

Sistemática e Evolução



Relação entre atributos funcionais e características do habitat em comunidades de girinos

Cássia de Souza Queiroz

MESTRADO



PÓS GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA ANIMAL

Biologia Estrutural

PÓS-GRADUAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Cássia de Souza Queiroz

RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS FUNCIONAIS E CARACTERÍSTICAS
DO HABITAT EM COMUNIDADES DE GIRINOS

São José do Rio Preto
2014

Cássia de Souza Queiroz

**RELAÇÃO ENTRE ATRIBUTOS FUNCIONAIS E CARACTERÍSTICAS
DO HABITAT EM COMUNIDADES DE GIRINOS**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal, junto ao Programa de Pós-Graduação Biologia Animal, Área de Concentração – Ecologia e Comportamento, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Denise de Cerqueira Rossa-Feres
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Rodrigues da Silva

São José do Rio Preto
2014

Queiroz, Cássia de Souza.

Relação entre atributos funcionais e características do habitat em comunidades de girinos / Cássia de Souza Queiroz. – São José do Rio Preto, 2014

42 f. : il., tabs.

Orientador: Denise de Cerqueira Rossa Feres

Coorientador: Fernando Rodrigues da Silva

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Ecologia animal. 2. Girino – Mata Atlântica. 3. Anuro.
4. Atributos funcionais. 5. Nicho (Ecologia) 6. Ecossistemas. I. Rossa-Feres, Denise de Cerqueira. II. Silva, Fernando Rodrigues da.
III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. IV. Título.

CDU – 591.5

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE
UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto

Cássia de Souza Queiroz

Relação entre os atributos funcionais e características do habitat em
comunidades de girinos

Dissertação apresentada com parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia Animal, junto ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Área de Concentração – Ecologia e Comportamento, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto

Banca Examinadora

Profa. Dra. Denise de Cerqueira Rossa Feres
UNESP/IBILCE – São José do Rio Preto
Orientadora

Prof. Dr. Fabrício Barreto Teresa
UEG – Porangatu

Dr. Vitor Hugo Mendonça do Prado
UNESP – Rio Claro

São José do Rio Preto
28 de fevereiro de 2014

Dedico este trabalho ao Nico, aos meus pais e meu irmão.

Esse Trabalho não teria sido concluído sem toda contribuição que recebi. Agradeço aqui a todos que de alguma forma e em algum momento fizeram parte dessa jornada de crescimento profissional e pessoal. Não posso, porém, deixar de agradecer especialmente a algumas pessoas:

Aos meus pais, Giselma e Gilberto, pelo apoio incondicional! Sempre acreditando nos meus sonhos, incentivando e acreditando em mim em todos os momentos, inclusive naqueles que eu mesma não acreditei. Por tudo que fizeram por mim desde quando me trouxeram para Rio Preto e com o coração apertado e chorando muito voltaram para nossa casa com a certeza que estavam me ajudando a crescer. Vocês são especiais e me sinto muito abençoada por ter vocês como modelo e espero um dia ser pelo menos parecida com o tipo de pessoa que vocês são!

À Professora Denise, por lá atrás ter aceitado aquela menina da graduação que veio ao seu laboratório dizendo que queria “trabalhar com sapos”. A todo conhecimento dividido, a paciência, a confiança no meu trabalho e a possibilidade de convivência com uma profissional tão correta, tão humana e apaixonada pelo que faz que não teria como não ser uma inspiração e modelo para a profissional que estou me tornando. Cresci muito trabalhando do seu lado Professora, Muito Obrigada!

Ao Fernando, que desde o estágio básico é meu coorientador, participou de todo esse processo até a chegada ao mestrado. Muito Obrigada pela parceria, pela ajuda essencial em estatística e principalmente pela forma como sempre torna as coisas muito SIMPLES.

Ao meu irmão, grande amigo, que do jeitinho dele sempre me apoiou!! Quem diria que seríamos tão parecidos em tantas coisas, me orgulho muito do biólogo que está se tornando e acredito muito na sua aptidão para pesquisa!

Ao projeto “Girinos do Brasil” (Edital SISBIOTA, Processos FAPESP 2010/52321-7 e CNPq 563075/2010-4) pelo financiamento para realização do trabalho e pela oportunidade de fazer parte dessa rede de pesquisa integradora.

Aos meus professores de graduação: Luis Henrique Branco, Arif Cais, Lilian Casatti, Eliane Gonçalves de Freitas, Fernando Noll e Francisco Langeani por toda sua dedicação e por me mostrarem a magia de ser um educador. Professor Branco, muito obrigada pela ajuda essencial na reta final desse trabalho!!

Aos companheiros do Laboratório, pelas conversas produtivas ou aleatórias, pela companhia nos cafezinhos no meio tarde, e por todo conhecimento e

ajuda que compartilhamos: Katiuce, Carlão, Fabiane, Mainara, Sayuri, Pakito, Cinthya (praticamente parte do laboratório), Tiagão (vulgo capivara), Verônica e Thaís.

A Katiuce pela amizade, companheirismo e pela ajuda em diferentes fases do trabalho!

A Mainara e Sayuri, parceiras além do ambiente de trabalho. Amigas que me apoiaram e estiveram presentes nos momentos em que tudo estava dando certo e naqueles em que as coisas pareciam não ter solução oferecendo os ouvidos e um abraço sincero que sempre trazia a calma de volta. Meninas Muito Obrigada!! Cada momento compartilhado foi importante demais nessa fase da minha vida! Aqui posso incluir o Michel, o mestre e amigo querido, sempre com comentários, histórias e conhecimentos (alias muitos, muitos deles) para dividir com a maior generosidade e simplicidade que já conheci!

A Pamela, amiga querida e que apesar de não ser bióloga sempre deu atenção a todos os meus devaneios sobre os girinos e me manteve forte nos momentos de fraqueza. Luis, muito Obrigada!!! Sem você, nada de mapa!!!

E finalmente ao meu marido, Nico, que entrou na minha vida de um jeito BEM inusitado e no meio do desenvolvimento de todo esse trabalho, e em momento algum deixou de acreditar, incentivar e ter até mais certezas do que eu sobre o trabalho que eu mesma desenvolvia. Você é uma pessoa rara, daquelas que despertam sentimentos que nem imaginava que poderiam existir. O homem que você é fez com que eu mudasse minhas perspectivas, me despertou a vontade de construir uma família e me fez lembrar (porque cresci ouvindo e vendo isso na minha família) o que realmente é importante nessa vida. Obrigada! Amo-te!

SUMÁRIO

Resumo.....	3
Abstract.....	4
Introdução.....	5
Métodos.....	10
Base de Dados.....	10
Área de estudo.....	11
Descritores dos habitats e atributos funcionais dos girinos	12
Análise dos dados.....	13
Resultados.....	14
Discussão.....	15
Referências.....	22
Tabelas.....	33
Figuras.....	35
Apêndice 1.....	39
Apêndice 2.....	40

Relação entre os atributos funcionais e características do habitat em comunidades de girinos

RESUMO

As características ambientais e a história evolutiva das linhagens são fatores conhecidos por influenciar a coexistência das espécies em uma comunidade. Os atributos funcionais das espécies que determinam a forma como as espécies utilizam os recursos, ao longo da evolução, podem se diferenciar ou se manter semelhantes aos de seus ancestrais. As características abióticas promovem a seleção de espécies que possuam atributos que possibilitem sua sobrevivência sob um conjunto específico de condições ambientais. Ultrapassar o nível taxonômico e analisar as comunidades com base nas funções que elas desempenham nos sistemas ecológicos pode ser a chave para ligar padrões e processos em ecologia de comunidades. Nosso objetivo foi compreender como os atributos funcionais da fase larval dos anuros estão relacionados com as características dos habitats, considerando que o habitat atua como um filtro para a ocorrência de girinos, e a homogeneização dos habitats pode limitar a composição àquelas espécies com determinados atributos. Esperamos então, que os gradientes de profundidade e complexidade da vegetação no interior dos corpos d'água atuem como filtros locais na distribuição dos atributos morfológicos e funcionais dos girinos. Compilamos dados de trabalhos com comunidades de girinos desenvolvidos em áreas de Floresta Estacional Semidecidual no Estado de São Paulo e determinamos a ocorrência de girinos de 23 espécies de anuros em 41 habitats. Testamos a existência de uma relação entre oito atributos funcionais dos girinos com a profundidade e tipos de vegetação no interior dos corpos d'água em que eles ocorriam. Nossos resultados indicam que a associação dos atributos morfológicos dos girinos com os corpos d'água foi não aleatória, evidenciando que os gradientes de profundidade e número de tipos de vegetação influenciam a distribuição dos girinos nos habitats. A profundidade e o número de tipos de vegetação nos corpos d'água parecem impor um *continuum* na distribuição das espécies, sendo um extremo representado pelas espécies com atributos que apresentam melhor *performance* em corpos d'água mais profundos e com poucos tipos de vegetação, ou seja girinos nectônicos e com hábito alimentar filtrador e, no outro extremo, as espécies com atributos que apresentam melhor *performance* em corpos d'água rasos e com muitos tipos de vegetação, constituído por girinos bentônicos e com hábito alimentar raspador.

ABSTRACT

Environmental characteristics and evolutionary history of lineages are factors known to influence species coexistence in a community. The functional traits of species that determine how the species uses resources, along evolution, can differ or remain similar to their ancestors. Abiotic characteristics promote selection of traits that allow survival under a set of environmental conditions. Overcoming the taxonomic level and analyze the communities based on the functions they play in ecological systems can be the key to connect patterns and processes in community ecology. Our goal was to understand way the functional attributes of the larval stage of frogs are related to habitat characteristics, considering the habitat acts as a filter for the occurrence of tadpoles, and the habitat homogenization can limit the composition to those species with certain attributes. We expect then that the gradients of depth and complexity of the vegetation within the water bodies act as filters in the local distribution of morphological and functional traits of the tadpoles. Compiled database of studies with communities of tadpoles developed in areas of semideciduous forest in the State of São Paulo and determine the occurrence of tadpoles of 23 frog species in 41 habitats. We tested the existence of a relationship between eight functional traits of tadpoles with depth and vegetation types within the water bodies in which they occurred. Our results indicate that the association of morphological traits of tadpoles with water bodies was not random, showing that gradients of depth and number of vegetation types influence the distribution of tadpoles in habitats. The depth and number of types of vegetation in water bodies appear to impose a continuum in species distribution, being an extreme represented by species with traits that have better performance in deeper bodies of water with little vegetation types, as nektonic and filter-feeding tadpoles and at the other extreme, species with attributes that have better performance in shallow bodies of water and many types of vegetation, consisting of benthic and scraper feeding tadpoles.

INTRODUÇÃO

Explicar a variação espacial e temporal em comunidades é um objetivo central da ecologia (CLEMENTS, 1916; WHITTAKER, 1975; VERBERK et al., 2008), e um dos principais desafios atuais é conseguir prever mudanças na composição de espécies e no funcionamento do ecossistema em um mundo que está mudando rapidamente (WEBB et al., 2010).

