

## Bioacústica e sítio de vocalização em taxocenoses de anuros de área aberta no noroeste paulista

Rodrigo Augusto Silva<sup>1,4</sup>, Itamar Alves Martins<sup>2</sup> & Denise de Cerqueira Rossa-Feres<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Pós Graduação em Biologia Animal, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth, CEP 15054-000, São José do Rio Preto, SP, Brasil

<sup>2</sup>Laboratório de Zoologia, Instituto Básico de Biociências, Campus Bom Conselho, Universidade de Taubaté – UNITAU,

Av. Tiradentes, 500, Taubaté, SP, Brasil, e-mail: istama@uol.com.br

<sup>3</sup>Departamento de Zoologia e Botânica, Universidade Estadual Paulista – UNESP,

Rua Cristóvão Colombo, 2265, Jardim Nazareth, CEP 15054-000,

São José do Rio Preto, SP, Brasil, e-mail: denise@ibilce.unesp.br

<sup>4</sup>Autor para correspondência: Rodrigo Augusto Silva, e-mail: silva7554@yahoo.com.br

SILVA, R.A., MARTINS, I.A. & ROSSA-FERES, D.C. 2008. **Bioacoustics and calling site in anuran assemblages of open area in the northwest of São Paulo State, Brazil.** *Biota Neotrop.* 8(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/en/abstract?article+bn01608032008>.

**Abstract:** The calling site and the acoustic parameters of the advertisement call were determined for 18 anuran species in six ponds in the northwest region of São Paulo State. The dominant frequency of the advertisement call was positively correlated with the CRC of the species: small size species vocalized in a higher frequency, whereas larger species vocalized in a lower frequency. The similarity in the spectral and temporal parameters of the advertisement call was high among 94% of the recorded species. The similarity on calling site was low; only 22% of species presented high overlap, in spite of about a half of the species have been generalist in calling site use. Analysing simultaneously the similarity on calling site, habitat and advertisement call parameters, the proportion of species with high overlap decreased from 94 to 11%, corresponding to the overlap between a single pair of species: *Dendropsophus elianeae* and *D. minutus*. The species that overlap in calling site presented segregation in acoustic parameters, and those that overlap in acoustic parameters tended to partition the calling site. This result suggests the occurrence of niche complementarity, since species that occupied a similar position in one dimension tended to differ in another dimension. The structural homogeneity of ponds, the climatic severity of the region and the high degree of habitat loss restrict the abundance of population and the species richness of the anuran assemblages. The low overlap on the calling site is probably associated with the insaturation of the sampled communities.

**Keywords:** community ecology, ecological niche, resource partitioning, advertisement call, spatial distribution, anurofauna.

SILVA, R.A., MARTINS, I.A. & ROSSA-FERES, D.C. 2008. **Bioacústica e sítio de vocalização em taxocenoses de anuros de área aberta no noroeste paulista.** *Biota Neotrop.* 8(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v8n3/pt/abstract?article+bn01608032008>.

**Resumo:** O sítio de vocalização e os parâmetros acústicos do canto de anúncio foram determinados para 18 espécies de anuros em seis corpos d'água na região noroeste paulista. A frequência dominante do canto de anúncio foi positivamente correlacionada com o CRC das espécies: as espécies pequenas vocalizaram em uma frequência mais alta e as maiores vocalizaram em uma frequência mais baixa. A similaridade nos parâmetros espectrais e temporais do canto de anúncio foi alta entre 94% das espécies registradas. A similaridade no uso do sítio de vocalização foi baixa, apenas 22% das espécies apresentaram alta sobreposição, apesar de cerca de metade das espécies terem sido generalistas no uso de sítio de vocalização. Analisando conjuntamente a similaridade no uso de sítio de vocalização, no hábitat e nos parâmetros do canto de anúncio, a proporção de espécies com alta sobreposição diminuiu de 94% para 11%, correspondente à sobreposição entre um único par de espécies: *Dendropsophus elianeae* e *D. minutus*. Espécies com sobreposição no sítio de vocalização apresentaram segregação nos parâmetros acústicos e, espécies com sobreposição nos parâmetros acústicos tenderam a partilhar sítio de vocalização. Esse resultado sugere a ocorrência de complementaridade de nicho, pois as espécies que ocuparam uma posição similar em uma dimensão tenderam a diferir em outra dimensão. A homogeneidade estrutural dos corpos d'água, a severidade climática da região e o elevado grau de conversão do ambiente natural em áreas de cultivo limitam a abundância das populações e a riqueza de espécies. A baixa sobreposição no sítio de vocalização está, provavelmente, associada a insaturação das comunidades amostradas.

**Palavras-chave:** ecologia de comunidade, nicho ecológico, partilha de recursos, canto de anúncio, distribuição espacial, anurofauna.

## Introdução

Diferenciação de nicho é a explicação convencional em ecologia de comunidades para compreender a coexistência de espécies (Pianka 1973, Tilman 1982). Apesar de vários estudos criticarem o modelo de equilíbrio em comunidades (e.g., Strong 1982, Strong et al. 1984, Wiens et al. 1986, Eterovick & Barros 2003) alguns artigos recentes têm demonstrado coexistência baseada em diferenciação de nicho (e.g., Elliot & Mariscal 2001, Menin et al. 2005, Verburg & Bills 2007), inclusive entre espécies crípticas (Nicholls & Racey 2006, Wellborn & Cothran 2007).

Entre os vários aspectos do comportamento de anuros, a comunicação sonora é especialmente importante na biologia reprodutiva e no comportamento social deste grupo (Salthe & Mecham 1974). A vocalização tem um papel importante nas agregações reprodutivas, mantendo o espaçamento entre os machos e atraindo fêmeas (e.g., Gerhardt 1994, Ryan 2001). O canto de anúncio é a vocalização mais frequentemente emitida pelos machos (Wells 1977), pois contém informações espectrais e/ou temporais importantes para o reconhecimento específico (Gerhardt 1983, Ryan 1985, Cocroft & Ryan 1995), e apresenta adaptações que evitam ou minimizam a interferência acústica na comunicação (Grafe 1996, Martins & Jim 2003, 2004, Martins et al. 2006), permitindo a coexistência de várias espécies no mesmo ambiente (Duellman & Pyles 1983, Cardoso & Viellard 1990, Márquez et al. 1993, Bastos & Haddad 1995, Viellard & Cardoso 1996, Martins & Jim 2003, 2004 e Martins et al. 2006). Do ponto de vista da comunidade, a análise da vocalização indica que as espécies simpátricas vocalizam com diferenças significativas e com pequena sobreposição nos parâmetros acústicos (Duellman 1967, Hödl 1977, Cardoso & Viellard 1990), embora este padrão nem sempre seja encontrado (Chek et al. 2003).

O grau de partilha do sítio de vocalização é variável e parece estar associado à fisionomia vegetal ao redor do corpo d'água, comumente sendo registrado partilha entre espécies florestais (Heyer et al. 1990, Haddad & Sazima 1992, Pombal & Gordo 2004) e sobreposição entre espécies de áreas abertas (Cardoso et al. 1989, Pombal 1997, Rossa-Feres & Jim 2001). Entretanto, esse padrão não é uma generalização, pois partilha de sítio de vocalização também foi registrada em comunidades de anuros de áreas abertas (Nascimento et al. 1994, Eterovick & Sazima 2000). Além disso, em comunidades neotropicais pode ocorrer sobreposição parcial, ocorrendo partilha apenas em um ou poucos descritores do sítio de vocalização (Heyer et al. 1990, Rossa-Feres & Jim 2001), de modo que sobreposição total parece ser rara.

Nesse estudo, determinamos o grau de sobreposição no uso de sítio de vocalização e no espaço acústico entre as espécies de seis corpos d'água em área de pastagem, procurando responder as seguintes questões: o grau de sobreposição entre as espécies que vocalizam empoleiradas é diferente do registrado entre as espécies que vocalizam sobre o solo? Há alguma relação entre o grau de sobreposição no uso de sítio de vocalização e a sobreposição no espaço acústico?

## Material e Métodos

### 1. Ambiente estudado e metodologia

O estudo foi desenvolvido no município de Icem (20° 20' 31" S e 49° 11' 42" W – 449 m altitude), região noroeste do Estado de São Paulo. Segundo dados da Divisão Regional Agrícola (DIRA) de São José do Rio Preto, SP, o clima desta região é do tipo Cwa-Aw de Köppen, caracterizado por uma estação quente e úmida no verão e outra fria e seca no inverno. O início da estação chuvosa (setembro a março) varia conforme os anos (Rossa-Feres & Jim 2001) e recebe

85% da precipitação pluviométrica anual, enquanto a estação fria e seca (abril a agosto) recebe apenas 15% da precipitação pluviométrica anual, que varia de 1100 a 1250 mm ( $\pm 250$  mm) (Barcha & Arid 1971). A vegetação original desta região, composta por Floresta Estacional Semidecidual e manchas de Cerrado (Ab'Saber 2003), foi intensamente devastada em função do solo propício à agricultura, restando pequenos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual espalhados em sua área de ocorrência natural (São Paulo 2000).

Foram amostrados seis corpos d'água com características estruturais e fisionômicas diferentes: quatro açudes permanentes (AP1 - AP4, Figura 1) e dois brejos, um permanente (BP, Figura 1) e um temporário (BT, Figura 1), distantes entre si de 25 a 4000 m. As amostragens foram realizadas quinzenalmente na estação chuvosa, entre setembro de 2004 e maio de 2005 e mensalmente na estação seca, entre junho e agosto de 2005, entre 17 horas e, no máximo, 24 horas, sendo que a seqüência de amostragem nos corpos d'água diferiu a cada visita. A abundância de cada espécie foi estimada pelo método de levantamento visual e auditivo (sensu Crump & Scott 1994), contabilizando todos os indivíduos em atividade de vocalização, durante o percurso do perímetro dos corpos d'água.

