

Relatório Científico

Influências ambientais e bióticas: entendendo a diversidade acústica em comunidades de anfíbios anuros de Mata Atlântica

Aluna: Maria Carolina Rodella Manzano

Orientador: Ricardo Jannini Sawaya

Centro de Ciências Naturais e Humanas

Laboratório de Evolução e Diversidade I (LED I)

Universidade Federal do ABC – UFABC

Projeto FAPESP 2018/04520-2

São Paulo

2018

Influências ambientais e bióticas: entendendo a diversidade acústica em comunidades de anfíbios anuros de Mata Atlântica

Resumo

Comunidades podem ser definidas como populações que ocorrem juntas ao longo do tempo e espaço, e os processos relacionados à permanência dessas populações são estudados a partir da montagem de comunidades. Existem algumas maneiras de medir a diversidade de espécies, como a diversidade alfa e a diversidade filogenética. Métodos baseados em filogenias podem inferir processos de montagem de comunidades, apontando diferentes estruturas filogenéticas. Outra forma de medir a diversidade de uma comunidade é considerar a sua ‘paisagem sonora’, e tem sido questionado como a distinção entre paisagens sonoras varia ao longo de comunidades. Assim, anuros são um modelo ideal para estudos sobre paisagem acústica em comunidades biológicas, uma vez que formam coros e apresentam comportamento de vocalização para atração de fêmeas. Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo investigar a diversidade acústica em comunidades de anuros ao longo da Mata Atlântica, propondo as seguintes perguntas: 1. Como o espaço acústico é ocupado por espécies de diferentes comunidades?; 2. A estrutura filogenética dessas comunidades é relacionada à diversidade acústica?; e 3. Espécies frequentes em comunidades de Mata Atlântica modulam suas vocalizações em função da complexidade ambiental e/ou paisagem acústica? Esse trabalho será realizado na Mata Atlântica, no PE Serra do Mar, PE Cantareira e PN Serra da Bocaina. A coleta de dados será realizada entre setembro e março, entre 10 e 15 corpos d’água distintos, onde serão coletados dados a respeito da diversidade de espécies, acústica e filogenética, além de variáveis ambientais.

Palavras-chave: Paisagem acústica; Ecologia de Comunidades; Estrutura filogenética; Diversidade de espécies; Diversidade filogenética.

Justificativa e Revisão Bibliográfica

Os conceitos de diversidade biológica incluem várias definições, como a abundância e variedade de espécies em um lugar definido (Magurran, 2004). Existem algumas maneiras de se medir essa diversidade, como a riqueza de espécies, ou diversidade alfa, que corresponde ao número de espécies em uma determinada área (Brown & Lomolino, 2006; Begon *et al.*, 2007; Cianciaruso *et al.*, 2009; Gotelli, 2009). Outra medida de diversidade é a diversidade filogenética, que inclui as relações filogenéticas entre as espécies, de modo que em comunidades com a mesma riqueza, a diversidade filogenética é estimada a partir da variação de espécies em diferentes gêneros, famílias e demais categorias taxonômicas (Magurran, 2004; Cianciaruso *et al.*, 2009).

Outra forma de medir a diversidade de uma comunidade é considerar a sua 'paisagem sonora', definida como a relação entre o ambiente e a composição do som produzido pelas suas espécies componentes, variando ao longo do tempo e do espaço (Pijanowski *et al.*, 2011a). Tem sido questionado na literatura como a distinção entre paisagens sonoras varia ao longo de comunidades (Lomolino *et al.*, 2015), principalmente em sistemas de coro como é o caso dos anfíbios anuros, nos quais o emissor e o receptor raramente formam um par isolado, o que resulta em uma estrutura de comunicação em uma rede de indivíduos (Grafe, 2005; Sueur *et al.*, 2014).

Dessa forma, anfíbios anuros se mostram como um modelo ideal para estudos de paisagem acústica, uma vez que formam coros ao longo dos ambientes utilizados para reprodução e apresentam comportamento de vocalização para atração de fêmeas, constituindo assim uma rede de comunicação (Grafe, 2005). O canto de anúncio corresponde aos principais sinais sonoros emitidos pelos machos durante a época reprodutiva (Wells, 2007) principalmente para atração de fêmeas, e defesa de território, servindo até mesmo para comunicar o tamanho do competidor (Wells & Schwartz, 2006).