Processos estocásticos relacionados a variáveis espaciais (*e.g.*, dispersão e extinções locais) e processos determinísticos, relacionados a teoria do nicho, influenciam em diferentes proporções a estruturação das comunidades (*e.g.*, HUBBELL, 2001; CHASE, 2003). Entre os processos fundamentados na teoria do nicho, as características do habitat e a similaridade limitante representam influências opostas na estruturação das comunidades (CORNWELL et al., 2006). A competição impõe um limite à similaridade entre espécies (GAUSE, 1943; MACARTHUR & LEVINS, 1967; CAVENDER-BARES et al., 2009), devido à exclusão competitiva por recursos limitados (GAUSE, 1934). Nesse caso, a coexistência de espécies similares só é possível se houverem mecanismos de coexistência que diminuem a sobreposição de nicho entre as espécies, como os *trade-offs* no desempenho entre as espécies (mecanismos estabilizadores; CHESSON, 2000; SIEPIELSKI & MCPEEK, 2010) ou se a influência da competição na estruturação das comunidades for contrabalançada pelo processo de filtragem ambiental (KEDDY, 1992; VAMOSI et al., 2009). A filtragem ambiental ocorre quando as características ou condições ambientais restringem a ocorrência de espécies do banco regional de espécies, selecionando aquelas com características adequadas para lidar com as condições ambientais locais (TOWNSEND et al., 1997; DÍAZ et al., 1998). Dessa forma, por selecionar espécies com fenótipos adequados à determinadas condições ambientais

(KEDDY, 1992; WEIHER & KEDDY, 1995), a filtragem ambiental, ao contrário da competição, favorece a co-ocorrência de espécies com adaptações similares (WOODWARD & DIAMENT, 1991). Assim, cada comunidade local representa o resultado do embate entre essas influências opostas, que operam em diferentes escalas espaciais e temporais. Na escala de tempo evolutiva, os níveis de variação temporal e espacial do ambiente atuam como forças seletivas sobre os atributos das espécies conferindo habilidade para sobreviver e reproduzir, enquanto que na escala de tempo ecológica, o habitat e as interações entre as espécies selecionam, do banco de potenciais espécies colonizadoras, aquelas com atributos adequados às condições locais, determinando a composição das comunidades (SOUTHWOOD, 1977; SCARSBROOK & TOWNSEND, 1993; TOWNSEND et al., 1997; WEBB et al., 2010).

Entender a influência relativa desses processos significa desvendar os mecanismos estruturadores das comunidades. Entretanto, o maior desafio em ecologia de comunidades é, provavelmente, delinear a ligação entre padrões e processos (VELLEND, 2010). Muitos padrões tem múltiplas explicações e, assim, detectar um padrão particular em um determinado sistema frequentemente revela muito pouco sobre os processos importantes que operam naquele sistema (VELLEND, 2010). É desconcertante perceber que a maioria dos resultados obtidos até agora são contingentes aos organismos e seus ambientes específicos, e que não existem regras nem fortes generalizações em ecologia de comunidades (LAWTON, 1999; VELLEND, 2010).

Uma abordagem promissora pode ser ultrapassar o nível taxonômico e analisar as comunidades não com base na identidade das espécies, mas com base nas funções que elas desempenham nos sistemas ecológicos (MCGILL et al., 2006; VERBERK et al., 2008). Para isso é necessário detectar quais atributos morfológicos, fisiológicos ou comportamentais são funcionais, ou seja, quais causam efeitos no *fitness* das espécies,

influenciando o desempenho dos organismos em crescer, reproduzir e sobreviver (VIOLLE et al., 2007). Dessa forma, os atributos das espécies são considerados elementos chave para ligar padrões e processos em ecologia de comunidades (STATZNER et al., 2004; VERBERK et al., 2008). Estudos com essa abordagem abrem caminho para um progresso mais rápido em ecologia de comunidades, pois a ênfase nas relações funcionais entre variáveis quantitativas possibilita a identificação de padrões gerais e, portanto, confere poder de predição (MCGILL et al., 2006).

Girinos de anuros podem ser bons modelos para esse tipo de estudo, uma vez que são encontrados em corpos d'água com diferentes características estruturais (DUELLMAN & TRUEB, 1994) e tanto a forma do corpo quanto a configuração da nadadeira dos girinos variam entre os diferentes habitats (ALTIG & MCDIARMID, 1999), além disso, diversos estudos indicam que a forma do corpo e a estrutura da boca evoluíram em resposta a mudanças no uso do habitat (VAN BUSKIRK, 2009). É também bem conhecida a influência dos predadores (RELYEA & WERNER, 2000; VAN BUSKIRK, 2000) e de fatores estruturais, físicos e químicos da água sobre o desenvolvimento e sobrevivência dos girinos (*e.g.*, BABBITT, 2005; BOTH et al., 2009; VAN BUSKIRK, 2011). Apesar disso, os estudos em comunidades de girinos estão longe de detectar um padrão geral de relação das espécies com o ambiente (ETEROVICK, 2003). Os resultados de diversos estudos desenvolvidos em diferentes regiões parecem ser contingentes aos locais e comunidades (*e.g.*, INGER et al., 1986; ETEROVICK & BARROS, 2003; VASCONCELOS & ROSSA-FERES, 2005; BOTH et al., 2009; BABBITT et al., 2009).

A maioria dos estudos com anfíbios, tanto adultos quanto girinos, relacionam as características ambientais com o número e/ou abundância das espécies, sendo poucos os estudos considerando os atributos funcionais (JOLY & MORAND, 1994; ERNST et al., 2006; STRAUß et al., 2010). Embora o interesse no papel dos atributos não seja novo

(RAUNKIAER, 1934; HECTOR et al., 1999), os estudos tem privilegiado uma abordagem nomenclatural focada na identidade das espécies, o que resulta em perda do poder de generalização em ecologia (MCGILL et al., 2006). Nesse contexto, identificar como os atributos funcionais dos girinos estão relacionados com as características dos habitats poderá trazer novos *insights* sobre os mecanismos que determinam a montagem de comunidades de anuros.

A região oeste do Estado de São Paulo apresenta características de origem natural e antrópica, que formam um sistema interessante para compreender a relação das espécies, por meio dos atributos funcionais de girinos, com as características do habitat. A expansão agrícola nessa região (RODRIGUES et al., 2008) vêm tornando os habitats cada vez mais homogêneos, devido à eliminação ou diminuição da cobertura vegetal no interior do corpo d'água (SANTOS et al., 2007; da SILVA et al., 2011). Além do extenso desmatamento, o clima é caracterizado por uma estação seca muito severa, sendo que o mês de início da estação chuvosa varia a cada ano e as chuvas são inconstantes, não impedindo que os corpos d'água temporários sequem uma ou duas vezes após as primeiras chuvas (ROSSA-FERES & JIM, 2001). Estas condições impõem forte pressão, podendo representar um filtro evolutivo que selecionou espécies de anuros com características semelhantes, como modos reprodutivos adaptados ou resistentes a dessecação (PROVETE et al., 2011), constituindo um sistema interessante para avaliar a influência do ambiente na composição de espécies das comunidades de girinos. Assim, neste estudo, nós investigamos a relação dos atributos funcionais de girinos de 23 espécies de anuros com as características ambientais de 41 corpos d'água localizados em área agrícola no oeste do Estado de São Paulo, Brasil.

Compreender a relação dos atributos funcionais das espécies com descritores da complexidade dos corpos d'água pode possibilitar predizer o impacto da homogeneização

dos habitats sobre a composição das comunidades de anuros na região. Nesse contexto, considerando a premissa que: (1) o habitat atua como um filtro para a ocorrência de girinos, e (2) a homogeneização dos habitats pode limitar a composição àquelas espécies com determinados atributos, neste estudo buscamos compreender como os atributos funcionais da fase larval dos anuros estão relacionados com as características dos habitats, profundidade e tipos de vegetação no interior do corpo d'água, em uma área agrícola com grande riqueza de espécies (VASCONCELOS & ROSSA-FERES, 2005; ARAUJO et al., 2009; PRADO et al., 2009; BRASSALOTI et al., 2010; PROVETE et al., 2011; da SILVA et al., 2012).

Essas variáveis ambientais foram escolhidas porque influenciam diretamente o hábito alimentar e o deslocamento dos girinos nos corpos d'água. Além disso, nessa região os corpos d'água permanentes podem ser tanto profundos, representados por poças e açudes, quanto rasos, constituídos por brejos (VASCONCELOS & ROSSA-FERES, 2005; CANDEIRA, 2007; SILVA et al., 2011; da SILVA et al., 2012). Dessa forma, apesar de diversos estudos demonstrarem que o hidroperíodo tem forte influência sobre as comunidades de anfíbios (WELLBORN et al., 1996; SKELLY et al., 1999; BABBITT et al., 2003; BURNE & GRIFFIN, 2005; da SILVA et al., 2011; AMBURGEY et al., 2012), a profundidade pode representar uma informação mais acurada do habitat, além de poder revelar sua influência sobre a ocorrência de girinos nectônicos e bentônicos. Outra variável ambiental importante para a composição de espécies em comunidades de girinos é a complexidade da vegetação (DIAZ-PANIAGUA, 1987; KOPP et al., 2006; KOPP & ETEROVICK, 2006), cuja influência sobre comunidades de anuros na região estudada foi detectada em estudos descritivos e experimentais (VASCONCELOS et al., 2009; da SILVA et al., 2012) representada, nesse estudo, pelo número de tipos de vegetação no interior dos corpos d'água.

Nossa hipótese é que os gradientes de profundidade e complexidade da vegetação no interior dos corpos d'água atuam como filtros locais na distribuição dos atributos funcionais dos girinos. Nossas previsões são (Figura 1): (1) girinos nectônicos ocorrerão com maior frequência em habitats mais profundos e com maior número de tipos de vegetação no corpo d'água, uma vez que nadam na coluna d'água (ALTIG & MCDIARMID, 1999) e os diferentes tipos de vegetação fornecem tanto substrato para alimentação de girinos com hábito alimentar raspador que ingerem perifiton (ROSSA-FERES et al., 2004; ALTIG et al., 2007), quanto refúgio contra predadores (KOPP et al., 2006); (2) girinos bentônicos, que se alimentam forrageando sobre o substrato do fundo (ROSSA-FERES et al., 2004; ALTIG et al., 2007), serão mais frequentes em habitats com menor profundidade e pequeno número de tipos de vegetação no corpo d'água, pois a maior incidência de luz sobre o substrato irá proporcionar um aumento na taxa de produtividade primária, disponibilizando assim maior quantidade de alimento para esses girinos (BRÖNMARK & HANSSON, 1998; CONNELLY et al., 2008; WHILES et al., 2010). Dessa forma, esperamos explicar a variação espacial nos atributos dos girinos em corpos d'água localizados em uma paisagem agrícola e prever o impacto da homogeneização dos habitats de reprodução dos anuros na distribuição dos girinos com base em seus atributos funcionais.

MÉTODOS

Base de Dados

A base de dados para este estudo foi compilada de trabalhos com comunidades de girinos desenvolvidos em áreas de Floresta Estacional Semidecidual (FES) no Estado de São Paulo, ou seja, em áreas com o mesmo banco regional de espécies. Dos 14 estudos

levantados selecionamos 9, nos quais as amostragens foram conduzidas por, no mínimo, uma estação chuvosa e com a mesma metodologia de amostragem: coletas com puçá de tela de arame, passado por toda a área do corpo d'água. Além disso, os exemplares obtidos nesses estudos estão depositados em apenas duas Coleções Científicas: DZSJRP-Amphibia Tadpoles (<http://splink.cria.org.br/>), Departamento de Zoologia e Botânica, UNESP - Câmpus de São José do Rio Preto, SP e CFBH “Célio F. B. Haddad” (<http://splink.cria.org.br/>), UNESP - Câmpus de Rio Claro, SP, possibilitando fácil acesso aos exemplares amostrados.

Área de estudo

Na região estudada, atualmente a Floresta Estacional Semidecidual restringe-se a apenas cerca de 4% de sua cobertura original (RODRIGUES et al., 2008). Tal impacto coloca a região como a mais desmatada e fragmentada do estado, e ainda, a que possui o menor número de áreas de conservação (KRONKA et al., 1993; RODRIGUES et al., 2008; NECCHI JÚNIOR, 2012). A região é caracterizada por uma paisagem agrícola dominada por fragmentos florestais, em sua maioria de tamanho reduzido, incorporados em áreas de pastagem, plantações de seringueira e cana-de-açúcar (RODRIGUES et al., 2008), sendo que esta última tem se expandido exponencialmente na região nos últimos anos (JOLY et al., 2010).

O clima dessa região é caracterizado por duas estações bem definidas durante o ano. Uma estação quente e úmida, entre novembro/dezembro a abril/maio, em que está concentrada a maior parte das chuvas, e uma estação pronunciadamente seca, entre maio/junho a outubro/novembro (BARCHA & ARID, 1971; CAVALHEIRO et al., 1990; FARIA, 2006). Entretanto, a precipitação média anual varia entre as localidades selecionadas. Os menores índices pluviométricos (1100-1250 mm) são registrados nos

municípios de Içém, Nova Aliança, Vitória Brasil e Santa Fé do Sul (BARCHA & ARID,1971), e os maiores (1370 mm) no Parque Estadual do Morro do Diabo (FARIA, 2006) e (1433 mm) na Estação Ecológica do Jataí (CAVALHEIRO et al., 1990).

