



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA

Trabalho de Conclusão de Curso:

O ruído do tráfego de automóveis altera o canto de anuros de riachos da encosta da Mata Atlântica?

Rógger Luiz Teck Antunes

Orientador: Prof. Dr. Márcio Borges Martins

Co-orientadora: MSc. Valentina Zaffaroni Caorsi

Porto Alegre, novembro de 2016

O ruído de tráfego de automóveis altera o canto de anuros de riachos da encosta da
Mata Atlântica?

Rógger Luiz Teck Antunes

Orientador: Prof. Dr. Márcio Borges Martins

Co-orientadora: MSc. Valentina Zaffaroni Caorsi

Banca examinadora:

Prof^a Dra. Maria João Veloso Da Costa Ramos Pereira

MSc. Camila Ineu Medeiros

Porto Alegre, novembro de 2016

Manuscrito formatado conforme
normas editoriais da revista
Journal of Urban Ecology

O ruído de tráfego de automóveis altera o canto de anuros de riachos da encosta da Mata Atlântica?

Rógger L. T. Antunes^{1*}, Valentina Z. Caorsi¹, Márcio Borges-Martins¹

¹Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Avenida Bento Gonçalves, 9500, CEP 91509-900, Porto Alegre, Brasil.

*Autor para correspondência. Email: roggerteck@gmail.com

Resumo

A perturbação antropogênica - incluindo a poluição sonora - é uma das principais causas do declínio da biodiversidade em todo o mundo. Os anuros são considerados organismos modelo para estudar o mecanismo, a função e a evolução da comunicação sonora animal. Nesse estudo foi testado efeito do ruído antropogênico de veículos em estradas através de experimento de “*playback*”. Para isso foi realizada gravação de veículos, posteriormente preparadas para emitir estímulos de ruído em diferentes intensidades. A espécie modelo deste estudo foi a perereca-verde (*Hypsiboas marginatus*) que é endêmica da porção meridional da Floresta Atlântica. As emissões dos estímulos causaram alterações no canto dos machos que reduziram suas emissões de notas B, além de diminuir o número de pulsos emitidos e aumentar o intervalo entre pulsos das notas, fornecendo evidências de que o ruído de tráfego tem efeitos sobre o comportamento acústico dessa espécie. O estímulo que causou mais alterações nos cantos foi o de intensidade de 65 dB, indicando que, pelo menos, até 100 m os efeitos de mascaramento têm grande impacto sobre a comunicação acústica dessa espécie, enquanto que o estímulo de 55 dB – equivalente a 200m da margem da estrada – não apresentou nenhuma alteração significativa no comportamento de canto indicando uma distância mínima a sugerir para a implementação de infraestruturas causadoras de ruído. Desse modo recomendamos que novos estudos adotem desenhos amostrais a partir dessa distância, para refinar o limiar de efeito do ruído de tráfego de estradas.

Introdução

A perda da biodiversidade é um grave problema da atualidade (Ceballos *et al.* 2010). Loh *et al.* (2008) aponta declínio de aproximadamente 30% nas populações de vertebrados do planeta entre

1970 e 2005, além do aumento nas taxas de extinção (Vié *et al.* 2008). Esses declínios são atribuídos a diversos fatores, especialmente por interferência humana, como alterações de habitat, sobre-exploração, introdução de espécies invasoras, poluição, mudanças climáticas e doenças (Dodd Jr 2009; Stuart *et al.* 2008; Brumm 2010).

A crescente urbanização do nosso planeta tem aumentado a quantidade de tráfego local e global, intensificando a poluição sonora, que afeta direta e indiretamente diversos grupos, incluindo vertebrados e invertebrados (Brumm 2010). Em diversas espécies a comunicação acústica está diretamente ligada à seleção sexual e a reprodução (Wells 1977; Bradbury & Vehrencamp 1998; Gerhardt & Huber 2002; Rheindt 2003; Narins *et al.* 2006), podendo também ser utilizada para outras funções, como a defesa de território, alerta de predadores, socialização, localização de presas ou orientação espacial (Hollén & Radford 2009; Nogueira *et al.* 2012; Reby *et al.* 1999; Rheindt 2003). A interferência na comunicação causada por ruídos pode afetar diretamente a fisiologia reprodutiva, por exemplo, pela perda de oportunidades de acasalamento, perda das chances de obtenção de alimentos, interações agressivas desnecessárias ou outros comportamentos atípicos, resultando em aumento do gasto energético (Edge & Marcum 1985; Krausman *et al.* 1986; Bradbury & Vehrencamp 1998). As consequências dessas ações podem resultar em alterações da distribuição territorial ou mesmo em declínios populacionais (Brumm 2010).

Os anuros são considerados organismos modelo para estudar o mecanismo, a função e a evolução da comunicação sonora animal (Vélez *et al.* 2013), uma vez que respondem rapidamente a variações sonoras no meio por possuírem especializações morfológicas e fisiológicas que os habilita a emitir e detectar sinais de diversas frequências, incluindo ultrassons e vibrações sísmicas (Feng *et al.* 2006; Narins 1990, 1995; Wells 2008). Atualmente os anuros possuem 31,6% das espécies ameaçadas ou extintas (IUCN 2016). Estes fatos fazem dos anuros um grupo muito interessante para estudos de comunicação sonora, principalmente aqueles envolvendo aspectos ligados diretamente à sua conservação.

Estudos sobre o efeito do ruído antropogênico em anuros apontam que estes podem exibir diversas estratégias para tentar contornar o mascaramento de seu sinal acústico (Bee & Swanson 2007; Vélez *et al.* 2013). Em alguns casos foram observadas espécies que mudaram os parâmetros temporais e espectrais dos seus cantos quando expostos a esses ruídos (Vélez *et al.* 2013). Em outros casos a estratégia adotada foi de evitar a fonte do ruído, por exemplo, cantando em intervalos menos ruidosos (Vargas-salinas *et al.* 2014). Quando a estratégia adotada é a alteração dos parâmetros para reduzir o efeito da interferência entre o sinal e o ruído, as espécies podem alterar a duração do canto ou das notas (Kaiser *et al.* 2010; Lengagne 2008), alterar a amplitude do canto

(Cunnington & Fahrig 2010; Halfwerk *et al.* 2015; Shen & Xu 2016) ou variar a frequência de seu canto (Hoskin & Goosem 2010; Parris *et al.* 2009; Shen & Xu 2016). Entretanto, essas alterações podem ter consequências negativas para os indivíduos, como o aumento do custo energético e a maior exposição a predadores (Wells 2008), além de diminuir a efetividade da transmissão e recepção do sinal, assim como o sucesso reprodutivo (Bee & Swanson 2007; Mcgregor *et al.* 2013).