O canto de anúncio de cada espécie foi registrado com gravador profissional Marantz PMD 222, acoplado a um microfone semidirecional Sennheiser ME 66, posicionado a uma distância de 0,5 a 1,5 m do indivíduo vocalizante. Todas as vocalizações registradas foram editadas e arquivadas em mídia com formato "Windows PCM" e com taxa de amostragem de 44.100 Hz e 16 bits por amostra no padrão mono. Foram produzidos três tipos de gráficos para a análise da estrutura sonora: 1) sonogramas, com escala de frequência entre 0 e 10.000 Hz e escala de tempo em segundos; 2) oscilogramas, que representam a intensidade (dB) do som ao longo do tempo; e 3) espectro de potência. Para analisar a estrutura de cada canto foram utilizadas cinco diferentes características do canto de anúncio: faixa de frequência de emissão, frequência dominante e/ou fundamental, duração das notas, estrutura das notas (pulsionadas, multipulsionadas, simples, com harmônicos) e taxa de repetição. As análises bioacústicas foram realizadas usando o programa CoolEdit 96 (Syntrillium Software Corporation), com frequência de amostragem de 20.050 Hz. Foi utilizado filtro de 256 bandas e, quando necessário, a opção de 1024 bandas.

O sítio de vocalização de cada macho foi caracterizado pelos seguintes descritores: 1) altura em relação à superfície da água ou do solo, para as espécies cujos machos vocalizam empoleirados; 2) profundidade da coluna d'água, para as espécies que vocalizam fluando na água; e 3) distância do sítio de vocalização até a margem mais próxima, interna ou externamente ao corpo d'água.

Para cada exemplar cujo canto foi gravado, o comprimento rostro-cloacal (CRC) foi determinado com paquímetro de precisão de 0,01 mm.

### 2. Análises estatísticas

Para analisar e interpretar o uso do espaço acústico foi utilizado o programa computacional Statistica versão 5.0, construindo os gráficos Box-Plot com dados espectrais (faixa de frequência e a frequência dominante) e temporais (duração da nota de cada espécie registrada). Para as espécies com canto de anúncio composto, na análise de frequência foram consideradas apenas as notas introdutórias do canto, as quais correspondem ao canto de anúncio simples (Duellman 1970, Wells 1977, Ryan 1985, Gerhardt 1988, 1991). A amplitude de nicho para sítio de vocalização foi determinada pelo índice de Levins padronizado ( $B_A$ ; Krebs 1999), para as dimensões distância da margem (para todas as espécies registradas) e altura de empoleiramento (para os hilídeos). As espécies foram consideradas

## Bioacústica e sítio de vocalização de anuros de área aberta



**Figura 1.** Corpos d'água amostrados no município de Icém, SP. AP = açudes permanentes, BT = brejo temporário, e BP = brejo permanente.

**Figure 1.** Water bodies sampled at the municipality of Icém, SP. AP = Permanent water bodies, BT = temporary swamp, BP = and permanent swamp.

generalistas para distância da margem quando  $B_A \geq 0,10$ , e para altura de empoleiramento quando  $B_A \geq 0,06$ .

A influência do tamanho do anuro na frequência dominante do canto foi verificada por análise de regressão linear. Para esta análise, foram consideradas de pequeno porte as espécies cujos machos apresentaram CRC inferior a 30 mm, de porte médio as espécies

com CRC entre 30 e 60 mm e, de porte grande aquelas cujos machos apresentaram CRC superior a 60 mm.

O grau de sobreposição das espécies no uso do espaço físico e acústico foi determinado para o conjunto total de espécies da área amostrada, e para os seguintes conjuntos de dados: i) informações espectrais (faixa de frequência e frequência dominante) e temporais

(taxa de repetição e duração da nota) do canto, ii) sítio de vocalização (altura de empoleiramento ou profundidade da coluna d'água e distância da margem), iii) conjuntamente para os descritores do sítio de vocalização e informações espectrais do canto de anúncio, e iv) conjuntamente para os descritores do sítio de vocalização, os valores de frequência dominante e ocupação de hábitat (corpos d'água). Os valores espectrais e temporais do canto de anúncio foram  $\log_{10}(x + 1)$  transformados. Os agrupamentos de espécies foram definidos considerando o valor mínimo de 70% de similaridade. As análises foram realizadas no programa computacional Past (versão 1.49; Hammer et al. 2001), utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis e o método de média não ponderada para a análise de agrupamento (Krebs 1999).

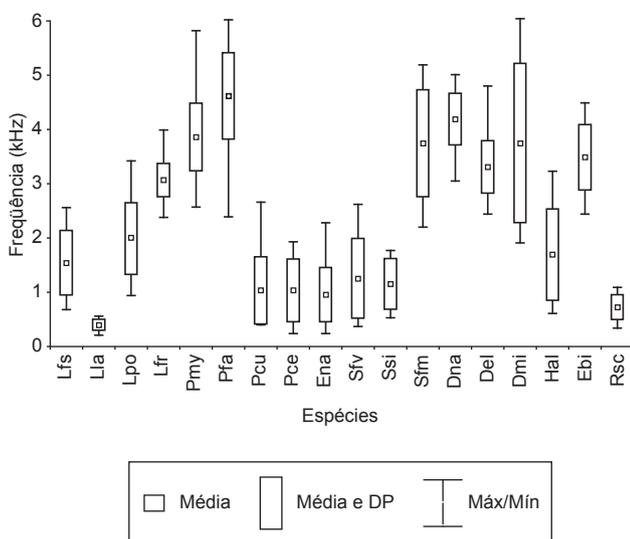
## Resultados

Foram registradas 18 espécies pertencentes a nove gêneros de cinco famílias (Tabela 1), cujos cantos de anúncio apresentaram grande amplitude para os dados espectrais e temporais (Tabela 2). A maioria das espécies emitiu canto de anúncio simples, exceto *Dendropsophus minutus* e *Hypsiboas albopunctatus* que emitiram canto composto (dois ou mais tipos de notas). Machos das espécies que vocalizaram empoleiradas apresentaram notas pulsionadas e multipulsionadas e os das espécies que vocalizaram apoiadas sobre o solo ou fluando na superfície da água emitiram, ainda, cantos com notas apresentando estrutura harmônica (Tabela 2).

Na análise do espaço acústico, *Physalaemus cuvieri*, *P. centralis*, *Eupemphix nattereri* e *Scinax fuscovarius*, anuros que vocalizaram sobre o solo e *Dendropsophus minutus* e *Scinax fuscumarginatus*, que vocalizaram empoleirados, ocuparam os mesmos espaços acústicos, utilizando faixas de frequências semelhantes (Figura 2). Entretanto, a estrutura temporal (duração das notas) diferiu entre essas espécies, permitindo assim a comunicação e minimizando a interferência sonora neste espaço acústico (Figura 3).

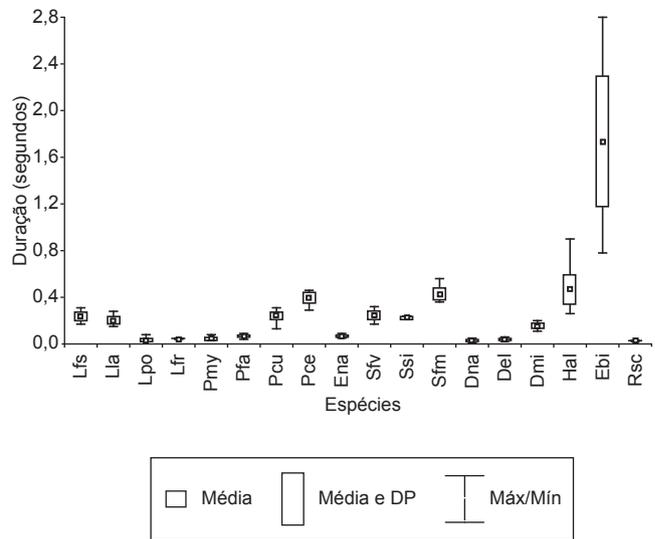
Foi possível perceber dois grupos de espécies com baixa sobreposição em relação às características do canto de anúncio (Figuras 4 e 5): i) espécies que vocalizaram em uma faixa de frequência predominantemente acima de 3.000 Hz (*Leptodactylus furnarius*, *Pseudopaludicola* aff. *falciipes*, *P. mystacalis*, *Elachistocleis bicolor*, *Dendropsophus nanus*, *D. minutus*, *D. elianeae* e *Scinax fuscumarginatus*), sendo que as quatro primeiras vocalizaram apoiadas sobre o solo e as demais empoleiradas; e ii) espécies que vocalizaram predominantemente em uma faixa de frequência abaixo de 3.000 Hz (*Leptodactylus fuscus*, *L. labyrinthicus*, *L. podicipinus*, *Physalaemus cuvieri*, *P. centralis*, *Eupemphix nattereri*, *Rhinella schneideri*, *Scinax fuscovarius*, *S. similis* e *Hypsiboas albopunctatus*), sendo que apenas as duas últimas vocalizaram empoleiradas. Quatro espécies apresentaram cantos com notas harmônicas, seis espécies com notas pulsionadas e seis espécies com notas multipulsionadas. Somente duas espécies apresentaram canto composto (Figuras 5 e 6).