Descritores dos habitats e atributos funcionais dos girinos

Compilamos dados que nos permitiram construir uma matriz com a ocorrência de girinos de 23 espécies de anuros em 41 habitats (corpos d'água), localizados em seis municípios (Figura 2) na região oeste do Estado de São Paulo, todos em áreas sob influência de Floresta Estacional Semidecidual e de clima com pronunciada estação seca.

A compilação dos descritores ambientais dos habitats (Tabela 1, Apêndice 1) foi efetuada seguindo três etapas: (i) levantamento (em bibliografia e no sistema de Informação SpeciesLink - <http://smlink.cria.org.br/>) das Coleções Científicas com girinos obtidos em estudos desenvolvidos, ao longo de pelo menos uma estação chuvosa, em áreas de Floresta Estacional Semidecidual do Estado de São Paulo, e (ii) na base de dados eletrônica e nos livros tombos das Coleções DZSJRP -Amphibia Tadpoles e CFBH “Célio F. B. Haddad” foi recuperado o local exato de coleta e o nome dos coletores de cada lote de girinos analisado; (iii) posteriormente, foram compilados dados de dois descritores dos habitats: a profundidade máxima de cada habitat, que variou de 0,1 a 2,4 m (média de 0,66 m), e o número de tipos de vegetação no interior do corpo d'água, que foi classificado em categorias de 1 a 6 de complexidade crescente , desde sem vegetação (1) até todos os tipos de vegetação (6) considerados, que foram vegetação herbácea, herbácea ereta, arbusto, macrófitas e árvores.

Selecionados oito atributos funcionais (Tabela 2), obtidos a partir da análise de cinco girinos de cada espécie (ver Apêndice 2 para detalhes da obtenção dos atributos funcionais). Esses atributos foram escolhidos porque têm relações conhecidas com o modo

alimentar e uso de habitat ou estratégias da história de vida dos girinos (INGER, 1986; ALTIG & JOHNSTON, 1989; ROSSA-FERES et al., 2004; LAJMANOVICH, 1994; ETEROVICK & BARROS, 2003; PEZZUTI, 2011; STRAUß et al., 2010). Os atributos posição da abertura oral e o modo de alimentação se relacionam com o uso de recursos alimentares pelos girinos (DUELLMAN & TRUEB, 1986; DÍAZ-PANIAGUA, 1985; INGER, 1986). A posição que o girino ocupa na coluna d'água, o formato do corpo, a posição dos olhos, a presença ou não de flagelo e a altura das nadadeiras dorsal e ventral estão relacionados ao uso do habitat (ALTIG & JOHNSTON, 1989; ALTIG & MCDIARMID, 1999). A posição ocupada pelos girinos na coluna d'água permite classificá-los em: nectônicos, que permanecem a maior parte do tempo na meia água; bentônicos, que ocorrem próximo ao substrato e bentônicos/neustônicos, que permanecem próximo ao substrato, mas podem ser observados nadando próximo a superfície com a região ventral voltada para cima, especialmente à noite (ALTIG & JOHNSTON, 1989; ALTIG & MCDIARMID, 1999; ROSSA-FERES et al., 2004).

Análise dos dados

Para identificar quais atributos funcionais dos girinos estão relacionados com os descritores dos corpos d'água nós utilizamos o método do quarto canto (*fourth-corner*) proposto por LEGENDRE et al. (1997). Esta abordagem requer múltiplos dados na forma de três matrizes de entrada: i) matriz **L** com valores de presença e ausência das espécies nos habitats; ii) matriz **R** com os descritores dos habitats; e iii) matriz **Q** com os atributos das espécies. Essa análise utiliza os dados das três matrizes (**R**, **L** e **Q**) e, através de permutações entre as linhas e as colunas dessas matrizes de dados, estima e testa a correlação entre todos os atributos das espécies e as variáveis dos corpos d'água nos quais elas ocorreram em uma quarta matriz (**D**) (LEGENDRE et al., 1997, Figura 3).

Para avaliar se a força da ligação entre os atributos das espécies e os descritores dos habitats podem ser atribuídos ao acaso apenas ou se ela é susceptível de refletir os processos ecológicos, nós realizamos procedimentos de aleatorização (DRAY & LEGENDRE, 2008) com o teste sequencial (TER BRAAK et al., 2013) e os valores de P ajustado para múltiplos testes (DRAY et al., 2014). Em resumo, este procedimento permite testar a hipótese nula de que, pelo menos, um dos conjuntos de dados (descritores do habitat ou atributos, respectivamente matriz R ou Q) não está relacionado à ocorrência das espécies (matriz L), contra a hipótese alternativa de que tanto os atributos quanto o ambiente influenciam a distribuição das espécies (*i.e.*, as ligações L-Q e R-L são significativas; DRAY & LEGENDRE, 2008). Para isso, nós testamos as correlações obtidas nas células individuais (d_{ij}) da matriz D usando 999 permutações. Todas as análises foram realizadas usando as funções disponíveis no pacote ade4 (DRAY & DUFOUR, 2007) no software R (R Core Team 2012). Antes das análises nós aplicamos a Transformação de Hellinger (LEGENDRE & GALLAGHER, 2001) para os dados dos atributos funcionais das espécies e dos descritores dos habitats, uma vez que esses dados eram de natureza quantitativa e qualitativa e para que pudéssemos analisa-los juntamente realizamos essa transformação.

RESULTADOS

Os atributos funcionais dos girinos foram correlacionados com os descritores ambientais dos corpos d'água (Figura 4) e os resultados obtidos evidenciam dois conjuntos de espécies com diferentes atributos funcionais relacionados ao uso do habitat e ao modo de alimentação dos girinos.

Quanto ao uso do habitat (Figura 4), a ocorrência de girinos com atributos funcionais associados à posição na meia água (hábito nectônico, corpo triangular,

nadadeiras dorsal e ventral altas, olhos laterais e presença de flagelo) foi positivamente correlacionada com a profundidade e negativamente correlacionada com o número de tipos de vegetação no interior do corpo d'água. Por outro lado, a ocorrência de girinos com atributos funcionais relacionados à posição sobre o substrato (hábito bentônico, corpo globular, nadadeiras dorsal e ventral baixas, olhos dorsais e ausência de flagelo) foi negativamente correlacionada com a profundidade e positivamente correlacionada com o número de tipos de vegetação no interior do corpo d'água.

Do mesmo modo, dois conjuntos de espécies com diferentes atributos funcionais relacionados ao modo alimentar dos girinos foram identificados pela correlação com as duas variáveis dos corpos d'água (Figura 4). A ocorrência de girinos com atributos funcionais relacionados ao modo alimentar por filtração (hábito alimentar filtrador e abertura oral em posição anteroventral) foi positivamente correlacionada com a profundidade e negativamente correlacionada com o número de tipos de vegetação no interior do corpo d'água. Por outro lado, a ocorrência de girinos com atributo funcional relacionado ao hábito alimentar raspador (abertura oral em posição ventral) foi negativamente correlacionada com a profundidade e positivamente correlacionada com o número de tipos de vegetação no interior do corpo d'água.

DISCUSSÃO

A associação dos atributos funcionais dos girinos com os corpos d'água foi claramente não aleatória, evidenciando que os gradientes de profundidade e número de tipos de vegetação influenciam a distribuição dos girinos nos habitats.

Forte associação na ocorrência de girinos e adultos de anuros com descritores do habitat foi demonstrada em diversos estudos (BAKER & HALLIDAY, 1999; PARRIS, 2004; SKELLY et al., 2005; AFONSO & ETEROVICK, 2007; BOTH et al., 2009;

KELLER et al., 2009; VASCONCELOS et al., 2009; BOTH et al., 2010), sugerindo, apesar da forte influência de predadores (HEYER et al., 1975; SKELLY & WERNER, 1990; ETEROVICK & FERNADES, 2002; GOMEZ-MESTRE & DÍAZ-PANIAGUA, 2011), que a distribuição das espécies é mais fortemente influenciada por fatores abióticos, como heterogeneidade da vegetação (HAZELL et al., 2001; BASTAZINI et al., 2007; WASSENS et al., 2010) e pluviosidade (GOTTSBERGER & GRUBER, 2004; VASCONCELOS et al., 2010) do que por fatores bióticos, como competição e predação. Essa intrincada relação dos fatores abióticos com a distribuição dos anuros está, em grande parte, associada às características biológicas do grupo, como pele altamente permeável, ciclo de vida complexo e baixa capacidade de dispersão, que torna os anuros fortemente dependentes de características dos ambientes que ocupam, especialmente a umidade (DUELLMAN & TRUEB, 1986; WILBUR, 1980; BECKER et al., 2007; da SILVA et al., 2012). Além disso, SREDL & COLLINS (1992) sugeriram que a relação entre competição e predação pode ser não-linear e depender do grau de heterogeneidade do ambiente, o que reforça a influência das características ambientais.

Do mesmo modo, em áreas de Floresta Estacional Semidecidual do estado de São Paulo, foi demonstrada a forte influência dos descritores dos habitats na composição e abundância dos anuros (SANTOS et al., 2007; VASCONCELOS et al., 2009; PRADO et al., 2009; da SILVA et al., 2011; da SILVA et al., 2012). Entretanto, especificamente para os girinos, os resultados são contraditórios. A menor riqueza e diversidade das comunidades larvárias (VASCONCELOS & ROSSA-FERES, 2005) e os menores valores de amplitude de nicho para uso de habitat dos girinos em comparação com os adultos (SANTOS et al., 2007), indicam fortes requerimentos de habitat pelos girinos. Entretanto, os estudos desenvolvidos não detectaram correlação entre a riqueza de espécies e os diversos descritores da estrutura dos corpos d'água (perfil das margens, porcentagem de

cobertura vegetal, número de tipos de plantas, duração e tamanho dos corpos d'água; VASCONCELOS & ROSSA-FERES, 2005). Mesmo para os anuros adultos, a análise da ocorrência das espécies não permitiu detectar nenhum padrão a respeito da influência dos descritores do habitat (VASCONCELOS & ROSSA-FERES, 2005; SILVA et al., 2011) e, desse modo, as respostas pareciam ser idiossincráticas (SILVA et al., 2011).

Nossos resultados, ao contrário, indicam que a influência dos descritores dos corpos d'água sobre a ocorrência dos girinos não gera respostas idiossincráticas, pois a influência das duas características testadas (profundidade e complexidade da vegetação) foi dependente dos atributos funcionais dos girinos. Dessa forma, considerar não apenas o número de espécies e sim os atributos funcionais das espécies, os quais representam seu desempenho no ambiente (VIOLLE et al., 2007; FLYNN et al., 2009), permite uma nova interpretação da influência dos descritores do habitat sobre a ocorrência e distribuição das espécies, pois o potencial de uma espécie para se estabelecer ou persistir sob qualquer conjunto de condições ambientais é em grande parte determinado por suas características biológicas (LAVOREL et. al., 2007).

Considerando os atributos funcionais, foi possível detectar um padrão na ocorrência dos girinos. A profundidade e o número de tipos de vegetação nos corpos d'água parecem impor um *continuum* na distribuição das espécies, sendo um extremo representado pelas espécies com atributos que apresentam melhor *performance* em corpos d'água mais profundos e com poucos tipos de vegetação, ou seja girinos nectônicos e com hábito alimentar filtrador (*Chiasmocleis albopunctata*, *Elachistocleis bicolor*, *Elachistocleis cesarii*, *Dendropsophus minutus*, *Scinax fuscovarius*, *Scinax similis*, *Trachycephalus typhoni*) e, no outro extremo, as espécies com atributos que apresentam melhor *performance* em corpos d'água rasos e com muitos tipos de vegetação, constituído por girinos bentônicos e com hábito alimentar raspador (*Hypsiboas albopunctatus*, *Hypsiboas*

faber, *Hypsiboas raniceps*, *Leptodactylus fuscus*, *Leptodactylus labyrinthicus*, *Leptodactylus podicipinus*, *Eupemphix nattereri*, *Physalaemus cuvieri*, *Physalaemus centralis*, *Physalaemus mamoratus*, *Pseudopaludicola ternetzi*).