Além das estratégias de alteração das características temporais e espectrais, outras estão relacionadas diretamente à intensidade do ruído, de modo que os anuros aumentam as mudanças nos parâmetros de canto quando enfrentam perturbações de alta energia (Cunnington & Fahrig 2010; Halfwerk *et al.* 2015; Shen & Xu 2016). Portanto, altos níveis de intensidade da poluição sonora podem ter um impacto importante na comunicação das espécies, uma vez que o ruído de fundo pode limitar as distâncias nas quais os animais podem detectar os sinais (Goutte *et al.* 2013). No caso da intensidade do ruído estar relacionada à distância da fonte ao receptor, seria esperado que as fontes de ruído antropogênico próximas tivessem maior efeito sobre a comunicação dos anuros, enquanto que as fontes distantes causariam menor efeito.

Sabe-se que o efeito do ruído do tráfego altera o comportamento de canto em alguns anuros de ambientes lênticos (Bee & Swanson 2007; Cunnington & Fahrig 2010; Hoskin & Goosem 2010; Kaiser *et al.* 2010; Lengagne 2008; Parris *et al.* 2009; Vargas-salinas *et al.* 2014). Entretanto espécies que vocalizam em corpos d'água ruidosos, como riachos, carecem de informações. Shen & Xu (2016) observaram que *Odorrana tormota* (Ranidae), espécie que vocaliza em cursos d'água ruidosos, ao ser exposta a ruídos de *playback* altera seus padrões de canto – aumentando a amplitude e a frequência - para evitar a nova fonte de mascaramento. Portanto, é importante determinar se o ruído de tráfego afeta o comportamento de canto dos anuros de ambientes aparentemente ruidosos e que estratégias eles adotariam para reduzir o efeito de mascaramento de seus sinais. Assim, é imprescindível avaliar como diferentes intensidades de ruído afetam a comunicação desses anfíbios. A partir disso, foram realizados experimentos em campo com a intenção de medir os efeitos do ruído de trânsito em diferentes intensidades sobre os cantos da perereca-verde (*Hypsiboas marginatus* - Hylidae), espécie que vocaliza sobre vegetação nas margens de riachos ou remansos de água corrente de pouca profundidade e que possui frequências de canto sobrepostas às frequências do ruído (Garcia *et al.* 2001). Foi esperado que essa sobreposição espectral fosse um indicativo importante para efeito do ruído, uma vez que uma maior sobreposição pode induzir a maiores mudanças nos parâmetros de canto, como consequência do efeito de mascaramento, principalmente durante os ruídos de maior intensidade.

Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi conduzido na Floresta Nacional de São Francisco de Paula (FLONA SFP; 29° 25'22,4''S; 50° 23'11,2''W) que está localizada no município de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. A FLONA SFP está inserida nas formações de Campos de Cima da Serra e de Matas com Araucária (Floresta Ombrófila Mista ou Mata Atlântica - *lato sensu*). A FLONA SFP é uma unidade de conservação de uso sustentável e possui uma área de 1.606 ha com regiões de altitude superior a 900m. A localidade está entre as mais úmidas do sul do Brasil possui pluviosidade acima de 2.000mm ao ano e temperatura média anual em torno de 14,5 °C (FLONA 2016). Os experimentos foram realizados no início da noite, aproximadamente, uma hora após o pôr-do-sol, durante o período de atividade de *Hypsiboas marginatus* nos meses de Março e Outubro de 2016.

Espécie modelo

A perereca-verde (*Hypsiboas marginatus*) é endêmica do sul do Brasil e ocorre nas encostas da porção meridional da Floresta Atlântica (Rio Grande do Sul e Santa Catarina). É uma espécie de porte mediano (machos 46–50 mm e fêmeas 50–57 mm de comprimento rostro-cloacal) com coloração dorsal verde-claro, verde-escuro, verde-oliváceo ou castanho-esverdeado e presença de linhas laterais castanho-escuro, margeadas superiormente de branco, no dorso e membros anteriores e posteriores (Fig.1)(Kwet *et al.* 2010). O canto de anúncio dos machos da espécie é composto por dois tipos de notas multipulsionadas que são emitidas em conjuntos de até 12 (Fig. 2A). A primeira nota (A) é composta de 10 a 18 pulsos e tem duração média de 0,49s (variando de 0,38 a 0,62s) e frequência dominante entre 1,5 e 2,3 kHz, com média de 1,8 kHz. As notas seguintes são do segundo tipo (B) e são compostas de 22 a 48 pulsos com duração média de 0,57s (variando de 0,36 a 0,71s) e frequência dominante entre 1,4 e 2,1kHz, com média de 1,7 kHz (Garcia *et al.* 2001). O canto de anúncio de *H. marginatus* se encontra dentro do espectro de frequência do ruído emitido por veículos em estradas.