A frequência dominante do canto de anúncio foi positivamente correlacionada com o comprimento rostro-cloacal das espécies (Figura 6;  $r^2 = 0,36$  e  $p = 0,009$ ). As espécies de pequeno porte vocalizaram em uma frequência mais alta, enquanto que as espécies de maior porte vocalizaram em uma frequência mais baixa. *Physalaemus cuvieri* é representada pelo ponto mais afastado abaixo da linha de correlação, sendo uma espécie de pequeno porte que utilizou uma faixa de frequência baixa, enquanto *L. furnarius*, espécie de porte médio, utilizou uma faixa de frequência alta (Figuras 4 a 6). Correspondendo a isso, a análise de similaridade dos dados espectrais do canto de anúncio (faixa de frequência e frequência dominante) de todas as espécies registradas agrupou separadamente as espécies de pequeno e médio porte (Figura 7a). *Leptodactylus labyrinthicus* não foi incluída em nenhum agrupamento, sendo a espécie com o maior comprimento corporal. Para as informações temporais do canto de anúncio também houve alta sobreposição entre as espécies para duração e taxa de repetição da nota (Figura 7b), sendo que apenas *Elachistocleis bicolor* não foi incluída em nenhum agrupamento. Analisando conjuntamente os parâmetros espectrais e temporais do



**Figura 2.** Faixas de frequência do canto de anúncio das espécies registradas nos corpos d'água amostrados, entre setembro de 2004 e agosto de 2005, no município de Icém, São Paulo.

**Figure 2.** Frequency bands of advertisement call of species recorded in the ponds sampled, between September 2004 and August 2005, at the municipality of the Icém, São Paulo.



**Figura 3.** Duração da nota do canto de anúncio das espécies registradas nos corpos d'água amostrados, entre setembro de 2004 e agosto de 2005, no município de Icém, São Paulo.

**Figure 3.** Duration of advertisement call note of the species recorded in the ponds sampled, between September 2004 and August 2005, at the municipality of the Icém, São Paulo.

**Tabela 1.** Ocorrência de adultos das 18 espécies de anuros registrados de setembro de 2004 a agosto de 2005, nos seis corpos d'água amostrados, no município de Icém, São Paulo. Lfs – *Leptodactylus fuscus*, Lla – *L. labyrinthicus*, Lpo – *L. podicipinus*, Lfr – *L. furnarius*, Pmy – *Pseudopaludicola mystacalis*, Pfa – *P. aff. falcipes*, Pcu – *Physalaemus cuvieri*, Pce – *P. centralis*, Ena – *Eupemphix nattereri*, Sfv – *Scinax fuscovarius*, Ssi – *S. similis*, Sfm – *S. fuscomarginatus*, Dna – *Dendropsophus nanus*, Del – *D. elianeae*, Dmi – *D. minutus*, Hal – *Hypsiboas albopunctatus*, Ebi – *Elachistocleis bicolor* e Rsc – *Rhinella schneideri*.

**Table 1.** Occurrence of adults of eighteen anuran species recorded from September 2004 through August 2005, in the six ponds sampled, at the municipality of the Icém, São Paulo. Lfs – *Leptodactylus fuscus*, Lla – *L. labyrinthicus*, Lpo – *L. podicipinus*, Lfr – *L. furnarius*, Pmy – *Pseudopaludicola mystacalis*, Pfa – *P. aff. falcipes*, Pcu – *Physalaemus cuvieri*, Pce – *P. centralis*, Ena – *Eupemphix nattereri*, Sfv – *Scinax fuscovarius*, Ssi – *S. similis*, Sfm – *S. fuscomarginatus*, Dna – *Dendropsophus nanus*, Del – *D. elianeae*, Dmi – *D. minutus*, Hal – *Hypsiboas albopunctatus*, Ebi – *Elachistocleis bicolor* e Rsc – *Rhinella schneideri*.

	Corpos de água					
	AP1	AP2	AP3	BP	BT	AP4
<i>Leptodactylus furnarius</i> Sazima & Bokermann, 1978	-	-	-	-	x	-
<i>L. fuscus</i> (Schneider 1799)	x	x	x	x	-	-
<i>L. labyrinthicus</i> (Spix 1824)	x	x	-	-	-	-
<i>L. podicipinus</i> (Cope 1826)	x	x	x	x	-	x
<i>P. pseudopaludicola</i> aff. <i>falcipes</i> (Hensel 1867)	x	x	x	x	x	x
<i>P. mystacalis</i> (Cope 1887)	-	x	-	-	x	x
<i>Physalaemus centralis</i> Bokermann, 1962	-	x	-	-	-	-
<i>P. cuvieri</i> Fitzinger, 1826	x	x	x	x	-	x
<i>Eupemphix nattereri</i> Steindachner, 1863	x	-	x	x	-	-
<i>Scinax fuscomarginatus</i> (Lutz 1925)	-	x	-	-	-	-
<i>S. fuscovarius</i> (Lutz 1925)	x	-	-	-	-	-
<i>S. similis</i> (Cochran 1952)	-	x	-	-	-	-
<i>Dendropsophus elianeae</i> (Napoli & Caramaschi 2000)	x	x	x	-	x	x
<i>D. nanus</i> (Boulenger 1889)	x	x	x	x	-	-
<i>D. minutus</i> (Peters 1872)	-	-	x	-	x	x
<i>Hypsiboas albopunctatus</i> (Spix 1824)	x	x	x	x	x	x
<i>Elachistocleis bicolor</i> (Guérin-Méneville 1838)	-	x	x	x	x	-
<i>Rhinella schneideri</i> (Werner 1894)	x	-	-	-	-	-
Riqueza	11	13	10	8	7	7

canto de anúncio, a similaridade continuou alta, com 94% das espécies com alta sobreposição e apenas *Elachistocleis bicolor* segregada de todas as demais espécies (Figura 7c).

A similaridade no canto de anúncio em cada corpo d'água também foi alta, pois entre 66% e 100% das espécies de cada corpo d'água apresentaram alta sobreposição, com exceção das espécies dos corpos d'água AP1 e AP3 que partilharam, respectivamente, parâmetros espectrais (Tabela 4) e temporais (Tabela 5) do canto de anúncio. As espécies de Leptodactylidae e Leiuperidae apresentaram maior sobreposição para valores temporais e espectrais do canto de anúncio (43% a 80%, Tabelas 4 e 5) que as espécies de Hylidae, apresentando baixa sobreposição em relação aos valores do canto de anúncio (16% a 57%; Tabelas 4 e 5).

Foi determinado o sítio de vocalização dos machos de 18 espécies. Metade das espécies vocalizou sobre o solo e as demais vocalizaram empoleiradas. Cerca de 11% das espécies vocalizaram somente no interior do corpo d'água, 11% somente na margem do corpo d'água, e as demais espécies vocalizaram em ambos os microambientes (Tabela 3). Das 18 espécies registradas, metade foram generalistas e metade especialistas para distância da margem. Das nove espécies que vocalizaram apoiadas no solo ou flutuando na superfície da água (Leptodactylidae e Leiuperidae), 55% foram generalistas para distância da margem e, das sete espécies que vocalizaram empoleiradas (Hylidae), 42% foram generalistas para a altura de empoleiramento. Apenas *Dendropsophus nanus* e *D. elianeae* (Hylidae) foram generalistas para os dois descritores do sítio de vocalização (Tabela 3).

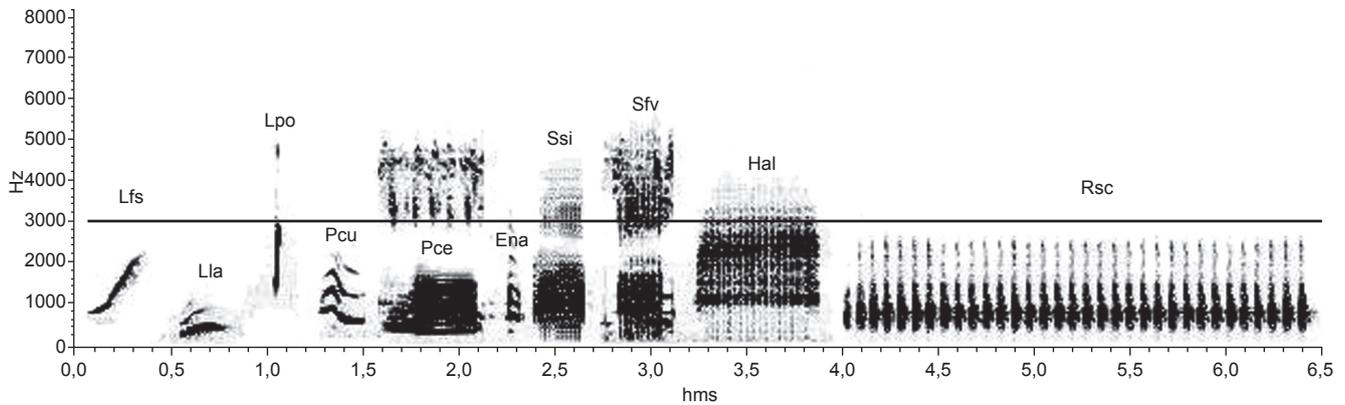
A similaridade no uso do sítio de vocalização em cada corpo d'água foi baixa, sem sobreposição ou com, no máximo, sobreposição entre 33% das espécies em cada corpo d'água (Tabela 6). Entretanto, considerando separadamente as espécies que vocalizaram empoleiradas (Hylidae) e as que vocalizaram no solo ou flutuando na superfície da água (as das demais famílias) percebe-se dois padrões: partilha completa em todos os corpos d'água para os hylídeos e sobreposição entre todas as espécies terrestres em três dos seis corpos d'água amostrados (Tabela 6). Considerando as espécies registradas no conjunto dos seis corpos d'água amostrados, são evidenciados dois agrupamentos de espécies com alta sobreposição no sítio de vocalização, representando 22% do total de espécies (Figura 8a): (1) *L. furnarius* e *E. bicolor* que vocalizaram apoiados no solo na parte interna do corpo d'água, e (2) *R. schneideri* e *P. centralis*, que vocalizaram apoiados no solo ocupando a parte interna e externa do corpo d'água (Figura 8a).