Corpos d'água com maior profundidade apresentam maior coluna d'água, o que pode representar um efeito de área (*sensu* PRESTON, 1960, 1962; WILLIAMS, 1964; SIMBERLOFF, 1972), no caso volume de habitat, disponível para os girinos nectônicos. Além disso, em função das nadadeiras dorsal e ventral desses girinos terem maior altura (ALTIG & MCDIARMID, 1999), corpos d'água rasos limitam sua ocorrência. Por outro lado, a associação dos girinos bentônicos com corpos d'água de menor profundidade indica uma limitação desses girinos para ocupar corpos d'água mais profundos. Não é claro o motivo dessa limitação, mas uma possível explicação a ser investigada em estudos futuros, é a diminuição da produtividade primária sobre o substrato, decorrente da menor incidência de luz sobre o fundo nos corpos d'água mais profundos. O solo das poças é, em geral, argiloso e/ou apresenta grande quantidade de matéria orgânica depositada sobre o fundo que, à menor perturbação como, por exemplo, o forrageamento por organismos bentônicos (CONNELLY et al., 2008; MOTTA & UIEDA, 2008) suspendem turvando a água, diminuindo a incidência de luz e podendo alterar as comunidades de algas que vivem no sedimento (*e.g.*, perifiton, KIFFNEY & RICHARDSON, 2001; BRÖNMARK & HANSSON, 1998; MOTTA & UIEDA, 2008), das quais os girinos se alimentam. Outra possibilidade é a limitação para nadar na coluna d'água ou sob uma maior pressão da coluna d'água. VAN BUSKIRK & MCCOLLUM (2000) demonstraram que uma redução na área de superfície da nadadeira dos girinos de *Hyla versicolor* causou a diminuição da *performance* de natação. Assim, dependendo da profundidade do habitat, girinos com determinados atributos relacionados com a *performance* de natação (*e.g.*, altura da

nadadeira), ocorrem preponderantemente em um determinado tipo de habitat do que em outro.

Já a influência do número de tipos de vegetação foi contrária ao esperado e as análises efetuadas não possibilitam uma conclusão. Algumas possibilidades são aventadas, mas ficam pendentes de testes futuros. A associação dos girinos nectônicos com poucos tipos de vegetação pode ser explicada porque, ao contrário das evidências até agora disponíveis, de que as áreas vegetadas dos corpos d'água constituem refúgio contra predadores (*e.g.*, ALTIG & MCDIARMID, 1999; KOPP et al., 2006), a *performance* de natação exibida pelo girino pode ser mais importante para sua sobrevivência na presença de predador do que a utilização de um refúgio. AZEVEDO-RAMOS et al. (1992), em um estudo avaliando como a movimentação dos girinos nos corpos d'água influencia a chance de predação por larvas de Odonata, encontrou que as espécies que nadaram com maior rapidez sobreviveram por mais tempo. Além disso, apesar das náíades serem predadores principalmente orientados pelo movimento (PRITCHARD, 1965), girinos de algumas espécies, na presença de tais predadores, nadam curtas distâncias e então param (CALDWELL et al., 1980). Esse comportamento pode confundir o predador e possibilitar a fuga do girino (AZEVEDO-RAMOS et al., 1992). Por outro lado, é importante considerar que tipos de vegetação não refletem quantidade de vegetação e que a presença de poucos tipos de vegetação pode indicar, pelo menos em alguns casos, que o corpo d'água é dominado por um único tipo de vegetação, que recobre grande parte da sua superfície. Esse é o caso de corpos d'água com taboa ou aguapés, que costumam recobrir a maior parte da área do corpo d'água (BABBITT et al., 2009; da SILVA et al., 2011; SILVA et al., 2011). Dessa forma, não podemos eliminar a hipótese que os girinos nectônicos filtradores utilizem a vegetação como refúgio contra a predação. Nesse caso, o número de tipos de vegetação estaria afetando a ocorrência dos girinos por meio da seleção dos adultos, que

utilizam a vegetação como sítio de vocalização (*e.g.*, PROVETE et al., 2011). Apesar dessas considerações, a forte associação dos atributos dos girinos com o número de tipos de vegetação, indica alguma relação específica que merece ser investigada em estudos experimentais.

Agora a influência positiva do grande número de tipos de vegetação sobre os girinos bentônicos pode ser simplesmente um reflexo do tipo de habitat que, preferencialmente ocupam, brejos e poças mais rasas, que comportam o crescimento de várias espécies arbustivas (*e.g.*, Melastomataceae, Asteraceae) e arbóreas. Nesse caso, grande número de tipos de vegetação estaria representando, pelo menos para os brejos, corpos d'água com pequena quantidade de vegetação recobrando sua área que apresenta considerável proporção de solo nú (CONTE & ROSSA-FERES, 2007), favorecendo a ocorrência dos girinos bentônicos raspadores, pelo aumento da produtividade primária no nível do substrato (BRÖNMARK & HANSSON, 1998; CONNELLY et al., 2008; WHILES et al., 2010).

Um único estudo analisando a relação de atributos funcionais de girinos com características do habitat foi desenvolvido em riachos em Madagascar (STRAUß et al., 2010). A riqueza das comunidades de girinos foi fortemente determinada pelos descritores dos habitats, sendo que os gradientes de tamanho e velocidade da água dos riachos influenciaram positivamente a riqueza de espécies. Dessa forma, até onde vai nosso conhecimento, este é o primeiro estudo testando o efeito de diferentes gradientes dos descritores de habitat como filtros ambientais sobre múltiplos atributos funcionais em comunidades de girinos, atendendo a sugestão de MCGILL et al. (2006) de reconstruir a ecologia de comunidades a partir da análise de atributos funcionais em muitas espécies.

Adicionalmente, nossos resultados permitem predizer um padrão de distribuição espacial para os girinos de poças em áreas de Floresta Estacional Semidecidual de acordo

com o conjunto de atributos funcionais associados ao uso do habitat pelos girinos (bentônico ou nectônico). Esse resultado é importante para ações de conservação nessas áreas, já fortemente impactadas por desmatamento (RODRIGUES et al., 2008; NECCHI JÚNIOR, 2012), uma vez que as informações oferecidas pelo uso dos atributos funcionais possuem um poder de extrapolação para girinos de diferentes gêneros e famílias que dificilmente seria percebido usando uma abordagem taxonômica tradicional. Dessa forma, os resultados obtidos demonstram que a conservação das espécies de anuros em áreas de Floresta Estacional Semidecidual, depende da manutenção de uma variedade de habitats, rasos e profundos, com muitos e com poucos tipos de vegetação. A homogeneização ambiental decorrente da intensa ação antrópica nessa região, como o intenso desmatamento e a urbanização (BUZZO, 2013) que secam as nascentes, as quais geralmente formam os brejos na região, a drenagem de brejos para o estabelecimento de pastagens, a eliminação de vegetação nos corpos d'água e manutenção apenas de açudes para o abastecimento do gado e tanques mais profundos para irrigação de cultivos, prejudicaria seriamente os girinos bentônicos (*e.g.*, *Hypsiboas albopunctatus*, *Leptodactylus fuscus*, *Physalaemus cuvieri*) e favoreceria somente os girinos nectônicos (*e.g.*, *Dendropsophus minutus*, *Scinax fuscovarius*) que apresentam atributos funcionais, como nadadeiras dorsal e ventral altas que possibilitam o melhor desempenho em ambientes mais profundos.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, L. G. & ETEROVICK, P. C. 2007. Spatial and temporal distribution of breeding anurans in streams in southeastern Brazil. *Journal of Natural History*, 41(13-16):949-963.
- ALTIG, R. & JOHNSTON, G. F. 1989. Guilds of anuran larvae: relationships among developmental modes, morphologies, and habitats. *Herpetological Monographs*, 3:81-90.
- ALTIG, R. & MCDIARMID, R.W. 1999. Diversity: Familial and Generic Characterizations. In: R.W. McDiarmid & R. Altig (Eds.) Tadpoles. The Biology of Anuran Larvae. *University of Chicago Press*, Chicago and London, 295-337 p.
- ALTIG, R., WHILES, M. R., & TAYLOR, C. L. 2007. What do tadpoles really eat? Assessing the trophic status of an understudied and imperiled group of consumers in freshwater habitats. *Freshwater Biology*, 52(2):386-395.
- AMBURGEY, S., FUNK, W. C., MURPHY, M. & MUTHS, E. 2012. Effects of Hydroperiod Duration on Survival, Developmental Rate, and Size at Metamorphosis in Boreal Chorus Frog Tadpoles (*Pseudacris maculata*). *Herpetologica*, 68(4):456-467.
- ARAÚJO, C. O., CONDEZ, T. H. & SAWAYA, R. J. 2009. Anfíbios Anuros do Parque Estadual das Furnas do Bom Jesus, sudeste do Brasil, e suas relações com outras taxocenoses no Brasil. *Biota Neotropica*, 9(2):77-98.
- AZEVEDO-RAMOS, C., VAN SLUYS, M., HERO, J. M. & MAGNUSSON, W. E. 1992. Influence of tadpole movement on predation by odonate naiads. *Journal of Herpetology*, 26(3):335-338.
- BABBITT, K. J., BABER, M. J & TARR, T. L. 2003. Patterns of larval amphibian distribution along the wetland hydroperiod gradient. *Canadian Journal of Zoology*, 81:1539-1552.
- BABBITT, K. J. 2005. The relative importance of wetland size and hydroperiod for amphibians in southern New Hampshire, USA. *Wetlands Ecology and Management*, 13:269-279.
- BABBITT, K. J., BABER, M. J., CHILDERS, D. L., & HOCKING, D. 2009. Influence of agricultural upland habitat type on larval anuran assemblages in seasonally inundated wetlands. *Wetlands*, 29(1):294-301.
- BAKER, J. M. R. & HALLIDAY, T. R., 1999. Amphibian colonisation of new ponds in an agricultural landscape. *Herpetological Journal*, 9(2):55-63.
- BALON, E. K., CRAWFOR, S. S. & LELEK, A., 1986. Fish communities of the upper Danube River (Germany, Austria) prior to the new Rhein-Main-Donau connection. *Environmental Biology Fish* 154:242-271.

- BARCHA, S. F. & ARID, F. M. 1971. Estudo da evapotranspiração na região norte-ocidental do Estado de São Paulo. *Revista de Ciências da Faculdade de Ciências e Letras*, 1:94-122.
- BASTAZINI, C. V.; MUNDURUCA, J. F. V.; ROCHA, P. L. B.; NAPOLI, M. F. 2007. Which environmental variables best explain changes in anuran community composition? A case study in the Restinga of Mata de São João, Bahia, Brazil. *Herpetologica*, 63(4):459-471.
- BECKER, C. G., FONSECA, C. R., HADDAD, C. F. B., BATISTA, R. F. & PRADO, P. I. 2007. Habitat split and the global decline of amphibians. *Science*, 318(5857):1775-1777.
- BOTH, C., SOLÉ, M., dos SANTOS, T. G. & CECHIM, S. Z. 2009. The role of spatial and temporal descriptors for neotropical tadpole communities in southern Brazil. *Hydrobiologia*, 624(1):125-138.
- BOTH, C.; CECHIN, S. Z.; MELO, A. S. & HARTZ, S. M. 2010. What controls tadpole richness and guild composition in ponds in subtropical grasslands? *Austral Ecology*, 36:530-536.
- BRASSALOTI, R. A., ROSSA-FERES, D. C. & BERTOLUCI, J. 2010. Anurofauna da floresta estacional semidecidual da Estação Ecológica dos Caetetus, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, 10(1):275-291.
- BRÖNMARK, C. & HANSSON, L-A. 1998. Biology of Habitats. In: The biology of lakes and ponds, Oxford University Press, Oxford, 115-189 p.
- BURNE, M. R., & GRIFFIN, C. R. 2005. Habitat associations of pool-breeding amphibians in eastern Massachusetts, USA. *Wetlands Ecology and management*, 13(3):247-259.
- BUZZO, B. de S. 2013. Inclusão de áreas no perímetro urbano de São José do Rio Preto – SP (2001-2012) e suas consequências sócio-ambientais. Trabalho de conclusão de Curso. Bacharel em Ciências Biológicas. UNESP.
- CALDWELL, J. P., THORP, J. H. & JERVEY, T. O. 1980. Predator-prey relationships among larval dragonflies, salamanders, and frogs. *Oecologia*, 46(3):285- 289.
- CANDEIRA, C. P. 2007. Estrutura de Comunidades e Influência da Heterogeneidade Ambiental na diversidade de anuros em área de pastagem no Sudeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). São José do Rio Preto: Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas. UNESP, 118 p.
- CAVALHEIRO, F., BALLESTER, M. V., KRUSHE, A. V., MELO, S. A., WAECHTER, J. L., da SILVA, C. J., D'ARIENZO, M. C., SUZUKI, M. S., BOZELLI, R. L., JESUS, T. P., & SANTOS, J. E. 1990. Propostas preliminares referentes ao plano de zoneamento e manejo da Estação Ecológica do Jataí. *Acta Limnologica Brasiliensis*, 3:951-968.