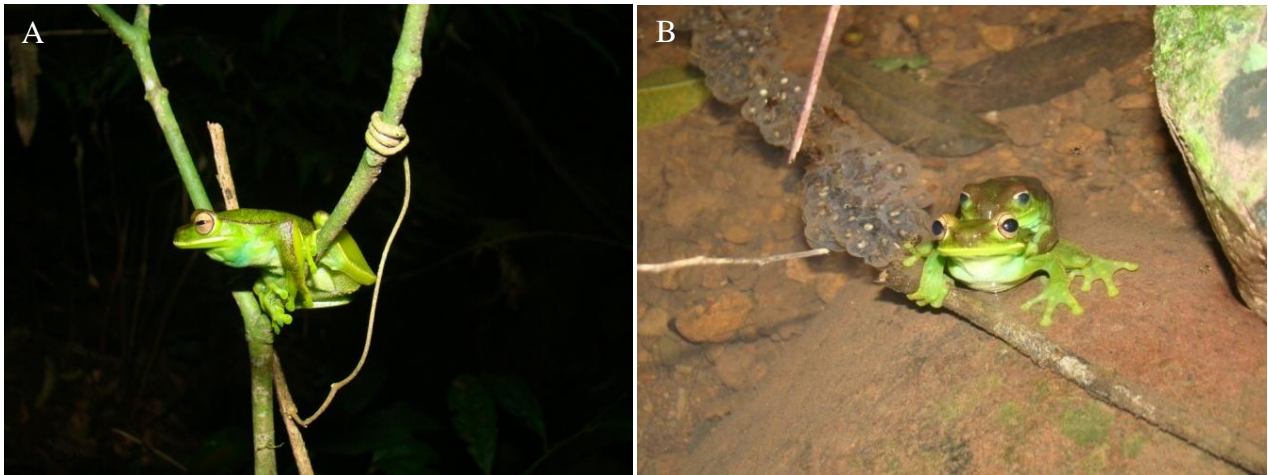


Figura 1. *Hypsiboas marginatus*. Espécie modelo utilizada para análise do efeito do ruído antropogênico produzido por tráfego de estradas. (A) macho vocalizando sobre a vegetação; (B) casal em amplexo dentro do corpo d'água ao lado de sua desova.

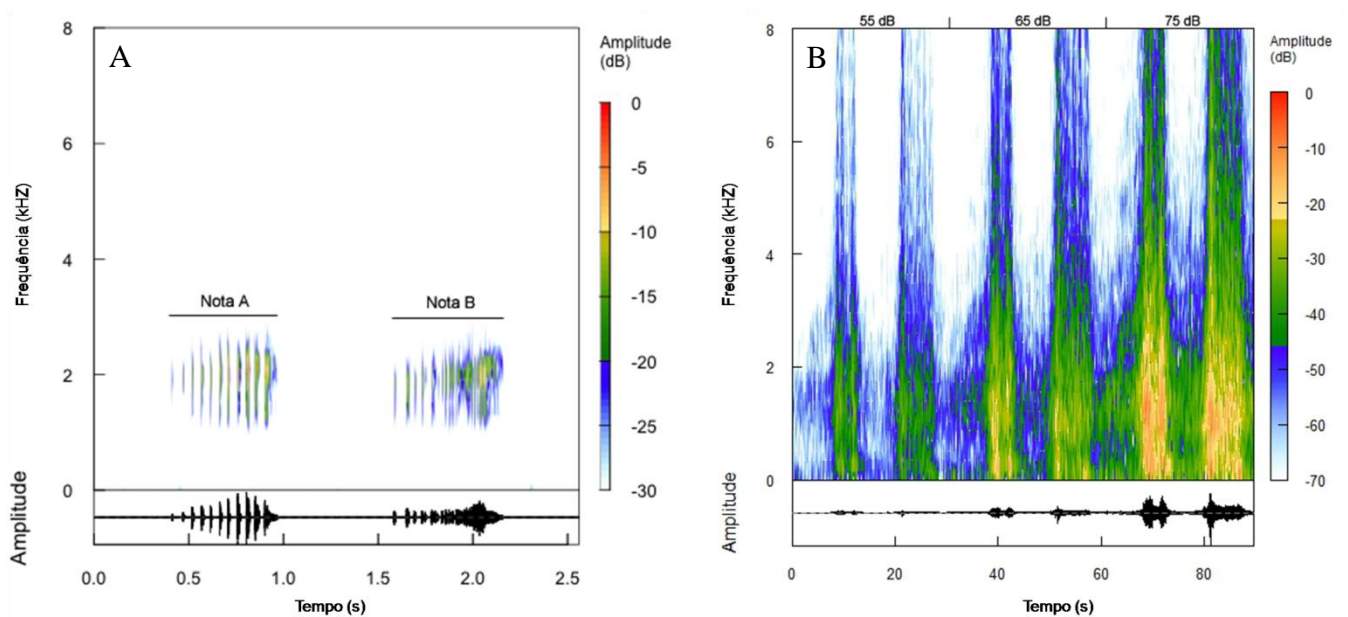


Figura 2. Canto de anúncio de *Hypsiboas marginatus* e ruído do tráfego de estradas usado como estímulo. Espectrograma (acima) e oscilograma (abaixo) em (A) os dois tipos de notas de *H. marginatus* e (B) as três diferentes intensidades (dB) do estímulo de ruído do tráfego de estradas usado nos experimentos.

Gravações em campo do estímulo

Para testar se o ruído do tráfego de veículos de transporte afeta o canto de *Hypsiboas marginatus*, foi realizada a gravação de veículos na rodovia RS-389 (Estrada do Mar, Rio Grande

do Sul, Brasil) a uma distância de 10m da borda da estrada. Durante o processo, foi utilizado um decibímetro (SLM–Instrutemp ITDEC 4000, precisão 0.1dB) para medir a intensidade (dB) do ruído produzido pelo tráfego. Também foram medidas as distâncias de 50, 100 e 200m da margem da estrada apontando o decibímetro para ela. Todos os sons gravados nesse estudo foram obtidos usando o gravador portátil SONY PCM–D50 acoplado a um microfone unidirecional Sennheiser ME 67 equipado com *Windscreen* e fones de ouvido estéreo para monitorar as gravações. Posteriormente o software Audacity 2.1.1 foi utilizado para observar e editar os sons (em formato WAVE) de tráfego para os testes acústicos e montagem do *playback* para o experimento.

Experimento de estímulo acústico

Os estímulos foram construídos usando ruído de tráfego previamente gravados e medidos em campo, como descrito acima. As gravações usadas para o estímulo apresentaram faixa de frequência desde próximo a 0 (zero) Hz, até aproximadamente 15 kHz, com as maiores intensidades na faixa de 0 até 3 kHz, e frequência dominante (máxima energia) de 1125 Hz (Fig. 2B). Os estímulos de ruído foram divididos em três diferentes intensidades de tráfego: 55 dB (tratamento B1), 65 dB (tratamento B2) e 75 dB (tratamento B3), que representam a intensidade de ruído medida a 200 m, 100m e 50 m, respectivamente, da margem da estrada com passagem de veículos. As distâncias utilizadas se encaixam na realidade dos corpos de água encontrados nas proximidades de estradas no Rio Grande do Sul.