Quando as características de sítio de vocalização são acrescentadas à matriz com os parâmetros do canto de anúncio (Figura 8b), o grau de sobreposição entre as espécies diminui, sendo evidenciados apenas um agrupamento (*Dendropsophus elianeae* e *D. minutus*), representando 11% das espécies registradas (Figura 8b). Este agrupamento é mantido quando, a esta última análise, se acrescenta o hábitat (corpo d'água) utilizado pelas espécies (Tabela 1, Figura 8c). As espécies com alta sobreposição no sítio de vocalização (*L. furnarius* – *E. bicolor*; *P. centralis* – *R. schneideri*) diferiram quanto aos parâmetros do canto de anúncio (Figuras 7 e 8a). O único

**Tabela 2.** Faixa de frequência (FF) (médias das faixas de frequências mínimas e máximas, desvio padrão e a amplitude), frequência dominante (FD) (média, desvio padrão e amplitude), estrutura da nota (S = simples, C = composta, P = pulsionada, M = multipulsionada, H = harmônicos), taxa de repetição (média, desvio padrão e amplitude) dos cantos de anúncio e comprimento rostro-cloacal (CRC) (média e desvio padrão) das espécies de anuros registrados de setembro de 2004 a agosto de 2005, nos corpos d'água amostrados, no município de Icém, São Paulo. Lfs – *Leptodactylus fuscus*, Lla – *L. labyrinthicus*, Lpo – *L. podicipinus*, Lfr – *L. furnarius*, Pmy – *Pseudopaludicola mystacalis*, Pfa – *P. aff. falcipes*, Pcu – *Physalaemus cuvieri*, Pce – *P. centralis*, Ena – *Eupemphix nattereri*, Sfv – *Scinax fuscovarius*, Ssi – *S. similis*, Sfm – *S. fuscomarginatus*, Dna – *Dendropsophus nanus*, Del – *D. elianae*, Dmi – *D. minutus*, Hal – *Hypsiboas albopunctatus*, Ebi – *Elachistocleis bicolor* e Rsc – *Rhinella schneideri*.

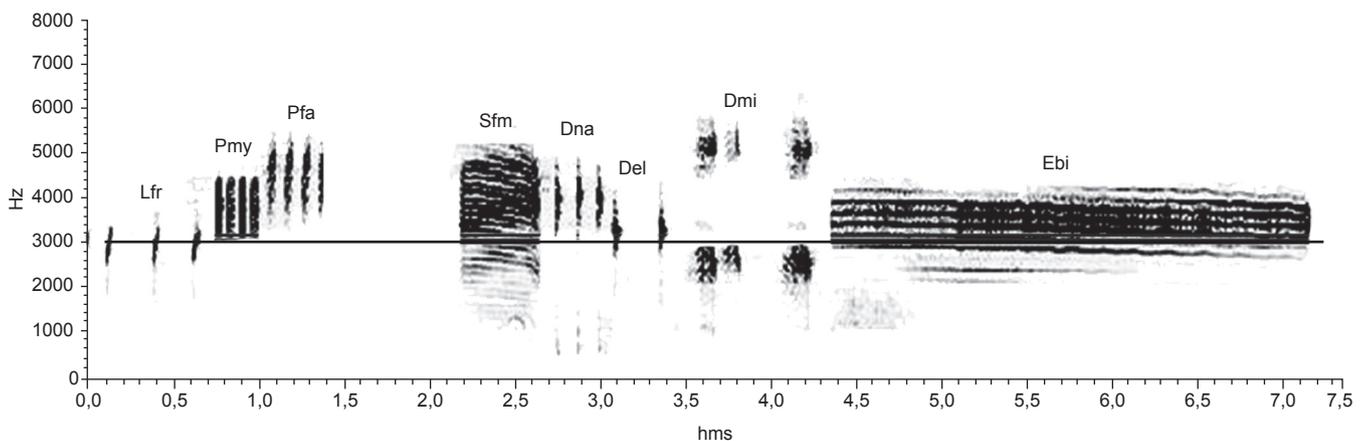
**Table 2.** Frequency band (FF) (mean of minimum and maximum frequency bands, standard deviation and amplitude), dominant frequency (FD) (mean, standard deviation and amplitude) of advertisement calls and the rostrum-cloacal length (CRC) (mean and standard deviation) of anuran species recorded from September 2004 and August 2005, in the ponds sampled, at the municipality of the Icém, São Paulo. Lfs – *Leptodactylus fuscus*, Lla – *L. labyrinthicus*, Lpo – *L. podicipinus*, Lfr – *L. furnarius*, Pmy – *Pseudopaludicola mystacalis*, Pfa – *P. aff. falcipes*, Pcu – *Physalaemus cuvieri*, Pce – *P. centralis*, Ena – *Eupemphix nattereri*, Sfv – *Scinax fuscovarius*, Ssi – *S. similis*, Sfm – *S. fuscomarginatus*, Dna – *Dendropsophus nanus*, Del – *D. elianae*, Dmi – *D. minutus*, Hal – *Hypsiboas albopunctatus*, Ebi – *Elachistocleis bicolor* e Rsc – *Rhinella schneideri*.

	FF (KHz)	FD (KHz)	Estr. Nota	D. nota (por segundo)	Taxa Rep (por minuto)	CRC (mm)
Lfs	0,84-2,27 ± 0,11 (0,68-2,56)	1,51 ± 0,12 (1,15-1,78)	S/P/H	0,23 ± 0,04 (0,17-0,31)	43,43 ± 18,86 (15,67-59,05)	46,6 ± 3,63 (42,8-50,5)
Lla	0,26-0,50 ± 0,02 (0,21-0,56)	0,43 ± 0,02 (0,37-0,49)	S/P/H	0,2 ± 0,03 (0,15-0,28)	44,74 ± 20,42 (16,03-70,22)	148,73 ± 15,82 (128-168)
Lpo	1,27-2,71 ± 0,25 (0,94-3,42)	1,97 ± 0,45 (1,47-2,8)	S/P	0,03 ± 0,01 (0,02-0,09)	51,16 ± 100,16 (14,98-277,28)	42,19 ± 1,61 (39,3-44,7)
Lfr	2,7-3,37 ± 0,21 (2,38-3,55)	3,13 ± 0,09 (3-3,31)	S/P	0,04 ± 0,001 (0,04-0,05)	288,68 ± 80,2 (128,56-377,66)	35,38 ± 2,9 (30,3-38,7)
Pmy	3,11-4,81 ± 3,33 (2,57-5,82)	3,94 ± 0,24 (2,69-4,39)	S/P	0,04 ± 0,01 (0,03-0,08)	993,33 ± 219,73 (609,32-1414,92)	16,5 ± 3,5 (12-21,3)
Pfa	3,62-5,39 ± 0,32 (2,39-6,02)	4,84 ± 0,26 (4,01-5,93)	S/M	0,07 ± 0,01 (0,04-0,12)	399,33 ± 71,56 (250,3-488,52)	15,19 ± 1,84 (12-18,1)
Pcu	0,52-1,81 ± 0,3 (0,34-2,54)	0,68 ± 0,07 (0,53-0,85)	S/M/H	0,24 ± 0,04 (0,13-0,47)	91,63 ± 14,38 (65,96-129,49)	30,39 ± 3,31 (21,85-34)
Pce	0,37-1,71 ± 0,13 (0,24-1,93)	1,02 ± 0,27 (0,72-1,43)	S/M	0,39 ± 0,04 (0,29-0,52)	59,22 ± 11,65 (41,01-76,28)	38,15 ± 2,59 (36,4-42)
Ena	0,53-1,62 ± 0,25 (0,24-2,28)	0,71 ± 0,04 (0,65-0,8)	S/M/H	0,07 ± 0,01 (0,05-0,09)	178,27 ± 50,25 (122,49-294,12)	39,91 ± 1,4 (37,3-42,7)
Sfv	0,59-2,26 ± 0,19 (0,37-2,62)	0,91 ± 0,05 (0,86-1,07)	S/M	0,25 ± 0,04 (0,17-0,32)	78,96 ± 36,89 (37,34-131,3)	44,42 ± 1,1 (43,3-45,6)
Ssi	0,7-1,76 ± 0,16 (0,53-1,77)	1,0 ± 0,01 (0,98-1,01)	S/M	0,22 ± 0,01 (0,21-0,24)	59,7 -	37,5 -
Sfm	2,56-4,95 ± 0,18 (2,2-5,19)	3,72 ± 0,11 (3,41-3,94)	S/M	0,42 ± 0,05 (0,36-0,56)	53,6 ± 16,44 (22,85-66,69)	24,67 ± 2,08 (24-27)
Dna	3,63-4,68 ± 0,3 (3,05-5,01)	4,26 ± 0,15 (3,98-4,61)	S/P	0,03 ± 0,01 (0,01-0,05)	283,55 ± 108,35 (57,62-437,78)	20,88 ± 1,62 (18,8-23,3)
Del	2,78-3,78 ± 0,31 (2,44-4,73)	3,35 ± 0,27 (3,04-4,8)	S/P	0,04 ± 0,01 (0,02-0,06)	102,69 ± 60,17 (25,9-236,31)	24,65 ± 2,28 (20-27)
Dmi	2,38-5,56 ± 0,18 (1,91-6,04)	3,29 ± 1,0 (2,45-5,02)	C/M	0,15 ± 0,03 (0,07-0,2)	50,91 ± 59,49 (12,58-208)	22,09 ± 2,43 (17,7-28,5)
Hal	0,9-2,75 ± 0,26 (0,61-3,23)	1,18 ± 0,13 (0,98-1,75)	C/M	0,47 ± 0,13 (0,26-0,9)	46,22 ± 30,51 (5,59-98,89)	45,22 ± 3,25 (40,5-54)
Ebi	2,74-4,17 ± 0,19 (2,44-4,49)	3,54 ± 0,16 (3,27-3,86)	S/M	1,73 ± 0,56 (0,78-2,8)	6,97 ± 1,88 (5,1-9,8)	30,12 ± 2,07 (28-33,4)
Rsc	0,44-0,92 ± 0,05 (0,37-1,11)	0,79 ± 0,05 (0,69-0,87)	S/P	0,03 ± 0,004 (0,02-0,03)	873,13 ± 54,3 (794,85-928,79)	124,75 ± 6,8 (118-132)