- CAVENDER-BARES, J., KOZAK, K. H., FINE, P. V., & KEMBEL, S. W. 2009. The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology letters*, 12(7):693-715.
- CHASE, J. M. 2003. Experimental evidence for alternative stable equilibria in a benthic pond food web. *Ecology Letters*, 6(8):733-741.
- CHESSON, P. 2000. Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual review of Ecology and Systematics*, 343-366.
- CLEMENTS, F. E. 1916. Plant succession: an analysis of the development of vegetation. *Carnegie Institute of Washington*, Washington, DC.
- CONNELLY, S., PRINGLE, C. M., BIXBY, R. J., BRENES, R., WHILES, M. R., LIPS, K. R., KILHAM, S. & HURY, A. D. 2008. Changes in stream primary producer communities resulting from large-scale catastrophic amphibian declines: can small-scale experiments predict effects of tadpole loss? *Ecosystems*, 11(8):1262-1276.
- CONTE, C. E. & ROSSA-FERES, D. C. 2007. Riqueza e distribuição espaço-temporal de anuros em um remanescente de Floresta de Araucária no sudeste do Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(4):1025-1037.
- CORNWELL, W. K., SCHWILK, D. W. & ACKERLY, D. D. 2006. A trait-based test for habitat filtering: convex hull volume. *Ecology*, 87:1465–1471.
- DA SILVA, F. R.; GIBBS, J.P. & ROSSA-FERES, D.C. 2011. Breeding habitat and landscape correlates of frog diversity and abundance in a tropical agricultural landscape. *Wetlands*, 31:1079-1087.
- DA SILVA, F. R., CANDEIRA, C. P. & ROSSA-FERES, D. C. 2012. Dependence of anuran diversity on environmental descriptors in farmland ponds. *Biodiversity and Conservation*, 21(6):1411-1424.
- DÍAZ, S., CABIDO, M. & CASANOVES, F. 1998. Plant functional traits and environmental filters at a regional scale. *Journal of Vegetation Science*, 9:113–122.
- DÍAZ-PANIAGUA, C. 1985. Larval diets related to morphological characters of five anuran species in the Biological Reserve of Doñana (Huelva, Spain). *Amphibia-Reptilia*, 6:307-322.
- DIAZ-PANIAGUA, C. 1987. Tadpole distribution in relation to vegetal heterogeneity in temporary ponds. *Herpetological Journal*, 1:167-169.
- DRAY, S. & DUFOUR, A. B. 2007. The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *Journal of statistical software*, 22(4), 1-20.
- DRAY, S. & LEGENDRE, P. 2008. Testing the species traits environment relationships: the fourth-corner problem revisited. *Ecology*, 89:3400–3412.

- DRAY, S., CHOLER, P., DOLÉDEC, S., PERES-NETO, P. R., THUILLER, W., PAVOINE, S. & TER BRAAK, C. J. 2014. Combining the fourth-corner and the RLQ methods for assessing trait responses to environmental variation. *Ecology*, 0(0):57-64.
- DUELLMAN, W. E. & TRUEB, L. 1986. *Biology of Amphibians*. New York: McGraw-Hill Book Company, 670 p.
- DUELLMAN, W. E. & TRUEB, L. 1994. *Biology of amphibians*. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 789 p.
- ERNST, R., LINSENMAIR, K. E., & RÖDEL, M. O. 2006. Diversity erosion beyond the species level: dramatic loss of functional diversity after selective logging in two tropical amphibian communities. *Biological Conservation*, 133(2):143-155.
- ETEROVICK, P. C. & FERNANDES, G. W. 2002. Why do breeding frogs colonize some puddles more than others?. *Phyllomedusa: Journal of Herpetology*, 1(1):31-40.
- ETEROVICK, P. C. 2003. Distribution of anuran species among montane streams in south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 19(3):219-228.
- ETEROVICK, P. C. & BARROS, I. S. 2003. Niche occupancy in south-eastern Brazilian tadpole communities in montane-meadow streams. *Journal of Tropical Ecology*, 19(4):439-448.
- FLYNN, D. F., GOGOL-PROKURAT, M., NOGEIRE, T., MOLINARI, N., RICHERS, B. T., LIN, B. B., SIMPSON, N., MAYFIELD, M. M. & DECLERCK, F. 2009. Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology letters*, 12(1):22-33.
- FARIA, H. H. 2006. *Parque Estadual do Morro do Diabo: Plano de Manejo*. Santa Cruz do Rio Pardo: Editora Viena.
- GATZ Jr., A. J., 1979a. Ecological morphology of freshwater stream fishes. *Tulane Stud. Zool. Bot.*, 21:91-124. GATZ Jr., A. J., 1979b. Community organization in fishes as indicated by morphological features. *Ecology* 60:711-718.
- GAUSE, G. F. 1934. Experimental analysis of Vito Volterra's mathematical theory of the struggle for existence. *Science*, 79(2036):16-17.
- GAUSE, G. F. 1943. *The struggle for existence*. Williams and Wilkins, Baltimore, MD.
- GOMEZ-MESTRE, I. & DÍAZ-PANIAGUA, C. 2011. Invasive predatory crayfish do not trigger inducible defences in tadpoles. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1723):3364-3370.
- GOSNER, K. L. 1960. A simplified table for staging anuran larvae with notes on identification. *Herpetologica* 16(2):183-189.
- GOTTSBERGER, B. & GRUBER, E. 2004. Temporal partitioning of reproductive activity in a neotropical anuran community. *Journal of Tropical Ecology*, 20(03):271-280.

- HAZELL, D., CUNNINGHAM, R., LINDENMAYER, D., MACKEY, B. & OSBORNE, W. 2001. Use of farm dams as frog habitat in an Australian agricultural landscape: factors affecting species richness and distribution. *Biological Conservation*, 102(2): 155-169.
- HECTOR, A., SCHMID, B., BEIERKUHNELEIN, C., CALDEIRA, M. C., DIEMER, M., DIMITRAKOPOULOS, P. G., FINN, J. A., FREITAS, H., GILLER, P. S., GOOD, J., HARRIS, R., HÖGGER, P., HUSS-DANELL, K., JOSHI, J., JUMPPONEM, A., KÖRNER, C., LEADLEY, W., LOREAU, M., MINNS, A., MULDER, C. P. H., O'DONAVAN, G., OTWAY, S. J., PEREIRA, J. S., PRINZ, A., READ, D. J., SCHERER-LORENZEN, M., SCHULZE, E. D., SIAMANTZIOURAS, A. S., SPEHN, E. M., TERRY, A. C., TROUMBIS, A. Y., WOODWARD, F. I., YACHI, S. & LAWTON, J. H. 1999. Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science*, 286(5442):1123-1127.
- HEYER, W. R., MCDIARMID, R. W. & WEIGMANN, D. L. 1975. Tadpoles, predation and pond habitats in the tropics. *Biotropica*, 7(2):100-111.
- HUBBELL, S. P. 2001. The unified neutral theory of biodiversity and biogeography. *Princeton University Press*, Princeton, New Jersey, 396 p.
- INGER, R. F. 1986. Diet of tadpoles living in a Bornean rain forest. *Alytes*, Paris, 5:153-164.
- INGER, R. F., VORIS, H. K. & FROGNER, K. J. 1986. Organization of a community of tadpoles in rain forest streams in Borneo. *Journal of tropical ecology*, 2(03):193-205.
- JOLY, P., & MORAND, A. 1994. Theoretical habitat templates, species traits, and species richness: amphibians in the Upper Rhone River and its floodplain. *Freshwater Biology*, 31(3):455-468.
- JOLY, C. A., RODRIGUES, R. R., METZGER, J. P., HADDAD, C. F. B., VERDADE, L. M., OLIVEIRA, M. C. & BOLZANI, V. S. 2010. Biodiversity conservation research, training, and policy in São Paulo. *Science*, 11:1358–1359.
- KEDDY, P. A. 1992. Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. *Journal of Vegetation Science*, 3:157–164.
- KELLER, A., RÖDEL, M.-O., LINSÉNMAIR, K. E. & GRAFE, T. U. 2009. The importance of environmental heterogeneity for species diversity and assemblage structure in Bornean stream frogs. *Journal of Animal Ecology*, 78(2):305-314.
- KIFFNEY, P. M., RICHARDSON, J. S. & BULL, J. P. 2003. Responses of periphyton and insects to experimental manipulation of riparian buffer width along forest streams. *Journal of Applied Ecology*, 40(6):1060-1076.
- KOPP, K. & ETEROVICK, P. C. 2006. Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil. *Journal of Natural History*, 40(29-31):1813-1830.

- KOPP, K., WACHLEVSKI, M. & ETEROVICK, P. C. 2006. Environmental complexity reduces tadpole predation by water bugs. *Canadian Journal of Zoology*, 84(1):136-140.
- KRONKA, F. J. N., MATSUKUMA, C. K., NALON, M. A., DELCALI, I. H., ROSSI, M., MATTOS, I. F. A., SHIN-IKE, M. S. & PONTINHAS, A. A. S. 1993. Inventário florestal do Estado de São Paulo. Instituto Florestal, São Paulo.
- LAJMANOVICH, R. C. 1994. Contribution on the tadpole diet of *Leptodactylus ocellatus* (Amphibia, Leptodactylidae) in middle Paraná, Argentina. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 29:55-61.
- LAVOREL, S., MCLNTYRE, S., LANDSBERG, J. & FORBES, T. D. A. 1997. Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends in Ecology & Evolution*, 12(12):474-478.
- LAVOREL, S., DIAZ, S., CORNELISSEN, J. H. C., GARNIER, E., HARRISON, S. P., McINTYRE, S., PAUSAS, J. G., PÉREZ-HARGUINDEGUY, N., ROUMET, C. & URCELAY, C. 2007. Plant functional types: are we getting any closer to the Holy Grail? In: CANADELL, J., PITELKA, L.F. & PATAKI, D. (eds.) *Terrestrial Ecosystems in a changing world*. The IGBP series. Springer-Verlag, New York, NY, 171-186 p.
- LAWTON, J. H. 1999. Are there general laws in ecology?. *Oikos*, 84(2):177-192.
- LEGENDRE, P. & GALLAGHER, E. D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 129(2):271-280.
- LEGENDRE, P., GALZIN R., & HARMELIN-VIVEN, M. L. 1997. Relating behavior to habitat: solutions to the fourth-corner problem. *Ecology*, 78:547-562.
- MACARTHUR, R. & LEVINS, R. 1967. The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *The American Naturalist*, 101:377-385.
- MCCOLLUM, S. A. & VAN BUSKIRK, J. 1996. Costs and benefits of a predator-induced polyphenism in the gray tree frog *Hyla chrysocelis*. *Evolution*, 50:583-593.
- MCGILL, B. J., ENQUIST, B. J., WEIHER, E. & WESTOBY, M. 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(4):178-185.
- MCLNTYRE, P. B., BALDWIN, S. & FLECKER, A. S. 2004. Effects of behavioral and morphological plasticity on risk of predation in a Neotropical tadpole. *Oecologia*, 141(1):130-138.
- MINER, B. G., SULTAN, S. E., MORGAN, S. G., PADILLA, D. K. & RELYEA, R. A. 2005. Ecological consequences of phenotypic plasticity. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(12):685-692.