As reproduções sonoras seguiram o protocolo A-B-A proposto por McGregor *et al.* (1992), sendo programadas para a seguinte sequência: três minutos de pré-estímulo (A-silêncio), três minutos de tratamento ruído de tráfego (B1), três minutos de tratamento (B2), três minutos de tratamento (B3) e por último, três minutos de pós-estímulo (A-silêncio), totalizando 15 minutos de experimento de *playback*. Foram feitos seis diferentes gravações ordenando os tratamentos de ruído de tráfego em seis possíveis formas: silêncio-55dB-65dB-75dB-silêncio, silêncio-55dB-75dB-65dB-silêncio, silêncio-65dB-75dB-55dB-silêncio, silêncio-65dB-55dB-75dB-silêncio, silêncio-75dB-55dB-65dB-silêncio e silêncio-75dB-65dB-55dB-silêncio. Os tratamentos foram aleatorizados para cada indivíduo gravado e os níveis de reprodução foram ajustados em campo usando o SLV para reproduzir a intensidade observada e medida na estrada original.

Para cada indivíduo gravado foi implementado o seguinte procedimento: primeiramente, foi localizado o macho vocalizando; posteriormente foi posicionada uma caixa de som a uma distância de 1-4 m do animal e o microfone a 50 cm com inclinação, aproximadamente de 45°C do espécime

(Fig. 3). Finalmente, foi feita uma pausa de cinco a vinte minutos para que o macho vocalizando se acostumassem com o equipamento instalado e retomasse a atividade normal de canto antes do início das gravações. O alto-falante usado para o experimento foi escolhido pelas características de emitir o sinal de espectro de frequências do ruído do tráfego de estradas. A caixa de som usada (Oneal 360–12v), emite frequências de 10 Hz a 70 kHz e possui bateria interna com duração de até 24 h. Quando necessário, antes de cada experimento buscamos por machos vocalizantes até um metro do macho escolhido, e quando encontrados foram removidos dos arredores com intenção de evitar futura confusão na análise da gravação.

Após o experimento, cada indivíduo teve sua temperatura corporal medida (Termômetro infravermelho GM300, resolução 0.1°C) e foi manualmente capturado para posterior medição de sua massa corporal e comprimento rostro-cloacal (CRC). Os espécimes capturados foram mantidos em cativeiro em recipientes com vegetação e algodão molhado a temperatura ambiente por até quatro dias, evitando possíveis pseudo-réplicas. Ao final de cada período de experimentação os indivíduos gravados foram soltos nos seus respectivos corpos d'água. Todo processo experimental foi aprovado pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (RAN-ICMBIO-Autorização n° 52021-1), pela Comissão de Pesquisa (COMPESQ/IB/UFRGS) e pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFRGS).

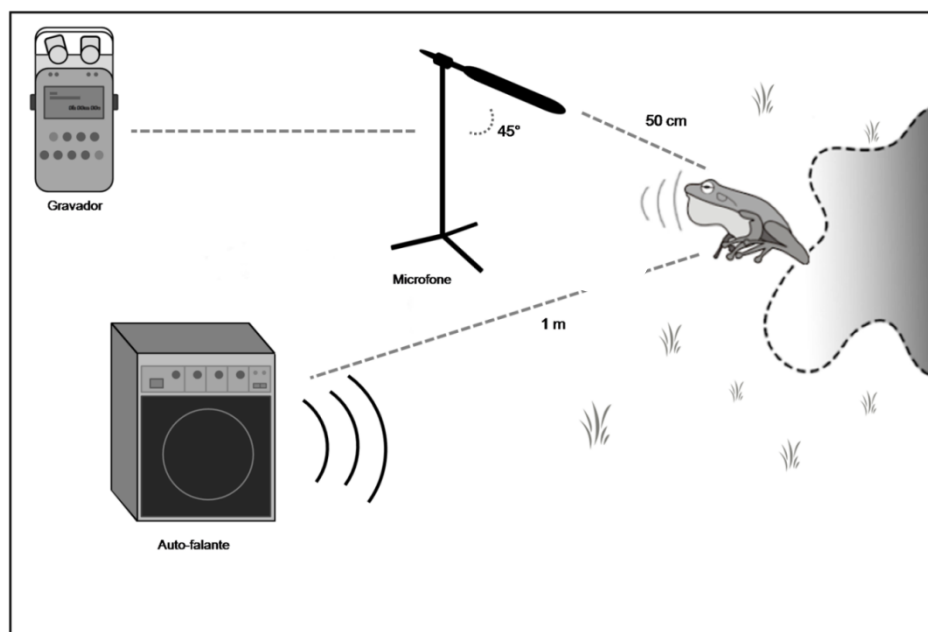


Figura 3. Modelo do experimento de estímulo acústico realizado em campo para coleta de dados dos cantos de anúncio da perereca-verde (*Hypsiboas marginatus*).

Análises acústicas

Usando o software Audacity 2.1.2, as gravações foram divididas em arquivos de 3 min cada, correspondendo aos períodos de pré-estímulo, os três estímulos e o pós-estímulo. Posteriormente, os cantos foram analisados usando o software Raven Pro 64 v1.5 beta para Windows (Bioacoustics Research Program 2016). Em cada arquivo de 3 min foi contabilizado o número de notas para calcular a taxa de notas (notas – 1)/min. Para todos os parâmetros, foram analisadas as notas A e B separadamente. Adicionalmente, em todos os arquivos foram medidos três parâmetros temporais e um parâmetro espectral das notas do canto de anúncio: Duração da nota (tempo entre o início e o final de cada nota) em segundos; Duração do pulso (tempo entre o início e o final de um pulso presente na nota) em segundos; Intervalo entre pulsos (intervalo entre dois pulsos consecutivos) em segundos; Frequência dominante (frequência na nota contendo maior energia) em kHz. Posteriormente, devido ao resultado obtido no intervalo entre pulsos, somente a nota B teve contabilizado os números de pulsos no intervalo de 0,2s por nota. Os parâmetros analisados seguem a descrição de Cocroft & Ryan (1995). Os parâmetros foram medidos após seleção aleatória de 10 notas de cada tipo. As notas medidas foram aleatorizadas no software Excel (função “randomizar entre”; Microsoft Excel 2010. Disponível em: <https://products.office.com/pt-BR/excel>).