A distribuição de espécies de anfíbios anuros em comunidades proporciona interações intra e inter- específicas, e sua coexistência é possibilitada principalmente pela partilha de recursos (*e.g.* Conte & Machado, 2005; Prado & Pombal, 2005). Alguns estudos propõem que diferenças no canto de anúncio entre populações podem ser resultantes de pressões seletivas locais (*e.g.* Tessarolo *et al.*, 2016), como a competição pelo espaço acústico, o que levaria os indivíduos a ajustar variáveis do canto para explorar nichos vagos (Krause, 1987; Pijanowski *et al.*, 2011a). Essa hipótese explicaria o aumento da complexidade do canto em comunidades menos diversas (*e.g.* Singh & Price, 2015), uma vez que nesses locais a disponibilidade de nichos acústicos é maior.

A competição entre machos também pode provocar alterações nas vocalizações de espécies de anuros (Wells & Taigen, 1986; Schwart *et al.*, 2002), como maior duração do canto em comunidades menores (Schwart, 1993), ou aumento da taxa de repetição de canto, pulso e nota quando estimulados por vocalização de outros machos (Benedix & Narins, 1999; Márquez *et al.*, 2001). Entre machos de diferentes espécies de anuros também se observa alteração em variáveis do canto, como aumento de frequência dominante (Both & Grant, 2012). Assim, as interações agonísticas entre machos competidores é mais intensa em comunidades com maior densidade de machos (Guimarães & Bastos, 2003).

Além de fatores bióticos, fatores ambientais também são importantes na estruturação de comunidades de anfíbios anuros, uma vez que muitas espécies necessitam de condições ambientais específicas como a presença de água parada e micro habitats úmidos para completar seu ciclo reprodutivo (Wells, 2007). Alguns estudos apontam correlação positiva entre a temperatura do ar e o número de notas (*e.g.* Guimarães & Bastos, 2003), e ainda mostram que em habitats mais complexos o sinal pode tornar-se distorcido pela vegetação (Singh & Price, 2015). A hipótese da adaptação acústica propõe que diferentes espécies de vertebrados ajustam os parâmetros do canto para otimizar a sua propagação pelo ambiente, apesar de não identificar adaptações de variáveis específicas em relação ao meio ambiente (Ey & Fischer, 2009).

A herpetofauna da região Neotropical, bem como das florestas tropicais, ainda é relativamente pouco conhecida, sendo comum a descrição de novas espécies (Haddad, 1991). Considerada um *hotspot* de biodiversidade (Myers *et al.*, 2000), a Mata Atlântica é o bioma com o maior endemismo de espécies de anfíbios do mundo e um dos biomas mais ameaçados do Brasil, restando apenas 14% da sua cobertura original (Ribeiro *et al.*, 2009). Apresenta grande variação latitudinal e altitudinal, com picos atingindo mais de 2800 metros, além de diversos micro-ambientes e alta heterogeneidade ambiental (Morellato & Haddad, 2000; Ribeiro *et al.*, 2009). Esses fatores parecem ser responsáveis pela alta diversidade de anfíbios anuros na região, assim como uma das maiores diversidades reprodutivas desse grupo de vertebrados (Haddad & Sawaya, 2000), o que reforça a necessidade de mais estudos na área.

Objetivos

Esse trabalho tem como objetivo geral investigar a diversidade acústica em comunidades de anfíbios anuros ao longo da Mata Atlântica, propondo as seguintes perguntas específicas:

1. Como o espaço acústico é ocupado por espécies de diferentes comunidades?
2. A estrutura filogenética dessas comunidades é relacionada à diversidade acústica?
3. Espécies frequentes em comunidades de Mata Atlântica modulam suas vocalizações em função da complexidade ambiental e/ou paisagem acústica?

A partir dessas perguntas, testaremos as seguintes hipóteses:

1. Ambientes com alta diversidade de espécies favorecem cantos simples em ‘canais acústicos’ restritos (veja Brumm & Slabbekoorn, 2005). Assim, esperamos que espécies de comunidades com menor diversidade apresentem liberação ecológica para utilizarem de forma mais ampla o espaço acústico (Forrest, 1994; Lomolino et al. 2015).