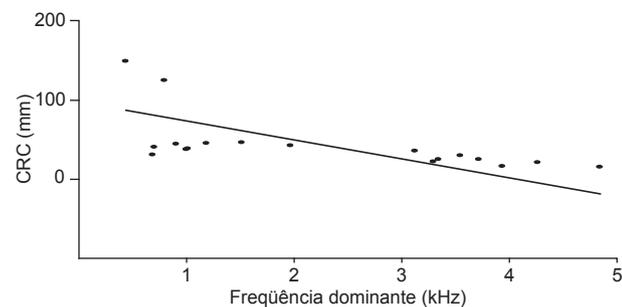
**Figura 4.** Estrutura das notas (sonogramas) do canto de anúncio de dez espécies, registradas nos corpos d'água amostrados em Icém, São Paulo, que vocalizam abaixo de 3 kHz. Lfs = *L. fuscus*, Lla = *L. labyrinthicus*, Lpo = *L. podicipinus*, Pcu = *P. cuvieri*, Pce = *P. centralis*, Ena = *E. nattereri*, Ssi = *S. similis*, Sfv = *S. fuscovarius*, Hal = *H. albopunctatus* e Rsc = *R. schneideri*.

**Figure 4.** Notes structure (sonograms) of advertisement call of ten species recorded in the ponds sampled at Icém, São Paulo, that vocalize below 3 kHz. Lfs = *L. fuscus*, Lla = *L. labyrinthicus*, Lpo = *L. podicipinus*, Pcu = *P. cuvieri*, Pce = *P. centralis*, Ena = *E. nattereri*, Ssi = *S. similis*, Sfv = *S. fuscovarius*, Hal = *H. albopunctatus* e Rsc = *R. schneideri*.



**Figura 5.** Estrutura das notas (sonogramas) do canto de anúncio de oito espécies registradas nos corpos d'água amostrados em Icém, São Paulo, que vocalizam ou tem faixa de frequência dominante acima de 3 kHz. Lfr = *L. furnarius*, Pmy = *P. mystacalis*, Pfa = *Pseudopaludicola* aff. *falcipes*, Sfm = *S. fuscomarginatus*, Dna = *D. nanus*, Del = *D. elianeae*, Dmi = *D. minutus*, Ebi = *E. bicolor*.

**Figure 5.** Notes structure (sonograms) of advertisement call of eight species recorded in the ponds sampled at Icém, São Paulo, that vocalize or have dominant frequency band above 3 kHz. Lfr = *L. furnarius*, Pmy = *P. mystacalis*, Pfa = *Pseudopaludicola* aff. *falcipes*, Sfm = *S. fuscomarginatus*, Dna = *D. nanus*, Del = *D. elianeae*, Dmi = *D. minutus*, Ebi = *E. bicolor*.



**Figura 6.** Correlação entre o comprimento rostro-cloacal (CRC) e a frequência dominante das espécies registradas, entre setembro de 2004 e agosto de 2005, no município de Icém, São Paulo.

**Figure 6.** Correlation between the rostrum-cloacal length CRC and the dominant frequency of species recorded, between September 2004 and August 2005, at the municipality of the Icém, São Paulo.

par de espécies com sobreposição nos parâmetros acústicos e no uso de habitat (*D. elianeae* e *D. minutus*) diferiu no sítio de vocalização (Figuras 7 e 8).

### Discussão

A vocalização dos anuros, especialmente o canto de anúncio emitido por machos durante o período reprodutivo, é muito importante na sistemática do grupo (Wells 1977). O canto de anúncio é um sinal específico que as fêmeas utilizam para distinguir os machos co-específicos e, assim, formar casais reprodutores (Ryan & Rand 1993), e pode ser constituído por notas simples, por uma série de notas idênticas ou por uma combinação de um ou mais grupos de notas com diferentes propriedades acústicas (Duellman 1970). Todas as espécies analisadas neste estudo emitiram canto de anúncio e a estrutura física das vocalizações diferiu consideravelmente entre as espécies.

**Tabela 3.** Abundância e amplitude de nicho dos machos das 18 espécies registradas, entre setembro de 2004 e agosto de 2005 no município de Icém, Estado de São Paulo, nas categorias do sítio de vocalização: distância até a margem mais próxima, altura de empoleiramento e profundidade da coluna d'água. Lfs – *Leptodactylus fuscus*, Lla – *L. labyrinthicus*, Lpo – *L. podicipinus*, Lfr – *L. furnarius*, Pfa – *Pseudopaludicola aff. falcipes*, Pmy – *Pseudopaludicola mystacalis*, Pfa – *P. aff. falcipes*, Pcu – *Physalaemus cuvieri*, Pce – *P. centralis*, Ena – *Eupemphix nattereri*, Sfv – *Scinax fuscovarius*, Ssi – *S. similis*, Sfm – *S. fuscomarginatus*, Dna – *Dendropsophus nanus*, Del – *D. elianae*, Dmi – *D. minutus*, Hal – *Hypsiboas albopunctatus*, Ebi – *Elachistocleis bicolor* e Rsc – *Rhinella schneideri*. DMI = distância da margem internamente ao corpo d'água, DME = distância da margem externamente ao corpo d'água.

**Table 3.** The abundance and niche breadth of males of 18 anuran species recorded between September 2004 and August 2005, at the municipality of Icém, São Paulo state, in the categories of calling site: edge distance, perching height and water depth. Lfs – *Leptodactylus fuscus*, Lla – *L. labyrinthicus*, Lpo – *L. podicipinus*, Lfr – *L. furnarius*, Pfa – *P. aff. falcipes*, Pcu – *Physalaemus cuvieri*, Pce – *P. centralis*, Ena – *Eupemphix nattereri*, Sfv – *Scinax fuscovarius*, Ssi – *S. similis*, Sfm – *S. fuscomarginatus*, Dna – *Dendropsophus nanus*, Del – *D. elianae*, Dmi – *D. minutus*, Hal – *Hypsiboas albopunctatus*, Ebi – *Elachistocleis bicolor* e Rsc – *Rhinella schneideri*. DMI = internal pond edge distance, DME = external pond edge distance.