Análises estatísticas

Para avaliar o efeito do ruído de tráfego nos parâmetros de canto de *H. marginatus* foi feita a análise *Permutational Multivariate Analysis of Variance Using Distance Matrices* com posterior comparação entre pares usando teste t (Anderson 2001). Considerando o tipo de estímulo, a ordem dos estímulos e individualmente os indivíduos. O tipo e período (A-B1-B2-B3-A) dos estímulos foram considerados fatores fixos e os indivíduos foram considerados em blocos. A hipótese nula é que quaisquer notas e/ou qualquer taxa de sinais seria emitida por um dado indivíduo em qualquer período e durante qualquer estímulo. Todas as análises e figuras foram feitas e construídas no software R v3.3.1 usando “Vegan: Community Ecology Package” (Oksanen *et al.* 2013); os oscilogramas e espectrogramas foram construídos usando o pacote Seewave (Sueur *et al.* 2008).

Resultados

Foram gravados 18 indivíduos, dos quais apenas nove emitiram cantos em todos os períodos. Durante as gravações em campo foi observada a locomoção de dois espécimes durante os estímulos, sendo que um se deslocou para o ramo da vegetação abaixo do sítio onde se encontrava e

o outro girou o corpo, de modo a cantar diretamente para a caixa de som; apesar disso, nenhum indivíduo abandonou o local durante o experimento.

Os dois tipos de notas foram emitidos por todos os espécimes em pelo menos algum período. O número de notas A (Fig. 4A) foi menos frequente que o de notas B, e não mostrou diferença entre períodos em nenhum dos parâmetros analisados ($p>0,05$). Por outro lado, entre as notas B (Fig. 4B) houve diferenças entre os tratamentos. Durante os estímulos houve decréscimo da taxa de notas por minuto ($p=0,048$). Enquanto que no período de silêncio (pré e pós-tratamento) a taxa média foi de 7,8 notas/min nas emissões de tráfego as médias caíram entre 5,8 a 6,2 (notas/min) (Tab. 1), sendo a menor durante o ruído de 65 dB. Além disso, houve diferença no intervalo de tempo entre os pulsos dentro da nota B (Fig. 4D). Durante os tratamentos houve aumento do intervalo entre pulsos ($p=0,003$) que quando posteriormente comparado com teste t pareado mostrou diferença ($p=0,029$) entre o silêncio (0,021s) e o estímulo de 65 dB (0,030s). Ainda nos parâmetros de nota B, o número médio de pulsos nas notas B também mostrou diferença ($p=0,019$), mostrando um decréscimo do silêncio (10,3 pulsos/0,2s) em relação aos estímulos de ruído (9,0 a 9,6 pulsos/0,2s), sendo a menor média no estímulo de 55 dB.

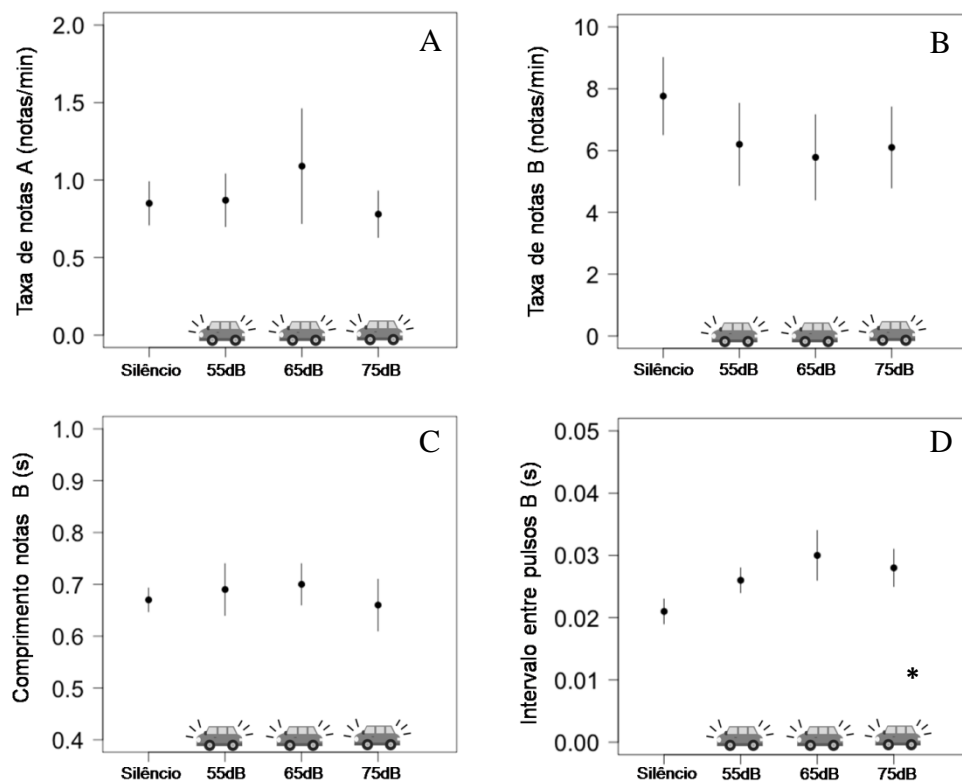


Figura 4. Efeitos principais (média e erro padrão) do tráfego de estradas, em três diferentes intensidades, nos parâmetros do canto da perereca-verde (*Hypsiboas marginatus*). * $p<0,05$.

Tabela 1. Efeito do estímulo acústico de veículos em estradas, a três diferentes intensidades, nos parâmetros temporais e espectrais do canto de anúncio de *Hypsiboas marginatus*. Média de cada parâmetro juntamente com erro padrão; *p<0,05.

