, C. D. de Paula e D. L. Silvano. 2012. A leap further: the Brazilian Amphibian Conservation Action Plan. *Alytes,* 29: 27-42.

Via, S., R. Gomulkiewicz, G. Dejong, S. M. Scheiner, C. D. Schlichting e P. H. Vantienderen. 1995. Adaptive phenotypic plasticity – consensus and controversy. *Trends in Ecology and Evolution,* 10: 212-217.

Webb, C. O., D. D. Ackerly, M. McPeek e M. Donoghue. 2002. Phylogenies and community ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics,* 33: 475-505.

Webb, C. O., D. D. Ackerly e S. W. Kembel. 2008. Phylocom: software for the analysis of phylogenetic community structure and trait evolution. *Bioinformatics,* 24: 2098-2100.

Weiher, E. e P. A. Keddy. 1995. Assembly rules, null models, and trait dispersion: new questions from old patterns. *Oikos,* 74: 159-164.

Wilbur, H. M. e J. P. Collins. 1973. Ecological aspects of amphibian metamorphosis. *Science,* 182: 1305-1314.

Wilbur, H. M. 1997. Experimental ecology of food webs: complex system in temporary ponds. *Ecology,* 78: 2279-2302.



Phyllomedusa vaillantii, **Porto Velho, RO - Foto:** Sérgio Muniz.