- MOTTA, R. L. & UIEDA, V. S. 2008. Independent and interactive effects of a top and an intermediate fish species on the food web structure of a tropical stream. *Community Ecology*, 9(1):73-82.
- NECCHI JUNIOR, O. (Ed) 2012. Fauna e Flora de Fragmentos Florestais Remanescentes da Região Norte do Estado de São Paulo /editor, Orlando Necchi Junior. Ribeirão Preto: Holos, editora, 301 p.
- PARRIS, K. M. 2004. Environmental and spatial variables influence the composition of frog assemblages in sub-tropical eastern Australia. *Ecography*, 27(3):392-400.
- PEZZUTI, T. L. 2011. Girinos do Quadrilátero Ferrífero, Sudeste do Brasil: Ecomorfologia e Chave de Identificação interativa. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 201 p.
- PFENNIG, D. W. 1992. Polyphenism in spadefoot toad tadpoles as a locally adjusted evolutionary stable strategy. *Evolution*, 46:1408–1420.
- PRADO, V. H. M., da SILVA, F. R., DIAS, N. Y. N., PIRES, J. S. R. & ROSSA-FERES, D. C. 2009. Anura, Estação Ecológica de Jataí, São Paulo state, southeastern Brazil. *Check List*, 5(3):495-502.
- PRADO, V. H. M., da SILVA, F. R., DIAS, N. Y. N., PIRES, J. S. R. & ROSSA-FERES, D. C. 2009. Anura, Estação Ecológica de Jataí, São Paulo state, southeastern Brazil. *Check List*, 5(3):495-502.
- PRESTON, F. W. 1960. Time and space and the variation of species. *Ecology*, 41(4):611-627.
- PRESTON, F. W. 1962. The canonical distribution of commonness and rarity: Part I. *Ecology*, 43(2):185-215.
- PRITCHARD, G. 1965. Prey capture by dragonfly larvae (Odonata, Anisoptera). *Canadian Journal of Zoology*, 43(2):271-289.
- PROVETE, D. B., GAREY, M. V., da SILVA, F. R. & ROSSA-FERES, D. C. 2011. Anurofauna do noroeste paulista: lista de espécies e chave de identificação para adultos. *Biota Neotropica*, 11(2):377-391.
- R Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- RAUNKIAER, C. 1934. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography. Begin the collected papers of C. Raunkiaer, Clarendon.
- RELYEA, R. A. & WERNER, E. E. 2000. Morphological plasticity in four larval anurans distributed along an environmental gradient. *Copeia*, 2000(1):178-190.

- RELYEA, R. A. 2001. Morphological and behavioral plasticity of larval anurans in response to different predators. *Ecology*, 82(2):523-540.
- RODRIGUES, R. R., JOLY, C. A., de BRITO, M. C. W., PAESE, A., METZGER, J. P., CASATTI, L., NALON, M. A., MENEZES, N., IVANAUSKAS, N. M., BOLZANI, V., BONONI, V. L. R. 2008. Diretrizes para conservação e restauração da biodiversidade no estado de São Paulo. FAPESP, São Paulo.
- ROSSA-FERES, D. C. & JIM, J. 2001. Similaridade no sítio de vocalização em uma comunidade de anfíbios anuros na região noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista brasileira de Zoologia*, 18(2):439-454.
- ROSSA-FERES, D. C., JIM, J. & FONSECA, M. G. 2004. Diets of tadpoles from a temporary pond in southeastern Brazil (Amphibia, Anura). *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(4):745-754.
- ROSSA-FERES, D. C. & NOMURA, F. 2006. Characterization and taxonomic key for tadpoles (Amphibia: Anura) from the northwestern region of São Paulo State, Brazil. *Biota Neotropica* 6(1):1-26.
- SANTOS, T. G.; ROSSA-FERES, D. C. & CASATTI, E. L. 2007. Diversidade e distribuição espaço temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. *Iheringia*, 97:37-49.
- SCARSBROOK, M. R. & TOWNSEND, C. R. 1993. Stream community structure in relation to spatial and temporal variation: a habitat templet study of two contrasting New Zealand streams. *Freshwater biology*, 29(3):395-410.
- SCHEINER, S. M. & GOODNIGHT, C. J. 1984. The comparison of phenotypic plasticity and genetic variation in populations of the grass *Danthonia spicata*. *Evolution*, 38:845-855.
- SIEPIELSKI, A. M. & MCPEEK, M. A. 2010. On the evidence for species coexistence: a critique of the coexistence program. *Ecology*, 91(11):3153-3164.
- SILVA, R. A., MARTINS, I. A. & ROSSA-FERES, D. C. 2011. Environmental heterogeneity: Anuran diversity in homogeneous environments. *Zoologia*, 28(5):610-618.
- SIMBERLOFF, D. S. 1972. Models in biogeography. In: SCHOPF, T. J. M. (ed.) Models in paleobiology. Freeman, San Francisco, 160-191 p.
- SKELLY, D. K. & WERNER, E. E. 1990. Behavioral and life-historical responses of larval American toads to an odonate predator. *Ecology*, 71(6):2313-2322.
- SKELLY, D. K., WERNER, E. E. & CORTWRINGT, S. A. 1999. Long-term distributional dynamics of a Michigan amphibian assemblage. *Ecology*, 80(7):2326-2337.

- SKELLY, D. K., HALVERSON, M. A., FREIDENBURG, L. K. & URBAN, M. C. 2005. Canopy closure and amphibian diversity in forested wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 13(3):261-268.
- SMITH, D. C. & VAN BUSKIRK, J. 1995. Phenotypic design, plasticity, and ecological performance in two tadpole species. *American Naturalist*, 145:211–233.
- SOUTHWOOD, T. R. E. 1977. Habitat, the templet for ecological strategies. *Journal of Animal Ecology*, 46:337–365.
- SREDL, M. J. & COLLINS, J. P. 1992. The interaction of predation, competition, and habitat complexity in structuring an amphibian community. *Copeia*, 1992(3):607–614.
- STATZNER, B., DOLÉDEC, S. & HUGUENY, B. 2004. Biological trait composition of European stream invertebrate communities: assessing the effects of various trait filter types. *Ecography*, 27:470–488.
- STRAUß, A., REEVE, E., RANDRIANAINA, R. D., VENCES, M. & GLOS, J. 2010. The world's richest tadpole communities show functional redundancy and low functional diversity: ecological data on Madagascar's stream-dwelling amphibian larvae. *BMC Ecology*, 10:12.
- TER BRAAK, C. J., CORMONT, A. & DRAY, S. 2012. Improved testing of species traits-environment relationships in the fourth-corner problem. *Ecology*, 93(7):1525-1526.
- TOWNSEND, C., DOLEDEC, S. & SCARSBROOK, M. 1997. Species traits in relation to temporal and spatial heterogeneity in streams: a test of habitat templet theory. *Freshwater Biology*, 37(2):367-387.
- VAMOSI, S.M., HEARD, S.B., VAMOSI, J.C. & WEBB, C.O. 2009. Emerging patterns in the comparative analysis of phylogenetic community structure. *Molecular Ecology*, 18(4):572-592.
- VAN BUSKIRK, J. & MCCOLLUM, S. A. 2000. Functional mechanisms of an inducible defence in tadpoles: morphology and behaviour influence mortality risk from predation. *Journal of Evolutionary Biology*, 13(2):336-347.
- VAN BUSKIRK, J. & SAXER, G. 2001. Delayed costs of an induced defense in tadpoles? Morphology, hopping, and development rate at metamorphosis. *Evolution*, 55(4): 821-829.
- VAN BUSKIRK, J., ANDERWALD, P., LÜPOLD, S., REINHARDT, L. & SCHULER, H. 2003. The lure effect, tadpole tail shape, and the target of dragonfly strikes. *Journal of Herpetology*, 37(2):420-424.
- VAN BUSKIRK, J. 2009. Getting in shape: adaptation and phylogenetic inertia in morphology of Australian anuran larvae. *Journal of evolutionary biology*, 22(6):1326-1337.

- VAN BUSKIRK, J. 2011. Amphibian phenotypic variation along a gradient in canopy cover: species differences and plasticity. *Oikos*, 120(6):906-914.
- VASCONCELOS, T. S. & ROSSA-FERES, D. C. 2005. Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região Noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica*, 5:1-14.
- VASCONCELOS, T. S., SANTOS, T. G., ROSSA-FERES, D. C. & HADDAD, C. F. B. 2009. Influence of the environmental heterogeneity of breeding ponds on anuran assemblages from southeastern Brazil. *Canadian Journal of Zoology*, 87:699–707.
- VASCONCELOS, T. S., SANTOS, T. G., ROSSA-FERES, D. C. & HADDAD, C. F. B., 2010. Similarity of ground-dwelling anuran (Amphibia) composition among different vegetation physiognomies in a Mesophytic Semideciduous Forest from southeastern Brazil. *North-Western Journal of Zoology*, 6:275–285.
- VELLEND, M. 2010. Conceptual synthesis in community ecology. *The Quarterly Review of Biology*, 85(2):183-206.
- VERBERK, W. C., SIEPEL, H. & ESSELINK, H. 2008. Life-history strategies in freshwater macroinvertebrates. *Freshwater Biology*, 53(9):1722-1738.
- VIOLLE, C., NAVAS, M. L., VILE, D., KAZAKOU, E., FORTUNEL, C., HUMMEL, I., & GARNIER, E. 2007. Let the concept of trait be functional!. *Oikos*, 116(5):882-892.
- WASSENS, S., HALL, A., OSBORNE, W. & WATTS, R. J. 2010. Habitat characteristics predict occupancy patterns of the endangered amphibian *Litoria raniformis* in flow-regulated flood plain wetlands. *Austral Ecology*, 35(8):944-955.
- WATSON, D. J. & BALON, E. K., 1984. Ecomorphological analysis of fish taxocenes in rainforest streams of northern Borneo. *Journal Fish Biology* 25:371-384.
- WEBB, C. T., HOETING, J. A., AMES, G. M., PYNE, M. I. & LEROY POFF, N. 2010. A structured and dynamic framework to advance traits-based theory and prediction in ecology. *Ecology Letters*, 13(3):267-283.
- WEIHER, E. & KEDDY, P. A. 1995. Assembly rules, null models, and trait dispersion: new questions from old patterns. *Oikos*, 74(1):159-164.
- WELBORN, G. A., SKELLY, D. K. & WERNER, E. E. 1996. Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annual review of ecology and systematics*, 27:337-363.
- WHILES, M. R., GLADYSHEVI, M. I., SUSHCHIK, N. N., MAKHUTOVA, O. N., KALACHOVA, G. S., PETERSON, S. D., & REGESTER, K. J. 2010. Fatty acid analyses reveal high degrees of omnivory and dietary plasticity in pond-dwelling tadpoles. *Freshwater Biology*, 55(7):1533-1547.
- WILBUR, H. M. 1980. Complex life cycles. *Annual review of Ecology and Systematics*, 11:67-93.

WILLIAMS, C. B. 1964. Patterns in the balance of nature. Academic Press, London.

WHITTAKER, R. H., 1975. Communities and ecosystems, 2nd ed. Macmillan, New York, 385 p.

WOODWARD, F. I. & DIAMENT, A. D. 1991. Functional approaches to predicting the ecological effects of global change. *Functional Ecology*, 5(2):202-212.

Tabela 1. Caracterização dos 41 corpos d' água compilados para esse estudo, para os dois descritores ambientais selecionados para análise. As medidas de profundidade estão em metros. As categorias de 1 a 6 de complexidade da vegetação representam o número de tipos de vegetação no interior do corpo d' água: desde sem vegetação (1) até todos os tipos de vegetação (6): vegetação herbácea, herbácea ereta, arbusto, macrófitas e árvores. As abreviações dos corpos d' água são: AP= açude permanente, AT= açude temporário , PP = poça permanente, PT= poça temporária, BP= brejo permanente, BT = brejo temporário, C = córrego e CT = córrego temporário.