Tratamento		Silêncios	55 dB	65 dB	75 dB
Taxa de notas A	(notas/min)	0,9 (0,1)	0,9 (0,2)	1,1 (0,4)	0,8 (0,1)
Taxa de notas B	(notas/min)	7,8 (1,3)	6,2 (1,3)	5,8 (1,4)	6,1 (1,3)
Duração nota A	(segundos)	0,6 (0,03)	0,6 (0,03)	0,6 (0,05)	0,6 (0,06)
Duração nota B	(segundos)	0,7 (0,02)	0,7(0,05)	0,7 (0,04)	0,7 (0,05)
Duração pulso A	(segundos)	0,03 (0,002)	0,03 (0,002)	0,03 (0,002)	0,03(0,001)
Duração pulso B	(segundos)	0,01 (0,001)	0,01 (0,001)	0,02 (0,001)	0,01 (0,001)
Intervalo entre pulsos A	(segundos)	0,035 (0,001)	0,036 (0,001)	0,034 (0,001)	0,039 (0,003)
Intervalo entre pulsos B	(segundos)	0,021 (0,003)	0,026 (0,002)	0,030 (0,004)*	0,028 (0,003)
Número de pulsos B	(pulsos/0,2s)	10,3 (0,9)	9,0 (0,7)	9,3 (0,8)	9,6 (0,6)
Frequência dominante A	(kHz)	1,8 (0,03)	1,8 (0,03)	1,8 (0,03)	1,8 (0,02)
Frequência dominante B	(kHz)	1,6 (0,02)	1,7 (0,02)	1,6 (0,03)	1,6 (0,02)

Discussão

As principais causas atuais de declínio da biodiversidade em todo o mundo são de origem antrópica, sendo a poluição sonora um problema que recebeu pouca atenção no passado. Contudo, é crescente o número de estudos mostrando os efeitos prejudiciais de ruídos antrópicos sobre os animais (Brumm 2010). Pellet *et al.* (2004) observaram que a relação entre a densidade de superfícies urbanizadas – incluindo estradas – é inversa à ocorrência de algumas espécies de anuros vocalizando. Apesar disso, poucos estudos tentam explicar os mecanismos por trás desse padrão, e o quanto é consequência do efeito de mascaramento do ruído sobre a vocalização.

A comunicação depende da transmissão, detecção e compreensão de sinais, de modo que em anuros o ruído pode ter vários tipos de efeitos sobre as espécies, principalmente quando a interferência do ruído de fundo tem um efeito de mascaramento na sinalização da espécie. A partir disso, é esperado que espécies que cantam no mesmo espectro de frequência de algum ruído possam sofrer um maior efeito sobre sua comunicação (Vargas-salinas *et al.* 2014; Schwart & Bee 2013). A interferência causada pelo ruído do tráfego de estradas parece perturbar a comunicação dos anuros em duas vias: a supressão das atividades de canto dos machos e a redução da habilidade das fêmeas em localizar os machos (Bee & Swanson 2007).

No nosso trabalho, ocorreu o reposicionamento de dois espécimes enquanto estavam sob estímulos de ruído. Apesar da movimentação, não houve suspensão da vocalização. Casos de

movimentações durante estímulos também foram relatados em estudos de *Hypsiboas bischoffi*, *H. leptolineatus* e *H. arborea*, entretanto, esses indivíduos tentaram se afastar da fonte de ruído e até mesmo cessaram os cantos (Caorsi *et al.* in prep.; Lengagne 2008). Isto pode ser indicativo que, em algumas espécies, o ruído afeta diretamente a seleção de habitat (Herrera-montes & Aide 2011). No entanto, testar este efeito não era um objetivo deste trabalho e nosso desenho amostral não permite uma melhor compreensão dessa relação.

Os nossos resultados com *Hypsiboas marginatus* mostraram decréscimos significativos na taxa de notas B quando a espécie é exposta aos estímulos de tráfego de estradas; o menor valor medido (decréscimo de 25,6% em comparação ao silêncio) foi no tratamento das máximas de 65 dB que representa a distância de 100m da margem de estrada. Outros estudos também mostraram redução na taxa de sinal em diversas espécies de Hylidae, Microhylidae e Ranidae quando expostas a diferentes fontes de ruído (avião, motocicleta e tráfego de estrada)(Cunnington & Fahrig 2010; Lengagne 2008; Sun & Narins 2005; Vargas-salinas *et al.* 2014). No Brasil, experimentos com estímulos de tráfego reproduzidos por alto-falante foram realizados em outras duas espécies de Hylidae, um com sobreposição espectral do canto com o ruído, *H. bischoffi* e uma sem, *H. leptolineatus*. Assim como no nosso trabalho, foi observado um decréscimo significativo na taxa de canto de *H. bischoffi* em mais de 60% quando sob reproduções acústicas de 65 e 75 dB, enquanto que em *H. leptolineatus* não houve alteração (Caorsi *et al.* in prep.). A queda da taxa de sinais pode estar associada à escolha do melhor momento para emissão sonora pelos machos, ou seja, a seleção do momento em que seu sinal é mais propenso a transmissão e detecção, de modo a não cantar quando o ruído do ambiente está desfavorável (Sun & Narins 2005; Caorsi *et al.* in prep.).

Até o momento, além da taxa de sinal, poucos estudos testaram o efeito do ruído antropogênico sobre outros parâmetros temporais e espectrais. Nesse estudo foi testado o efeito do tráfego de estradas para uma série de parâmetros do canto de anúncio da espécie. Apesar de não ter sido observada diferença na frequência dominante de *H. marginatus*, alguns estudos anteriores relataram alteração na frequência dominante em outras espécies com sobreposição de frequência do canto com o ruído de tráfego, uns pelo aumento da frequência (Cunnington & Fahrig 2010; Parris *et al.* 2009; Barrass 1985) e outros pela diminuição (Lukanov *et al.* 2014; Parris *et al.* 2009). A frequência é um parâmetro que sofre influência do meio devido à absorção, filtragem e ruído de fundo, de modo que afeta a transmissão do sinal acústico e a comunicação (Forrest 1994). Outra estratégia comum em diversos animais – inclusive anuros – para reduzir o efeito de mascaramento é aumentar a amplitude do sinal em resposta ao aumento da intensidade do ruído de fundo (Halfwerk *et al.* 2015; Shen & Xu 2016). Os anuros compartilham ambientes acústicos e adquiriram

estratégias como a emissão do canto em diferentes frequências e a emissão sincronizada com as lacunas temporais de outras fontes emissoras (Narins 1995; Wells 2008), evitando o problema do efeito de mascaramento. Essas estratégias podem estar relacionadas com as diferentes alterações já observadas em várias espécies quando expostas ao ruído antropogênico.