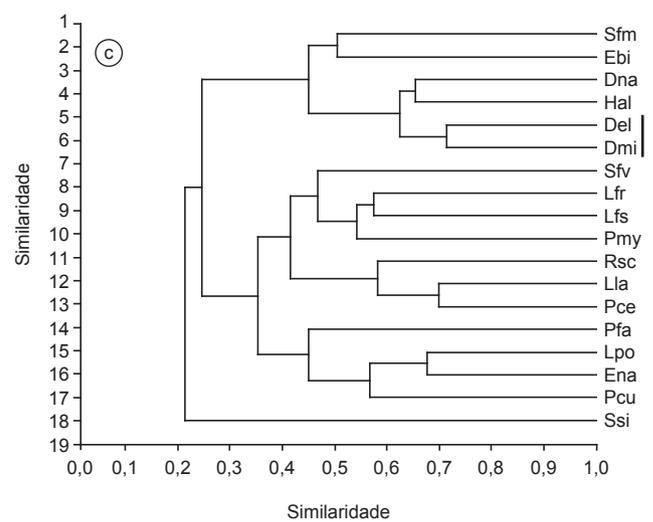
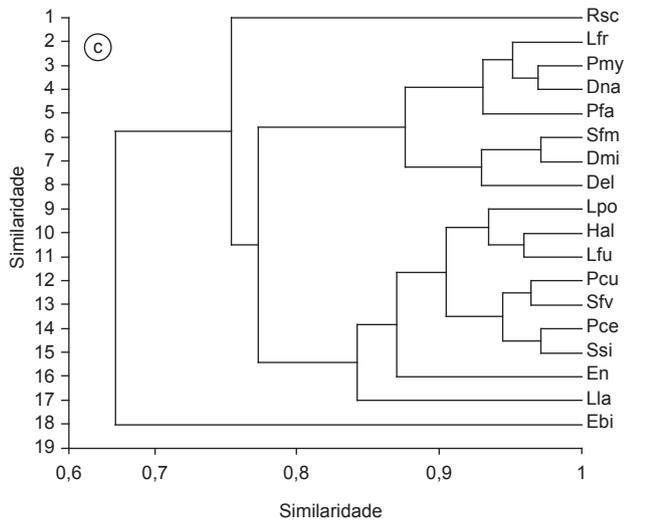
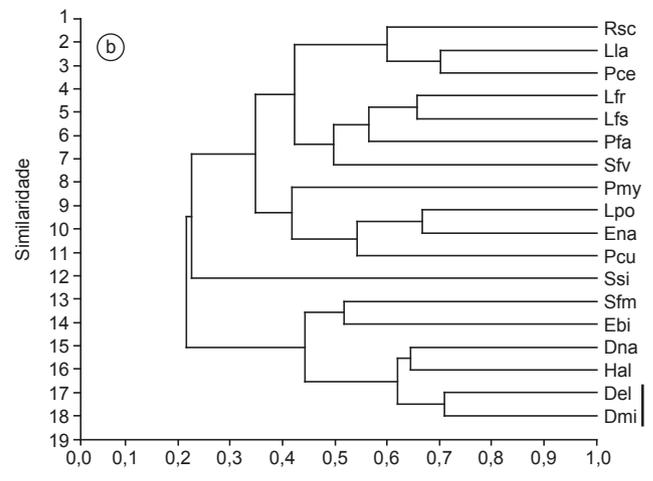
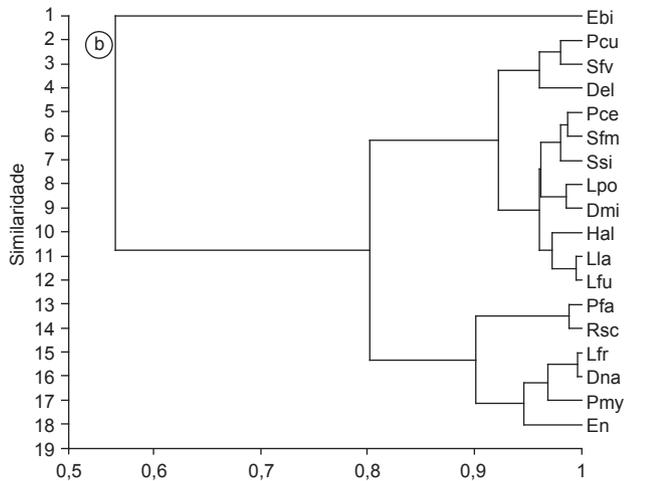
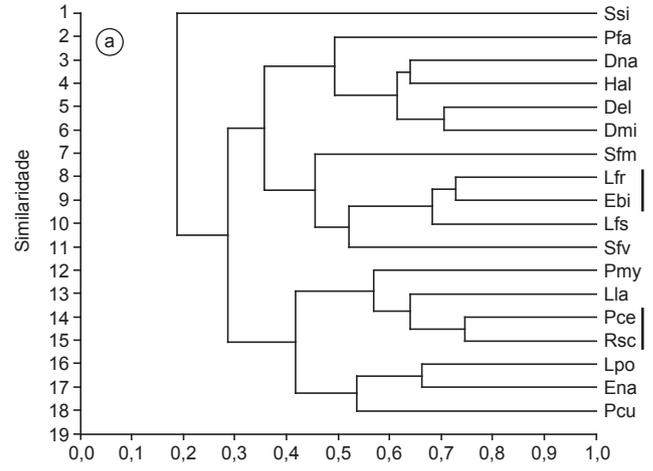
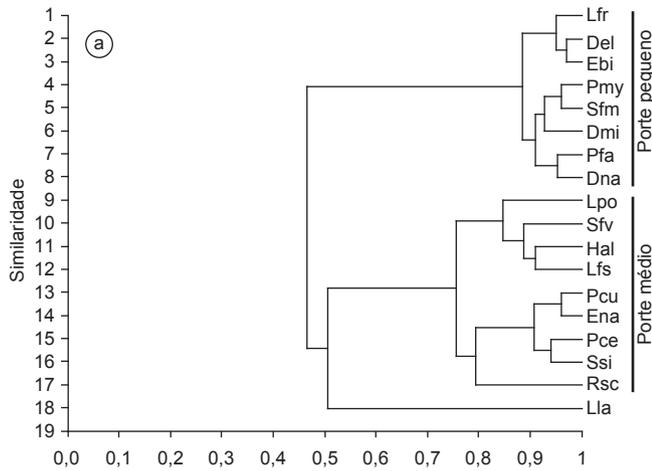
	Lfs	Lla	Lpo	Lfr	Pmy	Pfa	Pcu	Pce	Ena	Sfv	Ssi	Sfm	Dna	Del	Dmi	Hal	Ebi	Rsc
<b>DMI</b>																		
1 - 30	2	3	13	0	5	7	9	2	4	0	0	0	0	1	4	0	0	2
31 - 60	1	1	3	0	0	4	1	0	1	0	0	0	5	3	4	3	0	1
61 - 90	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	1	1	0	0
91 - 120	0	1	0	0	2	4	1	0	0	0	0	0	6	4	2	2	2	0
>120	5	0	1	3	1	6	7	0	5	0	0	8	19	7	6	23	4	0
<b>DME</b>																		
0 - 30	0	3	0	2	0	9	9	2	4	0	0	0	3	3	13	0	0	0
31 - 60	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
61 - 90	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
91 - 120	0	0	0	0	0	4	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
>120	0	1	0	0	0	0	3	1	0	3	0	0	0	0	0	2	0	1
Amplitude de nicho	0,07	0,21	0,04	0,05	0,07	0,33	0,24	0,10	0,14	0,05	-	-	0,11	0,17	0,16	0,05	0,05	0,15
<b>Profundidade</b>																		
1 - 30	2	8	16	0	4	5	37	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<b>Altura de em poleiramento</b>																		
No solo	6	2	1	5	4	33	2	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1 - 30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	26	7	11	8	6	1
31 - 60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	10	8	11	11	0	0
61 - 90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	8	0	0
91 - 120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	0	0
>120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Amplitude de nicho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,04	0,10	0,13	0,17	-	-

**Tabela 4.** Similaridade quanto aos valores espectrais (faixa de frequência e frequência dominante) do canto de anúncio das espécies de anuros registradas de setembro de 2004 a agosto de 2005, nos seis corpos d'água amostrados, no município de Icém, São Paulo.

**Table 4.** Similarity in regard to spectral values (frequency band and dominant frequency) of advertisement call of anuran species recorded from September 2004 through August 2005, in the six ponds sampled, at the municipality of the Icém, São Paulo.

	Proporção de espécies com alta sobreposição (%)	Riqueza de espécies	Espécies de Hylidae com alta sobreposição (%)	Espécies de Leptodactylidae e Leiuperidae com alta sobreposição (%)	Riqueza de espécies de Hylidae	Riqueza de espécies de Leptodactylidae e Leiuperidae
AP1	11	9	25	62	2	6
AP2	99	11	50	50	5	6
AP3	100	8	50	50	4	4
BP	85	7	16	66	1	5
BT	83	6	20	60	3	2
AP4	100	6	50	50	3	3

Bioacústica e sítio de vocalização de anuros de área aberta



**Figura 7.** Similaridade quanto aos valores do canto: a) valores espectrais (faixa de frequência e frequência dominante); b) valores temporais (duração e taxa de repetição da nota) e c) valores espectrais e temporais dos cantos de anúncio das espécies registradas, no município de Icém, São Paulo.

**Figure 7.** Similarity in regard to call values: a) spectral values (frequency band and dominant frequency); b) temporal values (duration and repetition rate of note) and c) spectral and temporal values of advertisement calls of species recorded, at the municipality of the Icém, São Paulo.

**Figura 8.** Similaridade quanto to: a) ao sítio de vocalização b) ao sítio de vocalização e canto de anúncio, c) ao sítio de vocalização, canto de anúncio e uso de hábitat das espécies registradas nos seis corpos d'água amostrados no município de Icém, São Paulo.

**Figure 8.** Similarity in regard to: a) calling site; b) calling site and advertisement call; c) calling site, advertisement call and habitat use of species recorded in the six ponds sampled, at the municipality of the Icém, São Paulo.

**Tabela 5.** Similaridade quanto aos valores temporais (duração da nota e taxa de repetição) do canto de anúncio das espécies de anuros registradas de setembro de 2004 a agosto de 2005, nos seis corpos d'água amostrados, no município de Icém, São Paulo.

**Table 5.** Similarity in regard to temporal values (duration and repetition rate of note) of advertisement call of anuran species recorded from September 2004 through August 2005, in the six ponds sampled, at the municipality of the Icém, São Paulo.

	Proporção de espécies com alta sobreposição (%)	Riqueza de espécies	Espécies de Hylidae com alta sobreposição (%)	Espécies de Leptodactylidae e Leiuperidae com alta sobreposição (%)	Riqueza de espécies de Hylidae	Riqueza de espécies de Leptodactylidae e Leiuperidae
AP1	88	9	28	71	2	6
AP2	81	11	33	66	5	6
AP3	33	6	50	50	3	2
BP	87	8	57	43	4	4
BT	71	7	20	80	1	5
AP4	66	6	50	50	3	3

**Tabela 6.** Similaridade no uso de sítio de vocalização das espécies de anuros registradas de setembro de 2004 a agosto de 2005, nos seis corpos d'água amostrados, no município de Icém, São Paulo.

**Table 6.** Similarity on use of calling site of anuran species recorded from September 2004 through August 2005, in the six ponds sampled, at the municipality of the Icém, São Paulo.

	Proporção de espécies com alta sobreposição (%)	Riqueza de espécies	Espécies de Hylidae com alta sobreposição	Espécies de Leptodactylidae e Leiuperidae com alta sobreposição (%)	Riqueza de espécies de Hylidae	Riqueza de espécies de Leptodactylidae e Leiuperidae
AP1	22	9	0	100	2	6
AP2	0	11	0	0	4	6
AP3	25	8	0	100	4	4
BP	25	8	0	100	2	5
BT	33	6	0	50	2	3
AP4	0	7	0	0	3	4

O canto de anúncio da maior parte das espécies não diferiu dos cantos registrados para populações das mesmas espécies em outras localidades do Brasil (Bastos et al. 2003, Martins & Jim 2003, 2004, Toledo & Haddad 2005, Santos & Rossa-Feres 2007). Apenas a frequência dominante do canto de anúncio de *Dendropsophus minutus* foi semelhante à encontrada por Duellman (1978), em torno de 3 kHz, mas diferiu da faixa de 3,5 a 5,0 kHz, descrita por Cardoso (1981). Como observado por Pombal et al. (1995), é possível que essa diferença ocorra devido a diferenças de metodologia e equipamentos empregados nas gravações, a diferenças nas análises sonográficas ou à variação populacional e/ou geográfica.