Descritores ambientais	Complexidade da vegetação	Profundidade máxima
Corpos d' água		
AP1	6	0.8
AP2	3	0.9
AP3	2	0.65
AP4	2	0.7
AP5	2	0.7
AP6	2	0.65
AP7	3	0.47
AP8	4	0.5
AP9	3	0.6
AP10	2	2.1
AP11	2	1.6
AP12	5	2.4
AT1	1	0.3
AT2	2	0.7
AT3	2	0.7
AT4	1	1
PP1	2	0.89
PP2	3	1.5
PT1	2	0.4
PT2	1	0.8
PT3	2	0.8
PT4	4	1.5
PT5	4	0.48
PT6	2	0.1
PT7	2	0.3
PT8	2	1.12
PT9	2	0.42
BP1	4	0.15
BP2	4	0.15
BP3	2	0.3
BP4	1	0.4
BP5	1	0.55
BT1	2	0.1
BT2	2	0.4
BT3	5	0.1
BT4	4	0.25
BT5	2	0.85
C1	1	0.25
C2	1	0.4
C3	1	0.2
CT1	2	0.26

Tabela 2. Atributos funcionais dos girinos das 23 espécies de anuros, registrados em áreas de Floresta Estacional Semidecidual no oeste do Estado de São Paulo (*LAJMANOVICH, 1994; ETEROVICK & BARROS, 2003; PEZZUTI, 2011; D. C. Rossa-Feres, obs. pessoal).

Atributos Funcionais	Posição na coluna d'água*		Modo de alimentação*		Posição da abertura oral			Formato do corpo			Altura da nadadeira dorsal			Altura da nadadeira ventral			Posição dos olhos			Flagelo	
	Nectônico	Bentônico	Bent/Neust	Raspador	Filtrador	Terminal	Anteroventral	Ventral	Globular	Trangular	Alta	Baixa	Alta	Baixa	Dorsal	Lateral	Presente	Ausente	Presente	Ausente	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
<i>R. ornata</i>	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	
<i>R. schneideri</i>	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	
<i>D. elianae</i>	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	
<i>D. minutus</i>	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	
<i>D. nanus</i>	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	
<i>H. faber</i>	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	
<i>H. raniceps</i>	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	
<i>H. albopunctatus</i>	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	
<i>S. similis</i>	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	
<i>S. fuscovarius</i>	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	
<i>S.fuscomarginatus</i>	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	
<i>T. typhoniuis</i>	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	
<i>L. fuscus</i>	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	
<i>L. labyrinthicus</i>	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	
<i>L. podicipinus</i>	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	
<i>E. nattereri</i>	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	
<i>P. caviari</i>	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	
<i>P. centralis</i>	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	
<i>P. marmoratus</i>	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	
<i>P. ternetzi</i>	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	
<i>C. albopunctata</i>	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	
<i>E. bicolor</i>	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	
<i>E. cesarii</i>	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	

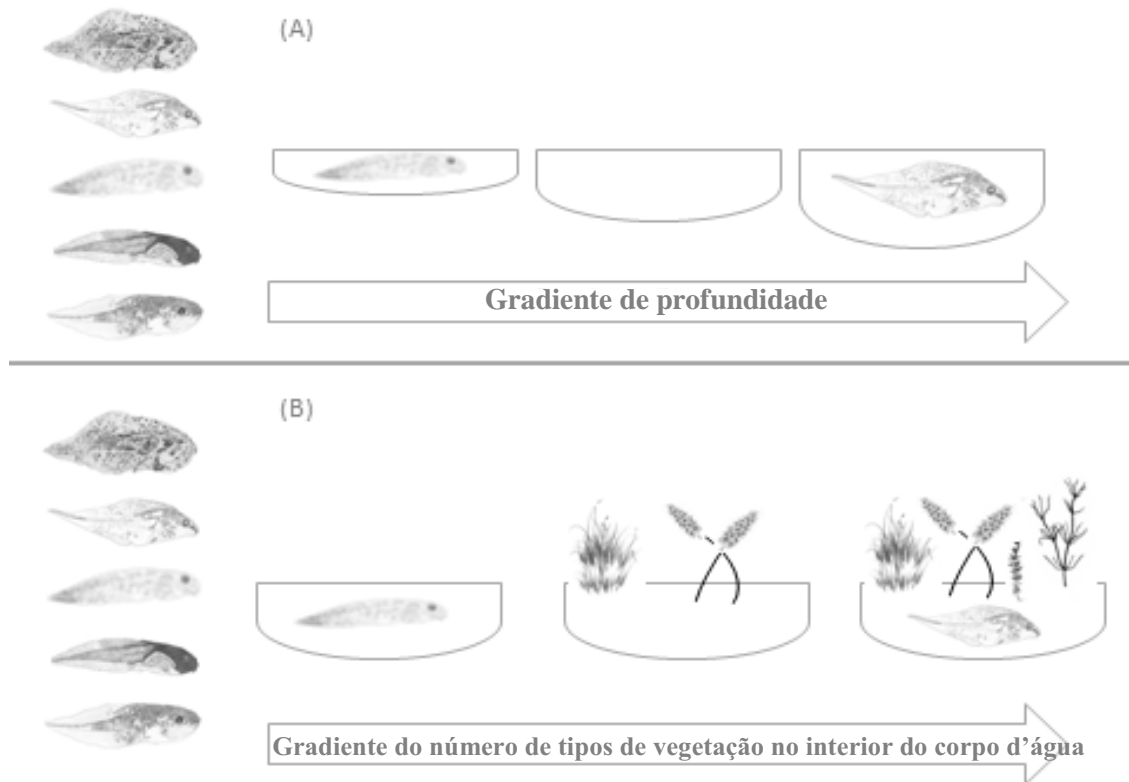


Figura 1. Ilustração esquemática dos dois gradientes: (A) de profundidade e (B) Número de tipos de vegetação no interior dos corpos d'água que podem agir como filtro local dos atributos funcionais dos girinos das diferentes espécies de anuros. As espécies são (de cima para baixo): *Pseudis platensis*, *Dendropsophus minutus*, *Hysiboas albopunctatus*, *Rhinella schneideri*, *Dermatotonotus muelleri*.

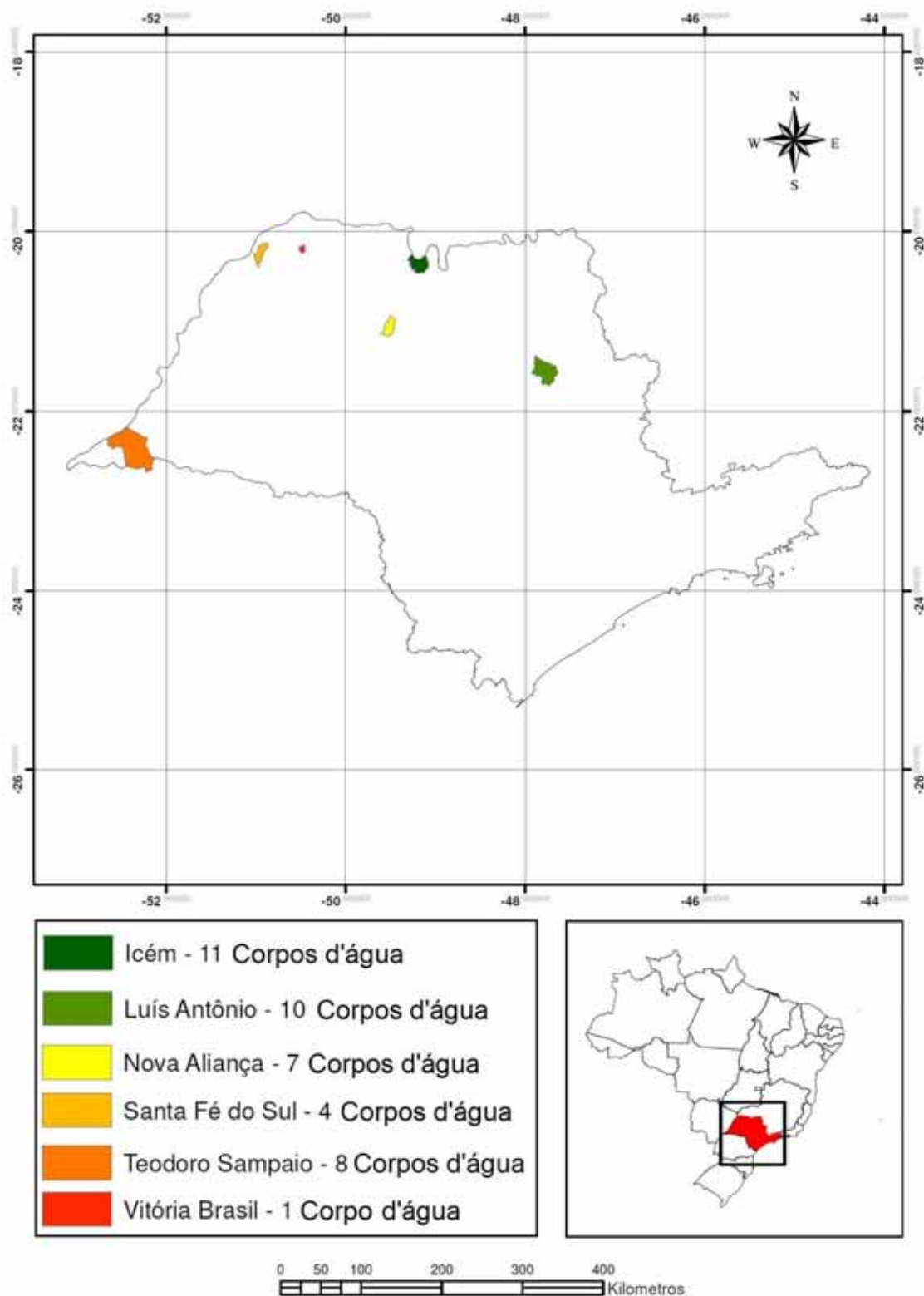


Figura 2. Localização geográfica das áreas selecionadas: município de Icém ($20^{\circ} 20' S$; $49^{\circ} 11' O$), Luís Antônio ($21^{\circ} 32' S$; $47^{\circ} 42' O$), Nova Aliança ($21^{\circ} 04' S$; $49^{\circ} 32' O$), Santa Fé do Sul ($20^{\circ} 11' S$; $50^{\circ} 53' O$), Teodoro Sampaio ($22^{\circ} 32' S$; $52^{\circ} 11' O$) e Vitória Brasil ($20^{\circ} 11' S$; $50^{\circ} 28' O$), oeste do Estado de São Paulo.