Os parâmetros obtidos nesse estudo mostraram diferenças significativas no intervalo entre os pulsos das notas B, sendo o intervalo maior entre o silêncio e o estímulo de 65 dB. Além disso, o menor número de pulsos durante os estímulos parece explicar como o intervalo entre pulsos mudou sem alterar a duração média das notas. Em apenas um estudo foi observada alteração na duração do canto, na espécie *Incilius valliceps* (Bufonidae) que ocorre em ambientes abertos (Kaiser *et al.* 2010). A resposta dos machos de *H. marginatus* aos estímulos, reduzindo a quantidade das notas e dos pulsos no canto, poderia alterar suas chances de reprodução, uma vez que, os parâmetros espectrais e temporais analisados nesse estudo são muito importantes na seleção e na localização do macho vocalizante pelas fêmeas (Forrest 1994; Gerhardt & Schwartz 2001). Além disso, apesar de muitas espécies terem desenvolvido mecanismos para redução dos efeitos de mascaramento do canto, não há garantia do seu sucesso reprodutivo. De modo que, apesar da perereca-verde ser uma espécie adaptada a viver em ambientes normalmente ruidosos devido ao som do córrego dos riachos, esse estudo mostra que podem estar suscetíveis a outros tipos de mascaramento, como o de tráfego de estradas.

A função do canto em alguns anuros também pode atuar além da comunicação, como em espécies que os machos vocalizam por longos períodos de tempo com as fêmeas no mesmo habitat, os cantos parecem estimular a produção de hormônios nas fêmeas, mantendo sua condição reprodutiva (Wells 2008). Em fêmeas grávidas de *Alytes muletensis*, foi observado que apenas as fêmeas estimuladas com o canto coespecífico continuaram a manter e amadurecer seus óvulos, enquanto que as mantidas em silêncio ou as estimuladas com cantos heteroespecíficos reabsorveram (Lea *et al.* 2001). Em estudo com as fêmeas da espécie *Hyla chrysoscelis* foi observado que quando expostas ao ruído de tráfego houve aumento na latência da resposta e diminuições na orientação para o sinal dos machos (Bee & Swanson 2007). Sabe-se que o ruído acústico de fundo geralmente reduz a capacidade do receptor em decodificar uma mensagem (Bradbury & Vehrencamp 1998). Ainda não é bem compreendido se as alterações nos parâmetros do canto auxiliam na transmissão e detecção desses sinais, e se, de fato, aumentam as chances de acasalamento das espécies em ambientes com ruídos antrópicos.

Nesse estudo o estímulo que causou mais alterações nos cantos de anúncio de *H. marginatus* foi o de 65 dB (equivalente a 100 m da margem da estrada) enquanto que o estímulo de 55 dB

(equivalente a 200 m da margem da estrada) - apesar de cair em alguns parâmetros (como número de pulsos nas notas B) - separadamente não teve nenhum valor significativo, sugerindo que, pelos menos, até 100 m os efeitos de mascaramento têm grande impacto sobre a comunicação acústica da espécie.

Os resultados adquiridos a partir do experimento de estímulo acústico na comunicação de *Hypsiboas marginatus* parecem esclarecer algumas questões relacionadas ao efeito do ruído do tráfego na comunicação em anuros: (i) A espécie emite sons de baixa frequência, sujeitos a mascaramento, apresentando alteração dos parâmetros de canto relacionada à intensidade do ruído e, conseqüentemente, às distâncias hipotéticas de corpos d'água para a estrada (55dB-200m; 65dB-100m; 75dB-50m); (ii) O estímulo equivalente a 200m não conduziu nenhuma alteração significativa no comportamento da espécie, indicando uma distância mínima a sugerir para a implementação de infraestruturas causadoras de ruído. Sugerimos que novos estudos adotem desenhos amostrais que possam refinar este limiar de efeito, a partir desta distância; (iii) O fato da espécie ter alterado sua taxa de notas e um parâmetro temporal de canto (intervalo entre pulsos) sugere que pode haver efeitos sobre o seu sucesso reprodutivo. Assim, a possível estratégia de aguardar o melhor momento para emitir seus cantos pode se tornar ineficaz em uma rodovia de fluxo constante de carros, o que poderia ter conseqüências negativas para a população. Portanto, novos estudos com anuros precisam ser realizados para melhor compreender como as alterações induzidas pelos ruídos antropogênicos afetam machos e fêmeas, seja na fisiologia, no comportamento e na escolha dos companheiros, aumentando assim a contribuição para definição de estratégias para a redução dos impactos sonoros.

Agradecimentos

Agradecimentos ao prof. Dr. Márcio Borges-Martins pela orientação, a MSc. Valentina Zaffaroni Caorsi pela paciência na co-orientação e ser minha parceira de quase todas as saídas; a Prof^a Dra. Maria João Veloso Da Costa Ramos Pereira e a MSc. Camila Ineu Medeiros por aceitarem ser banca desse trabalho; a Natália Dallagnol Vargas, Miron Mauricio Ferreira e Barbara Vicentini pelas ajudas em campo; a FLONA SPF juntamente com a gestora Edenice e o pessoal que trabalha lá; Ao instituto de biociências-UFRGS que auxiliou com o carro quando possível; Ao Instituto Chico Mendes De Conservação Da Biodiversidade (ICMBio) pela autorização dos experimentos(No. 42411-1); a UFRGS pela bolsa de pesquisa (BIC UFRGS); e o Explorers Club (New York, USA) pelo auxílio financeiro aos equipamentos e atividades de campo.