2. A complexidade ambiental e a paisagem acústica afetam de forma mais importante diversidade acústica das comunidades do que a estrutura filogenética. Assim, esperamos ajustes em variáveis acústicas para espécies frequentes nas comunidades estudadas (e.g. frequência dominante, taxas de repetição do canto) em diferentes graus de complexidade ambiental a fim de otimizar sua propagação, de acordo com a “hipótese da adaptação acústica” (Ey & Fischer, 2009; Singh & Price, 2015).

Realizações no período

1. Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada ao longo da Mata Atlântica, na região Sudeste do Brasil, nas seguintes Unidades de Conservação: Parque Nacional do Itatiaia, Parque Nacional da Serra da Bocaina, Parque Estadual Fontes do Ipiranga, Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleos Curucutu, Santa Virgínia, Cunha, São Sebastião e Caraguatatuba), Floresta Nacional de Ipanema e Projeto DACNIS. Foram coletadas gravações acústicas, medidas de corpo e espécimes testemunho conforme apresentado a seguir (Tabela 1). Para todos os indivíduos gravados, foram coletados artelhos referentes à marcação dos indivíduos, evitando recaptura.

Tabela 1. Lista das espécies registradas e gravadas nas localidades amostradas para obtenção dos dados.

Localidade	Espécie	Quantidade	Observação
Parque Nacional do Itatiaia	Boana pardalis	4	1 indivíduo testemunho coletado e fixado em formol
	Boana bandeirantes	3	
	Boana faber	4	
	Dendropsophus minutus	5	
	Phyllomedusa burmeisteri	5	
	Rhinella ornata	6	
	Scinax hayii	6	
Parque Nacional da Serra da Bocaina	Boana bandeirantes	4	1 indivíduo testemunho coletado e fixado em formol
	Boana pardalis	2	1 indivíduo testemunho coletado e fixado em formol
PESM	Boana faber	6	
	Boana albomarginata	5	
	Boana albopunctata	3	
Núcleo Curucutu	Dendropsophus elegans	2	
	Physalaemus cuvieri	2	
	Scinax hayii	5	

	Boana faber	6	
	Boana bandeirantes	3	
PESM	Boana pardalis	2	1 indivíduo testemunho coletado e fixado em formol
Núcleo Santa Virgínia	Dendropsophus minutus	3	
	Physalaemus cuvieri	4	
	Scinax crospedospilus	4	1 indivíduo testemunho coletado e fixado em formol
PESM	Boana faber	5	
Núcleo São Sebastião	Scinax hayii	3	
	Boana faber	5	
	Boana bandeirantes	4	
PESM	Dendropsophus minutus	5	
Núcleo Cunha	Physalaemus cuvieri	5	
	Sphaenorhynchus platycephalus	5	
	Boana faber	2	
PESM	Boana albomarginata	2	
Núcleo Caraguatatuba	Dendropsophus elegans	2	
	Scinax hayii	2	
	Scinax imbegue	1	
	Boana albopunctata	3	
Floresta Nacional de Ipanema	Dendropsophus nanus	5	
	Physalaemus cuvieri	1	
	Boana faber	2	
Parque Estadual Fontes do Ipiranga	Physalaemus cuvieri	2	
	Scinax alter	5	
	Boana albomarginata	5	
Projeto DACNIS	Boana semilineatus	3	

Boana faber	1
Dendropsophus berthalutzae	5
Scinax imbegue	3

2. Participação em Eventos Científicos e Disciplinas

A aluna participou do 1st African Biacoustics Community Conference, entre 2 e 7 de dezembro de 2018 na Cidade do Cabo, África do Sul, apresentando o trabalho “Does acoustic competition modulate the advertisement call of treefrogs in Brazilian Atlantic Forest?”, com dados coletados durante seu Trabalho de Conclusão de Curso na Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi. Em fevereiro de 2019 a aluna também participou da disciplina “Bioacústica” ministrada pelo Professor Doutor Itamar Martins, e oferecida pela Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (UNESP).

Origem dos Recursos

O presente trabalho está inserido no projeto “Novas abordagens de ecologia e conservação: diversidade filogenética e funcional de anfíbios e serpentes da Mata Atlântica brasileira”, que conta com verba do Auxílio à Pesquisa – Regular, processo número 2014/23677-9 e também com financiamento CNPq através do processo 405447/2016-7. A aluna ainda apresenta bolsa de mestrado FAPESP, processo número 2018/04520-2.