A similaridade do canto de anúncio foi alta entre as espécies registradas, tanto para os parâmetros espectrais quanto para os temporais. As espécies apresentaram pequenas diferenças na ocupação do espaço acústico, sendo a sobreposição dos parâmetros espectrais minimizada pela diferença nos valores temporais do canto. Estes dados revelam que algumas espécies (39%) compartilharam o mesmo espaço acústico ou, o mesmo canal de comunicação, mas diferiram na estrutura da nota, possibilitando dessa forma o envio de informações diferentes pela mesma faixa de frequência. A comparação desses dois parâmetros do canto de anúncio é muito importante para se definir os parâmetros funcionais da vocalização das espécies (Martins & Jim 2004). Mudanças nos sinais de amplitude e fidelidade dos cantos emitidos podem alterar a eficiência do sinal, sendo a degradação do som menor em indivíduos que vocalizam acima do solo em comparação com indivíduos que vocalizam apoiados no solo e, menores em habitats abertos comparados com habitats de floresta (Kime et al.

2000). Nas taxocenoses estudadas, a similaridade nos parâmetros do canto de anúncio não refletiu o grau de parentesco nem o hábito (terrestre ou arborícola), entretanto os parâmetros espectrais do canto de anúncio refletiram o tamanho do corpo, o que é uma restrição evolutiva quanto à estrutura morfológica (abertura da laringe) e física (energia gerada) para emissão do canto (Martin 1972).

Houve correlação entre a frequência dominante do canto de anúncio e o comprimento rostro-cloacal. Os machos de pequeno porte vocalizaram em frequências mais altas quando comparados com machos de grande porte, que vocalizaram em frequências mais baixas. Assim, machos pequenos tendem a cantar em frequências mais altas que machos maiores, sendo que frequência máxima superior a 5 kHz foi uma situação comum entre os pequenos anuros, como já observado por Loftus-Hills (1973) e Duellman & Pyles (1983).

O sítio de vocalização das espécies registradas em Icém, SP, é, de modo geral, semelhante ao registrado em outras localidades do noroeste paulista (Rossa-Feres & Jim 2001, Vasconcelos & Rossa-Feres 2005, Santos et al. 2007). Esta especificidade de sítio de vocalização tem sido registrada em outros estudos com comunidades de anuros (e.g. Hödl 1977, Rossa-Feres & Jim 2001 e Bertoluci & Rodrigues 2002) e parece ser uma extensão filogenética adicional ao comportamento de isolamento acústico em muitas espécies (Etges 1987), que otimiza o uso de habitats reprodutivos pela assembléia de anuros (Bertoluci & Rodrigues 2002).

Metade das espécies foi generalista quanto à distribuição horizontal do sítio de vocalização, valor próximo ao registrado na mesma região por Rossa-Feres & Jim (2001) e Santos & Rossa-Feres (2007).

Segundo Heyer & Bellin (1973) espécies que ocupam ambientes instáveis ou alterados pelo homem, como os amostrados neste estudo, apresentam maior amplitude no uso dos recursos. Na distribuição vertical, cerca de 42% das espécies de hilídeos foram generalistas, entretanto, apenas *Dendropsophus elianae* e *D. minutus* foram generalistas para os dois descritores do sítio de vocalização. As espécies que vocalizaram no solo ou fluando na superfície d'água exibiram uma maior sobreposição no sítio de vocalização do que aquelas que vocalizaram empoleiradas (hilídeos), como já registrado por Cardoso et al. (1989), Vasconcelos & Rossa-Feres (2005) e Santos & Rossa-Feres (2007), provavelmente como consequência da menor possibilidade de partilha espacial decorrente do uso do espaço bidimensional. No uso do espaço vertical, cada espécie pode ocupar porções específicas do sítio de vocalização (Martins et al. 2006). Entretanto, em decorrência da vegetação predominantemente herbácea dos corpos d'água amostrados, a baixa sobreposição entre os anuros que vocalizaram empoleirados decorreu de variações no conjunto de descritores do sítio de vocalização, incluindo distância da margem e a partilha vertical.

A pequena sobreposição entre as espécies no uso de sítio de vocalização nos corpos d'água amostrados está de acordo com a segregação verificada em outras comunidades de região tropical (Nascimento et al. 1994, Haddad & Sazima 1992, Pombal & Gordo 2004, Santos & Rossa-Feres 2007), entretanto, outros estudos demonstraram alta sobreposição (Pombal 1997, Rossa-Feres & Jim 2001). Alguns estudos parecem indicar que a sobreposição no sítio de vocalização é diretamente relacionada com a riqueza de espécies, com baixa sobreposição em comunidades com pequena (5 a 9 espécies por corpo d'água; Santos & Rossa-Feres 2007) e alta sobreposição em comunidades com grande riqueza de espécies (entre 18 e 19 espécies por corpo d'água; Pombal 1997 e Rossa-Feres & Jim 2001).

De modo geral, as espécies com sobreposição no sítio de vocalização apresentaram segregação nos parâmetros acústicos e as espécies com sobreposição nos parâmetros acústicos tenderam a partilhar sítio de vocalização. Esse resultado permite sugerir complementaridade de nicho, como já demonstrado por Rossa-Feres & Jim (2001) e Santos & Rossa-Feres (2007), que ocorre quando a diferenciação de nicho entre espécies envolve várias dimensões do nicho e as espécies que ocupam uma posição similar ao longo de uma dimensão tendem a diferir ao longo de outra dimensão (Begon et al. 2006).

Apesar da grande amplitude de nicho para sítio de vocalização, a sobreposição entre as espécies foi pequena. A homogeneidade estrutural dos corpos d'água, a severidade climática da região (extensa e pronunciada estação seca, imprevisibilidade e inconstância das chuvas no início da estação chuvosa), juntamente com o elevado grau de conversão do ambiente natural em áreas de cultivo, limitam as possibilidades de partilha espacial e temporal entre as espécies de anuros (Rossa-Feres & Jim 2001, Vasconcelos & Rossa-Feres 2005, Santos & Rossa-Feres 2007). Entretanto, essas mesmas condições, provavelmente, limitam a abundância das populações (Santos et al. 2007) e a riqueza de espécies. No presente estudo, a baixa sobreposição no sítio de vocalização está associada, provavelmente, à insaturação das comunidades amostradas, que foram constituídas por 7 a 13 espécies em cada corpo d'água.

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos biólogos Dr. Fausto Nomura, e aos MSc. Fernando R. Silva, Carolina P. Candeira e Natacha Y. N. Dias que ajudaram nos trabalhos de campo, aos Srs. Toninho Viana e Eduardo Torres Viana pela disponibilização da área de estudo e pela hospitalidade.

## Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A.N. 2003. Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. Ateliê editorial, São Paulo.
- BARÇA, S.F. & ARID, F.M. 1971. Estudo da evapotranspiração na região norte-ocidental do Estado de São Paulo. *Revta. Ciências* 1: 94-122.
- BASTOS, R.F. & HADDAD, C.F.B. 1995. Vocalizações e interações acústicas em *H. elegans* (Anura, Hylidae) durante a atividade reprodutiva. *Naturalia* 20:165-176.
- BASTOS, R.F., MOTTA, J.A.O., LIMA, L.P. & GUIMARÃES, L.D. 2003. Anfíbios da Floresta Nacional de Silvânia, Estado de Goiás. Stylo Gráfica e Editora, Goiânia.
- BEGON, M., TOWNSEND, C.R. & HARPER, J.L. 2006. Ecology from individuals to ecosystems. Blackwell Publishing, Malden, USA.
- BERTOLUCI, J. & RODRIGUES, J.T. 2002. Seasonal patterns of breeding activity of Atlantic Rainforest anurans at Boracéia, Southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 23(2):161-167.
- CARDOSO, A.J. 1981. Organização Espacial e Temporal na Reprodução e Vida Larvária em uma Comunidade de Hilídeos no Sudeste do Brasil (Amphibia, Anura). Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- CARDOSO, A.J., ANDRADE, G.V. & HADDAD, C.F.B. 1989. Distribuição espacial em comunidade de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. *Rev. bras. Biol.* 49(1):241-249.
- CARDOSO, A.J. & VIELLIARD, J.M.E. 1990. Vocalização de anfíbios anuros de um ambiente aberto, em Cruzeiro do Sul, Estado do Acre. *Rev. bras. Biol.* 50(1):229-242.
- CHEK, A.A., BOGART, J.P. & HADDAD, C.F.B. 1989. Distribuição espacial em comunidades de anfíbios (Anura) no sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Biol. = Braz. J. Biol.* 49(1):241-249.
- COCROFT, R.B. & RYAN, M.J. 1995. Patterns of advertisement call evolution in toads and chorus frogs. *Anim. Behav.* 49(2):283-303.
- CRUMP, M.L. & SCOTT-Jr., N.J. 1994. Visual encounter surveys. In *Measuring and Monitoring Biological Diversity – Standard Methods for Amphibians* (W.R. Heyer, M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A.C. Hayek & M.S. Foster, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, p. 84-92.
- DUELLMAN, W.E. 1967. Courtship isolating mechanisms in Costa Rica hylid frogs. *Herpetologica* 23(3):169-183.
- DUELLMAN, W.E. 1970. The hylid frogs of Middle America. *Monogr. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas, University of Kansas, Lawrence.* p. 1-753.
- DUELLMAN, W.E. 1978. The biology of an herpetofauna in Amazon Ecuador. *Misc. Publ. of Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas* 65:1-352.
- DUELLMAN, W.E. & PYLES, R.A. 1983. Acoustic resource partitioning in anuran communities. *Copeia* (3): 639-649.
- ELLIOTT, J.K. & MARISCAL, R.N. 2001. Coexistence of nine anenomefish species: differential host and habitat utilization, size and recruitment. *Mar. Biol.* 138(1):23-36.
- ETEROVICK, P.C. & SAZIMA, I. 2000. Structure of an anuran community in a montane meadow in southeastern Brazil: effects of seasonality, habitat, and predation. *Amphibia-Reptilia* 21(4):439-461.
- ETEROVICK, P.C. & BARROS, I.S. 2003. Niche occupancy in south-eastern Brazilian tadpole communities in montane-meadow streams. *J. Trop. Ecol.* 19(4):439-448.
- ETGES, W.J. 1987. Call site choice in male anurans. *Copeia* 4: 910-923.
- GERHARDT, H.C. 1983. Communication in the environment. In (T.R. Halliday & P.J.B. Slater, eds.). *Anim. Behav.* Oxford: Blackwell Scientific Publications, p. 82-113.
- GERHARDT, H.C. 1988. Acoustic properties used in call recognition by frogs and toads. In *The Evolution of the Amphibian Auditory System* (B. Frittsch, M.J. Ryan, W. Wilczynski, T.E. Hetherington & W. Walkowiak, ed.). John Wiley, New York. p. 455-483.
- GERHARDT, H.C. 1991. Female mate choice in treefrogs: static and dynamic acoustic criteria. *Anim. Behav.* 42:615-636.