Referências

- Anderson, M.J. (2001) Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. 639, 626–639.
- Anon (IUCN Red List. Available from:
<http://www.iucnredlist.org/initiatives/amphibians/analysis/red-list-status> (February 16, 2016).
- Bee, M.A. & Swanson, E.M. (2007) Auditory masking of anuran advertisement calls by road traffic noise. *Animal Behaviour* 74, 1765–1776.
- Brumm, H. (2010) Anthropogenic Noise : Impacts on Animals. *Encyclopedia of Animal Behavior* 1, 89–93.
- Ceballos, G., García, A. & Ehrlich, P.R. (2010) The Sixth Extinction Crisis Loss of Animal Populations and Species. *Journal of Cosmology* 8, 1821–1831.
- Cocroft, R.B. & Ryan, M.J. (1995) Patterns of advertisement call evolution in toads and chorus frogs. , 283–303.
- Cunnington, G.M. & Fahrig, L. (2010) Plasticity in the vocalizations of anurans in response to traffic noise. *Acta Oecologica* 36, 463–470.
- Dodd Jr, C.K. (2009) *Amphibian Ecology and Conservation. A Handbook of Techniques. Techniques in Ecology & Conservation*. Oxford.
- Feng, A.S., Narins, P.M., Xu, C., Lin, W., Yu, Z., Qiu, Q. & Xu, Z. (2006) Ultrasonic communication in frogs. *Nature* 440, 1–4.
- Forrest, T.G. (1994) From Sender to Receiver: Propagation and Environmental Effects on Acoustic Signals. *American Society of Zoologists* 34, 644–654.
- Garcia, P.C.A., Vinciprova, G. & Haddad, C.F.B. (2001) Vocalização, girino, distribuição geográfica e novos comentários sobre *Hyla Marginata* Boulenger, 1887 (Anura, Hylidae, Hylinae). , 1–19.
- Goutte, S., Dubois, A. & Legendre, F. (2013) The Importance of Ambient Sound Level to Characterise Anuran Habitat. *PLOS ONE* 8.
- Halfwerk, W., Lea, a. M., Guerra, M. a., Page, R. a. & Ryan, M.J. (2015) Vocal responses to noise reveal the presence of the Lombard effect in a frog. *Behavioral Ecology* 0, arv204.

- Herrera-montes, M.I. & Aide, T.M. (2011) Impacts of traffic noise on anuran and bird communities.
- Hollén, L.I. & Radford, A.N. (2009) The development of alarm call behaviour in mammals and birds. *Animal Behaviour* 78, 791–800.
- Hoskin, C.J. & Goosem, M.W. (2010) Road Impacts on Abundance , Call Traits , and Body Size of Rainforest Frogs in Northeast Australia. *Ecology and Society* 15.
- Kaiser, K., Scofield, D.G., Alloush, M., Jones, R.M., Marczak, S., Martineau, K., Oliva, M.A. & Narins, P.M. (2010) When sounds collide : the effect of anthropogenic noise on a breeding assemblage of frogs in Belize , Central America. , 215–232.
- Kwet, A., Lingnau, R. & Di-Bernardo, M. (2010) *Pró-mata: Anfíbios da Serra Gaúcha do Brasil - Amphibien der Serra Gaúcha, Südbrasilien - Amphibians of the Serra Gaúcha, South of Brazil*. 2nd ed. ediPUCRS, Tübingen.
- Lea, J., Dyson, M. & Halliday, T.I.M. (2001) Calling by male midwife toads stimulates females to maintain reproductive condition. *Animal Behaviour* 61, 373–377.
- Lengagne, T. (2008) Traffic noise affects communication behaviour in a breeding anuran , *Hyla arborea*. *Biological Conservation* 141.
- Loh, J., Goldfinger, S., Bourne, G., Atkin, M., Mcrae, L., Ewing, B., Moran, D. & Backer, W. De (2008) LIVING PLANET REPORT 2008.
- Lukanov, S., Simeonovska-nikolova, D. & Tzankov, N. (2014) Effects of traffic noise on the locomotion activity and vocalization of the Marsh Frog , *Pelophylax ridibundus*. 10, 359–364.
- McGregor, P.K., Dabelsteen, T., Shepherd, M. & Pedersen, S.B. (1992) The signal value of matched singing in great tits : evidence from interactive playback experiments. *Animal Behaviour* 43, 987–998.
- Mcgregor, P.K., Horn, A.G., Leonard, M.L. & Thomsen, F. (2013) 2 Animal Signals and Communication 2 *Animal Communication and Noise*. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-41494-7>.
- Narins, P.M. (1990) Seismic in Communicati Anuran Amphibians White-lipped frogs thump the ground as they chirp. *BioScience* 40, 268–274.
- Narins, P.M. (1995) Frog Communication. *Scientific American*.

- Nogueira, S.S.C., Pedroza, J.P., Nogueira-filho, L.G. & Tokumaru, R.S. (2012) The Function of Click Call Emission in Capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). *Ethology* 118, 1001–1009.
- Parris, K.M., Velik-Lord, M. & North, J.M.A. (2009) Frogs Call at a Higher Pitch in Traffic Noise. *Ecology and Society* 14.
- Pellet, J., Guisan, A. & Perrin, N. (2004) A Concentric Analysis of the Impact of Urbanization on the Threatened European Tree Frog in an. *Conservation Biology* 18, 1599–1606.
- Reby, D., Joachim, J. & Aulagnier, S. (1999) Spectral acoustic structure of barking in roe deer (Capreohs capeohs). *Académie des sciences* 322, 271–279.
- Rheindt, F.E. (2003) The impact of roads on birds : Does song frequency play a role in determining susceptibility to noise pollution ? *Journal für Ornithologie* 144, 295–306.
- Shen, J. & Xu, Z. (2016) The Lombard effect in male ultrasonic frogs : Regulating antiphonal signal frequency and amplitude in noise The Lombard effect in male ultrasonic frogs : Regulating antiphonal signal frequency and amplitude in noise. *Nature Publishing Group*.
- Stuart, S.N., Hoffmann, M., Chanson, J., Cox, N., Berridge, R., Ramani, P. & Young, B. (2008) *Threatened Amphibians of the World*. Lynx Edici. IUCN, Gland, Switzerland; and Conservation International, Atlington, Virginia, USA.
- Sun, J.W.C. & Narins, P.M. (2005) Anthropogenic sounds differentially affect amphibian call rate. *Biological Conservation* 121, 419–427.
- Vargas-salinas, F., Cunnington, G.M., Amézquita, A. & Fahrig, L. (2014) Does traffic noise alter calling time in frogs and toads ? A case study of anurans in Eastern Ontario , Canada. *Urban Ecosyst* 17, 945–953.
- Vié, J.-C., Hilton-taylor, C. & Stuart, S.N. (2008) *Wildlife in a changing world - An Analysis of the 2008 Red List of Threatened Species*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Wells, K. (2008) *The ecology and behavior of amphibians*. The University of Chicago Press, Chicago.