Cronograma

A coleta de dados em campo está em fase final, com previsão de finalização em março de 2019. Caso necessário, demais dados poderão ser coletados em campo na próxima estação reprodutiva, compreendida entre setembro de 2019 e março de 2020. A análise das gravações acústicas já foi iniciada.

Tabela 1. Cronograma de execução, com início em Junho de 2018, e término em Maio de 2020.

Atividade	2018								2019												2020				
	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	
Disciplinas de Pós-graduação		X	X	X	X	X	X	X																	
Coleta de dados					X	X	X	X	X	X															
Análise de dados									X	X	X	X	X	X	X	X									
Redação de manuscrito											X	X					X	X	X	X	X	X	X	X	
Exame de qualificação												X													
Defesa da dissertação																								X	

Referências Bibliográficas

- Begon, M.; Townsend, C. R. & Harper, J. L. **Ecology: from individuals to ecosystems**. 4 ed. Reino Unido: Editora Blackwell Publishing Ltd, 759p., 2006.
- Benedix, J. H. Jr. & Narins, P. M. Competitive Calling Behavior by Male Treefrogs, *Eleutherodactylus coqui* (Anura: Leptodactylidae). **Copeia**, vol. 4, p. 1118–1122, 1999.
- Bertoluci, J. & Rodrigues, M. T. Utilização de habitats reprodutivos e micro-habitats de vocalização em uma taxocenose de anuros (Amphibia) da Mata Atlântica do sudeste do Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, vol. 42, n°. 11, p. 287–297, 2002.
- Both, C & Grant, T. Biological invasions and the acoustic niche: the effect of bullfrog calls on the acoustic signals of white-banded tree frogs. **Biology Letters**, vol. 8, p. 714–716, 2012.
- Brown, J. H. & Lomolino, M. V. **Biogeografia**, 2ª ed., Ribeirão Preto: Editora FUNPEC, p. 692, 2006.
- Centeno, F. C. **Diversidade e uso do ambiente pelos anfíbios e répteis da Ilha de São Sebastião, Ilhabela, SP**. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Programa de Pós-Graduação Interunidades em Biotecnologia USP/ Instituto Butantan/ IPT – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- Cianciaruso, M. V.; Silva, I. A. & Batalha, M. A. Diversidade filogenética e funcional: novas abordagens para a ecologia de comunidades. **Biota Neotrop.**, vol. 9, n°. 3, p. 93–103, 2009.
- Conte, C. E. & Machado, R. A. Riqueza de espécies e distribuição espacial e temporal em comunidade de anuros (Amphibia, Anura) em uma localidade de Tijucas do Sul, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, vol. 22, n°. 4, p. 940–948, 2005.

- Duellman, W. E. & Trueb, L. **Biology of Amphibians**. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 696p., 1994.
- Ey, E. & Fischer, J. The “acoustic adaptation hypothesis” – A review of the evidence from birds, anurans and mammals. **Bioacoustics The International Journal of Animal Sound and its Recording**, vol. 19, p. 21–48, 2009.
- Gotelli, N. J. **Ecologia**, 4^a ed., Londrina: Editora Planta, 287p., 2009.
- Grafe, T. U. Anuran choruses as communication networks, in: **Animal communication networks**. McGregor, P. K. (ed.). Cambridge University Press, Cambridge, p. 277–299, 2005.
- Haddad, C. F. **Ecologia reprodutiva de uma comunidade de anfíbios anuros na Serra do Japi, Sudeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Biologia - Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 154p., 1991.
- Haddad, C. F. & Sawaya, R. J. Reproductive modes of Atlantic Forest Hylid frogs: a general overview and the description of a new mode. *Biotropica*, vol. 42, n° 4b, p. 862-871, 2000.
- Heyer, W. R., M. A. Donnelly, R. W. McDiarmid, L. C. Hayek & M. S. Foster. **Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians**. Washington: Smithsonian Institution Press, 1994.
- Krause, B. Bioacoustics, habitat ambience in ecological balance, **Whole Earth Review**, vol. 57, p. 14–18. 1987.
- Leibold, M. A.; Holyoak, M.; Amarasekare, P.; Chase, J. M.; Hoopes, M. F.; Holt, R. D.; Shurin, J. B.; Law, R.; Tilman, D.; Loreau, M. & Gonzalez, A. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. **Ecology Letters**, vol. 7, p. 601–613, 2004.