- GERHARDT, H.C. 1994. The evolution of vocalization in frogs and toads. *Ann. Rev. Syst.* 25:293-342.
- GRAFE, T.U. 1996. The function of call alternation in the African reed frog (*Hyperolius marmoratus*): precise call timing prevents auditory masking. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 38(3):149-158.
- HADDAD, C.F.B. & SAZIMA I. 1992. Anfíbios anuros da Serra do Japi. In *História Natural da Serra do Japi: Ecologia e Preservação de uma Área Florestal no Sudeste do Brasil* (Morellatto, L.P.C. org.). Editora da Unicamp/FAPESP, Campinas. p. 188-211.
- HAMMER, O., HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. PAST: Palaeontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica* 4(1): 9. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm).
- HEYER, W.R. & BELLIN, M.S. 1973. Ecological notes on five sympatric *Leptodactylus* (Amphibia, Leptodactylidae) from Ecuador. *Herpetologica* 29(1):66-72.
- HEYER, W.R., RAND, A.S., CRUZ, C.A.G., PEIXOTO, O.L. & NELSON, C.E. 1990. Frogs of Boracéia. *Arquivos de Zoologia* 31(4):231-410.
- HÖDL, W. 1977. Call differences and calling sites segregation in anuran species from Central Amazonian floating meadows. *Oecologia* 28(4):351-363.
- KIME, N.M., TURNER, W.R. & RYAN, M.J. 2000. The transmission of advertisement calls in Central American frogs. *Behavioral Ecology* 11(1):71-83.
- KREBS, C.J. 1999. *Ecological methodology*. Addison Wesley Educational Publishers, Menlo Park.
- LOFTS-HILLS, J.J. 1973. Comparative aspects of auditory functions in Australian anurans. *Aust. J. Zool.* 21(3):353-367.
- MÁRQUEZ, R., DE-LA RIVA, I. & BOSCH, J. 1993. Advertisement call of Bolivian species of *Hyla* (Amphibia, Anura, Hylidae). *Biotropica* 25(4):426-443.
- MARTIN, W.F. 1972. Evolution of vocalization in the genus *Bufo*. In *Evolution in the Genus Bufo* (W.F. Blair ed.). University of Texas Press, Austin, p. 279-309.
- MARTINS, I.A. & JIM, J. 2003. Bioacoustic analysis of advertisement call in *Hyla nana* and *Hyla sanborni* in Botucatu, São Paulo, Brazil. *Rev. Bras. Biol.* = *Braz. J. Biol.* 63(3):507-516.
- MARTINS, I.A. & JIM, J. 2004. Advertisement call of *Hyla jimi* and *Hyla elianeae* (Anura, Hylidae) in Botucatu Region, São Paulo, Brazil. *Braz. J. Biol.* 64(3):645-654.
- MARTINS, I.A., ALMEIDA, S.C. & JIM, J. 2006. Calling sites and acoustic partitioning in species of the *Hyla nana* and *Hyla rubicundula* group. *Herpetological Journal* 16(3): 239-247.
- MENIN, M., ROSSA-FERES, D.C. & GIARETTA, A.A. 2005. Resource use and coexistence of two syntopic hylid frogs (Anura, Hylidae). *Rev. bras. Zool.* 22(1):61-72.
- NASCIMENTO, L.B., MIRANDA, A.C.L. & BALSTAEDT, T.A.M. 1994. Distribuição estacional e ocupação ambiental dos anuros da área de proteção da captação da Mutuca (Nova Lima, MG). *BIOS* 2(2):5-12.
- NICHOLLS, B. & RACEY, P. 2006. Contrasting home-range size and spatial partitioning in cryptic and sympatric pipistrelle bats. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 61(1):131-142.
- PIANKA, E.R. 1973. The structure of lizard communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4:53-74.
- POMBAL-Jr, J.P. 1997. Distribuição espacial e temporal de anuros (Amphibia) em uma poça permanente na Serra de Paranapiacaba, sudeste do Brasil. *Rev. bras. Biol.* 57(4):583-594.
- POMBAL-Jr, J.P., HADDAD C.F.B. & KASAHARA., S. 1995. A new Species of *Scinax* (Anura: Hylidae) from southeastern Brazil, with comments on the genus. *J. Herpet.* 29:1-6.
- POMBAL-Jr, J.P. & GORDO, M. 2004. Anfíbios Anuros da Juréia. In *Estação Ecológica Juréia-Itatins. Ambiente Físico, Flora e Fauna* (O.A.M. Marques & W. Duleba eds.). Holos Editora, Ribeirão Preto. p. 234-256.
- 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. *Rev. bras. Zool.* 18(2):439-454.
- RYAN, M.J. 1985. *The túngara frog: a study in sexual selection and communications*. University of Chicago Press, Chicago.
- RYAN, M.J. 2001. *Anuran communication*. Smithsonian Institution Press, Washington, London, 252p.
- RYAN, M.J. & RAND, A.S. 1993. Species recognition and sexual selection as a unitary problem in animal communication. *Evolution* 47(2):647-657.
- SALTHE, S.N. & MECHAN, J.S. 1974. Reproductive and courtship patterns. In *Physiology of the Amphibia* (B. Lofts, ed.). Academic Press, New York.
- SANTOS, T.G. & ROSSA-FERES, D.C. 2007. Similarities in calling site and advertisement call among anuran amphibians in southeastern Brazil. *SAJH* 2(1):17-30.
- SANTOS, T.G., ROSSA-FERES, D.C. & CASATTI, L. 2007. Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. *Iheringia Ser. Zool.* 97(1):37-49.
- SÃO PAULO. 2000. *Atlas das unidades de conservação ambiental do Estado de São Paulo*. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.
- STRONG-Jr, D.R. 1982. Harmonious coexistence of hispidine battles on *Heliconia* in experimental and natural communities. *Ecology* 63(4):747-754.
- STRONG-Jr, D.R., LAWTON, J.K. & SOUTHWOOD, T.R.E. 1984. *Insects on plants: community patterns and mechanisms*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- TILMAN, D. *Resource competition and community structure*. Princeton University Press, Princeton.
- TOLEDO, L.F. & HADDAD, C.F.B. 2005. Acoustic Repertoire and Calling Behavior of *Scinax fuscomarginatus* (Anura, Hylidae). *J. Herpet.* 39(3):455-464.
- 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 Neotrop.* 17(2):2-14.
- VERBURG, P. & BILLS, R. 2007. Two new cichlid species *Neolamprologus* (Teleostei: Cichlidae) from lake tanganyika, East Africa. *Zootaxa* 1612:25-44.
- VIELLIARD, J.M.E. & CARDOSO, A.J. 1996. Adaptação de sinais sonoros de anfíbios e aves a ambientes de riachos com corredeiras. In *Herpetologia neotropical. Acta Del II Congreso Latino Americano de Herpetologia, Universidad de Los Andes* (J.E. Pefaur, ed.). Consejo de Desarrollo, Humanístico y Tecnológico, Merida, Venezuela 2:97-119.
- WELLBORN, G.A. & COTHRAN, R. 2007. Niche diversity in crustacean cryptic species: complementarity in spatial distribution and predation risk. *Oecologia* 154:175-183.
- WELLS, K.D. 1977. The social behavior of anuran amphibians. *Anim. Behav.* 25(4):666-693.
- WIENS, J.A., ADDICOTT, J.F., CASE, T.J. & DIAMOND, J.M. 1986. The importance of spatial and temporal scale in ecological investigations. In *Community Ecology* (J.M. Diamond & T.J. Case, eds.). Harper and Row, New York. p. 145-153.

Recebido em 29/11/07

Versão Reformulada recebida em 17/07/08

Publicado em 15/08/08