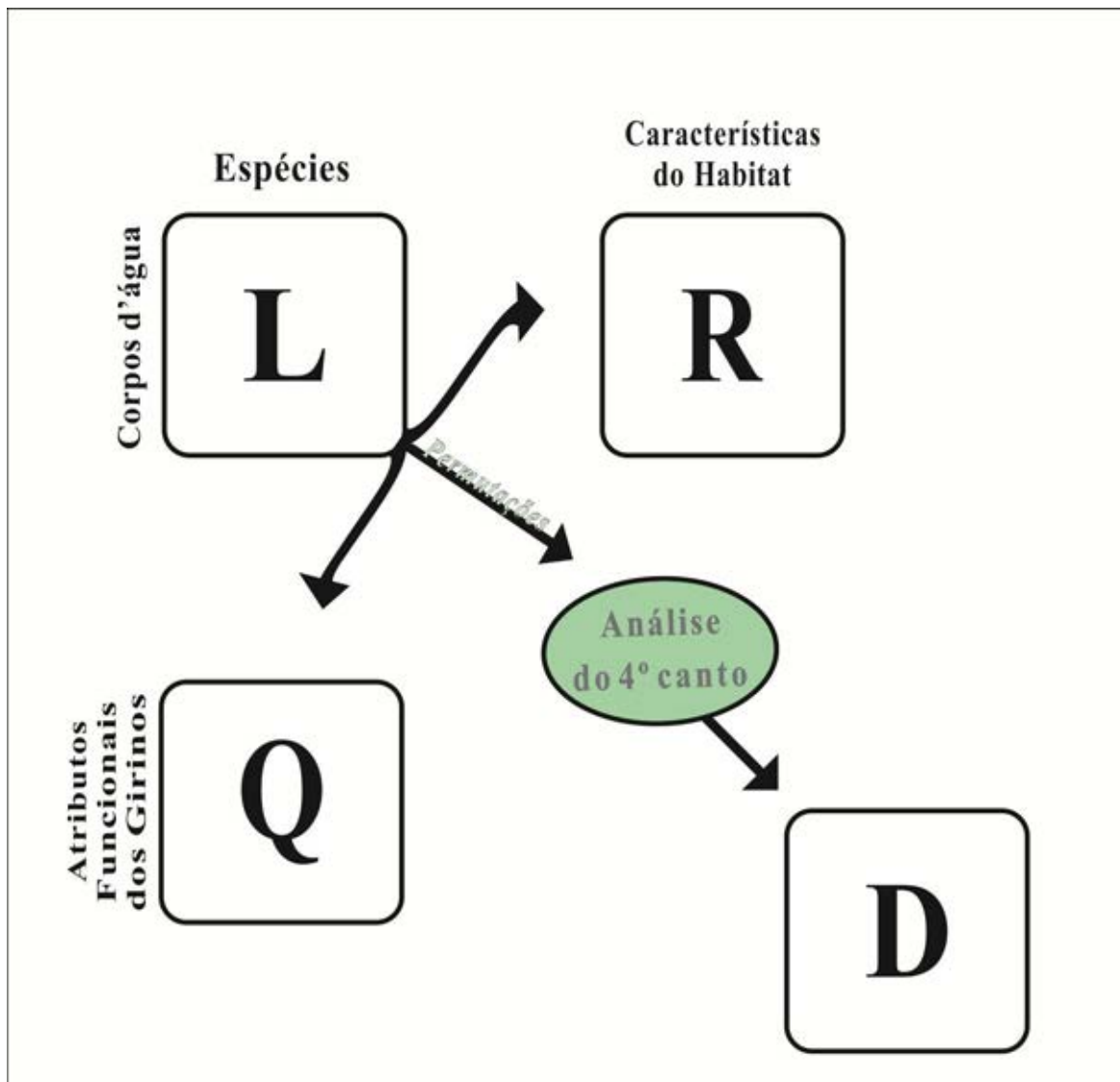


Figura 3. Diagrama esquemático (modificado de BRIND'AMOUR et al., 2011) do método do quarto canto (*fourth-corner*, LEGENDRE et al., 1997). A matriz L contém a ocorrência (presença x ausência) de m espécies em n habitats, a segunda matriz R ($n \times p$) com medidas de p descritores ambientais para os n habitats, e uma terceira matriz Q ($m \times s$) descrevendo os s atributos para as m espécies. O método fourth-corner testa estatisticamente a correlação dos atributos funcionais das espécies e os descritores dos habitats.

	Vegetação no interior	Profundidade Máxima
Nectonico		+
Bentonico	+	-
Bentonico/Neustonico	-	+
Corpo.Globular	+	-
Corpo.Triangular	-	+
Nad.Dorsal.Alta	-	+
Nad.Dorsal.Baixa	+	-
Nad.Ventral.Alta	-	+
Nad.Ventral.Baixa	+	-
Olhos.Dorsal		-
Olhos.Lateral		+
Flagelo.Presente	-	+
Flagelo.Ausente	+	-
Raspador		
Filtrador	-	+
disco_oral.anteroventral	-	+
disco_oral.ventral	+	-
disco_oral.terminal		

Figura 4. Resultado do teste multivariado fourth-corner. Os retângulos com sinais mostram os atributos das espécies e as características do habitat que apresentaram correlação significativa. O sinal (+) representa as correlações positivas e o sinal (-) representa as correlações negativas.

Apêndice 1.

Base de dados secundários (artigos, dissertações e teses), dos quais foram extraídas as informações para caracterização dos corpos d'água:

- CANDEIRA, C. P. 2007. Estrutura de Comunidades e Influência da Heterogeneidade Ambiental na diversidade de anuros em área de pastagem no Sudeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). São José do Rio Preto: Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas. UNESP, 118p.
- NOMURA, F. 2003. Ecologia reprodutiva e comportamento de forrageio e escavação de *Dermatonotus muelleri* (Boettger, 1885) (Anura, Microhylidae). Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). São José do Rio Preto: Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas. UNESP, 95p.
- ROSSA-FERES, D. C. 1997. Ecologia de uma comunidade de anfíbios anuros da região do Estado de São Paulo: microhabitat, sazonalidade, dieta e nicho multidimensional. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.
- SANTOS, T. G. 2005. Biodiversidade e uso de hábitat da anurofauna em Santa Fé do Sul, Região Noroeste do Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). São José do Rio Preto: Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas. UNESP, 98p.
- SANTOS, T. G.; ROSSA-FERES, D. C. & CASATTI, E. L. 2007. Diversidade e distribuição espaço temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. *Iheringia* 97:37-49.
- SILVA, F. R. 2007. A importância de fragmentos florestais na diversidade de anfíbios anuros em Icém, Região Noroeste do estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). São José do Rio Preto: Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas. UNESP, 105p.
- VASCONCELOS, T. S. & ROSSA-FERES, D. C. 2005. Diversidade, distribuição espacial e temporal de anfíbios anuros (Amphibia, Anura) na região Noroeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Biota Neotropica* 5:1-14. <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?article?BN01705022005> .
- VASCONCELOS, T. S. 2005. Biodiversidade, distribuição espacial e ocorrência sazonal de girinos e adultos de anfíbios anuros em Nova Itapirema, região noroeste do estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) São José do Rio Preto: Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. UNESP, 95p.
- VASCONCELOS, T. S. 2009. Diversidade, Padrões Espaciais e Temporais de anfíbios anuros em uma Floresta Estacional Semidecidual Atlântica, Parque Estadual do Morro do Diabo (PEMD). Tese (Doutorado em Zoologia) Rio Claro: Instituto de Biociências. UNESP, 136p.

Apêndice 2.

Detalhes da obtenção dos atributos funcionais para os girinos de anuros.

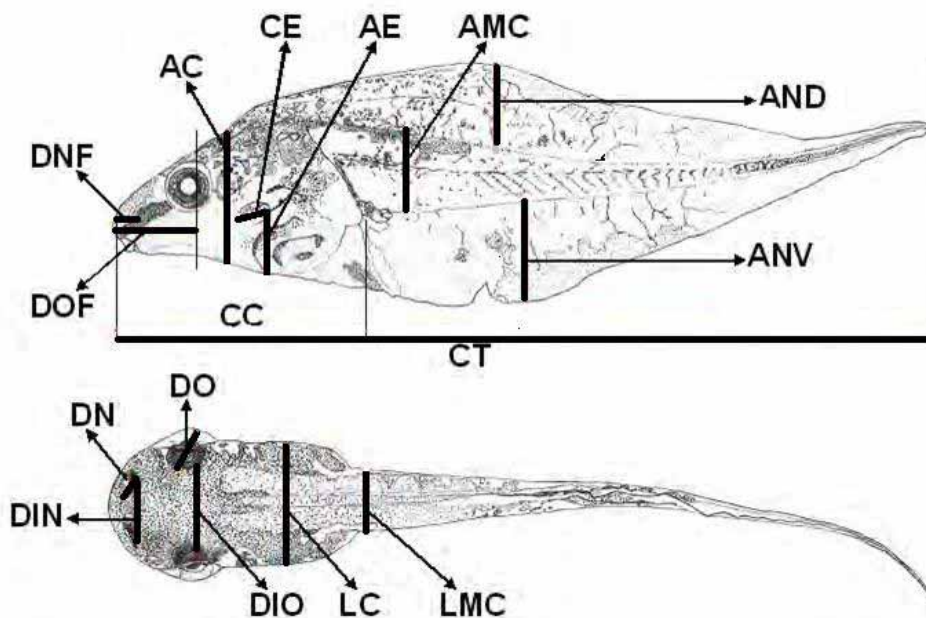
Para determinar os oito atributos funcionais para todas as espécies, primeiramente foi realizada uma análise da morfologia externa dos girinos em cinco indivíduos de cada espécie, entre os estágios 33 a 39 (*sensu* GOSNER, 1960), pela determinação de 18 dimensões morfométricas (ver figura abaixo) de acordo com ALTIG & JOHNSTON (1989), ALTIG & MCDIARMID (1999), ROSSA-FERES & NOMURA (2006): comprimento total (CT), comprimento do corpo (CC), largura máxima do corpo (LC), largura da musculatura da cauda (LMC), altura máxima do corpo (AC), altura da nadadeira dorsal (AND), altura máxima da musculatura caudal (AMC), altura da nadadeira ventral (ANV), distância interocular (DIO), distância internasal (DIN), distância do olho à extremidade do focinho (DOF), distância da narina ao focinho (DNF), diâmetro do olho (Dmo), diâmetro da narina (Dmn), comprimento do espiráculo (CE), largura do espiráculo (LE), largura da abertura do espiráculo (LAE) e altura do espiráculo (AE).

Os caracteres foram medidos sob microscópio estereoscópico (Leica MZ75) equipado com ocular micrométrica, exceto o comprimento total que foi determinado com paquímetro digital (Mitutoyo 500-786; precisão 0,01 cm). Convertemos as dimensões morfométricas em 12 atributos morfológicos, a maioria baseados em estudos com peixes (GATZ, 1979 a, b; WATSON & BALON, 1984; BALON et al. 1986) e alguns modificados a partir dessas propostas por ROSSA-FERES (2006):

- Formato do Corpo: $FC = \text{altura máxima do corpo} / \text{largura máxima do corpo}$.
- Tamanho Relativo das Narinas: $TN = \text{maior diâmetro das narinas} / \text{comprimento do corpo}$.
- Posição das Narinas no Eixo Transversal: $PNT = \text{distância internasal} / \text{largura do corpo}$.
- Posição das Narinas no Eixo Longitudinal: $PNI = \text{distância da narina ao focinho} / \text{distância do olho ao focinho}$.
- Tamanho Relativo dos Olhos: $TO = \text{diâmetro dos olhos} / \text{comprimento do corpo}$.
- Altura Relativa da Nadadeira Dorsal: $AND = \text{altura máxima da nadadeira dorsal} / \text{altura máxima da musculatura caudal}$.

- Altura Relativa da Nadadeira Ventral: ANV = altura máxima da nadadeira ventral/altura máxima da musculatura caudal.
- Comprimento Relativo do Espiráculo: CE = comprimento do espiráculo/comprimento do corpo.
- Posição da Abertura do Espiráculo: PAE = altura do espiráculo/comprimento do corpo.
- Largura da Musculatura Caudal: LMC = largura máxima da musculatura caudal/comprimento do corpo.
- Largura do Espiráculo: LE = largura do espiráculo/altura máxima do corpo.
- Largura da Abertura do Espiráculo: LAE = largura da abertura do espiráculo/largura do espiráculo.

A partir desses atributos morfológicos e da literatura disponível (ROSSA-FERES et al., 2004; LAJMANOVICH, 1994; ETEROVICK & BARROS, 2003) foi possível, então, determinar com maior precisão os oito atributos funcionais utilizados neste estudo.



Caracteres merísticos analisados. A) Vista dorsal e B) Vista lateral. CT – comprimento total, CC – comprimento do corpo, AC – altura máxima do corpo, LC – largura máxima do corpo, DIO – distância interorbital, DO – diâmetro do olho, DIN – distância internasal, DN – diâmetro da narina, AND – altura da nadadeira dorsal, ANV – altura da nadadeira ventral, AMC – altura máxima da musculatura da cauda, DOF – distância do olho ao focinho, DON – distância do olho à narina, LMC – largura da musculatura da cauda, CE – comprimento do espiráculo, AE – altura do espiráculo. Fonte: DIAS, N. Y. N. 2008