- Magurran, A. E. **Measuring biological diversity**, Blackwell Publishing, p. 256, 2004.
- Márquez, R.; Pargana, J. M. & Crespo, E. G. Acoustic Competition in Male *Pelodytes ibericus* (Anura: Pelodytidae): Interactive Playback Tests. **Copeia**, vol. 4, p. 1142–1150, 2004.
- Morellato, L. P. C. & Haddad, C. F. B. Introduction: the brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, vol. 32, p. 786–792, 2000.
- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B. & Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, vol. 403, p. 853–858, 2000.
- Narvaes, P.; Bertolucci, J. & Rodrigues, M. T. Composição, uso de hábitat e estações reprodutivas das espécies de anuros da floresta de restinga da Estação Ecológica Juréia-Itatins, sudeste do Brasil. **Biota Neotrop.**, vol. 9, n. 2, 2009.
- Pijanowski, B.C., Villanueva-Rivera, L.J., Dumyahn, S.L., Farina, A., Krause, B.L., Napoletano, B.M., Gage, S.H. & Pieretti, N. Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. **BioScience**, vol. 61, p. 203–216, 2011a.
- Pijanowski, B.C., Farina, A., Gage, S.H., Dumyahn, S.L. & Krause, B.L. What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging new science. **Landscape Ecology**, vol. 26, p. 1213–1232, 2011b.
- Prado, G. M. & Pombal JR, J. P. Distribuição espacial e temporal dos anuros em um brejo da Reserva Biológica de Duas Bocas, Sudeste do Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, vol. 63, n°. 4, p. 685-705, 2005.
- Ribeiro, M. C.; Metzger, J. P.; Martensen, A. C.; Ponzoni, F. J. & Hirota, M. M. The brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, vol. 142, p. 1141–1153, 2009.

- Ricklefs, R. E. **A economia da Natureza**. 3ed. Nova Iorque: Editora W. H. Freeman and Company, 256p., 1993.
- Rossa-Feres, D. C. & Jim, J. Similaridade do sítio de vocalização em uma comunidade de anfíbios anuros na região noroeste do Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Zoologia*, vol. 18, n.º. 2, p. 439-454, 2001.
- Schwartz, J. J. Male calling behavior, female discrimination and acoustic interference in the Neotropical treefrog *Hyla microcephala* under realistic acoustic conditions. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, vol. 32, p. 401–414, 1993.
- Schwartz, J. J.; Buchanan, B. W. & Gerhardt, H. C. Acoustic interactions among male gray treefrogs, *Hyla versicolor*, in a chorus setting. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, vol. 53, p. 9–19, 2002.
- Silva, R. A. Influência da heterogeneidade ambiental na diversidade, uso de hábitat e bioacústica de anuros de área aberta no noroeste paulista. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 94p., 2007.
- Sueur, J.; Farina, A.; Gasc, A.; Pieretti, N. & Pavoine, S. Acoustic indices for biodiversity assessment and landscape investigation. **Acta Acustica United With Acustica**, vol. 100, 772–781, 2014.
- Tilman, D. Functional diversity. **Encyclopedia of Biodiversity**, vol. 3, p. 109–120, 2001.
- Toledo, L. F.; Zina, J. & Haddad, C. F. Distribuição espacial e temporal de uma comunidade de anfíbios anuros do município de Rio Claro, São Paulo, Brasil. **Holos Environment**, vol. 3, n. 2, p. 136–149, 2003.
- Tessarolo, G.; Maciel, N. M.; Morais, A. R. & Bastos, R. P. Geographic variation in advertisement calls among populations of *Dendropsophus cruzi* (Anura: Hylidae). **Herpetological Journal**, vol. 26, p. 219–224, 2016.

Vane-Wright, R. I.; Humphries, C. J. & Williams, P. H. What to protect? Systematics and the agony of choice. **Biological Conservation**, vol. 55, p. 235–254, 1991.

Wells K. D. **The Ecology & Behavior of Amphibians**. Chicago and London: The University of Chicago Press, 1148p., 2007.

Wells, K. D. & Schwartz, J. J. The behavioral ecology of anuran communication. In: **Hearing and Sound Communication in Amphibians** (Ed. by Narins, P. M.; Feng, A. S.; Fay, R. R.; & Popper, A. N.), p. 44–86, New York: Springer, 2006.