



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS MORRINHOS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO *Stricto Sensu* EM AMBIENTE E SOCIEDADE

GRAZIELE ALVES CAMPOS

INFLUÊNCIA DO RUÍDO URBANO SOBRE A VOCALIZAÇÃO DE *Sporophila nigricollis* (AVES: THRAUPIDAE) NA ÁREA URBANA DE MORRINHOS, GO

Morrinhos, GO

2016

GRAZIELE ALVES CAMPOS

INFLUÊNCIA DO RUÍDO URBANO SOBRE A VOCALIZAÇÃO DE *Sporophila nigricollis* (AVES: THRAUPIDAE) NA ÁREA URBANA DE MORRINHOS, GO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Ambiente e Sociedade, da Universidade Estadual de Goiás como parte dos pré-requisitos para obtenção do título de Mestre em Ambiente e Sociedade.

Orientador: Prof. Dr. Rafael de Freitas Juliano

Morrinhos, GO

2016

GRAZIELE ALVES CAMPOS

INFLUÊNCIA DO RUÍDO URBANO SOBRE A VOCALIZAÇÃO DE *Sporophila nigricollis* (AVES: THRAUPIDAE) NA ÁREA URBANA DE MORRINHOS, GO

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sociedade da Universidade Estadual de Goiás, para a obtenção do grau de Mestre, aprovada em ____ de _____ de _____, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Rafael de Freitas Juliano
Presidente da Banca
Universidade Estadual de Goiás

Prof. Dr. Carlos Barros de Araújo
Membro Externo
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Marcos Antônio Pesquero
Membro Interno
Universidade Estadual de Goiás

Dedico esta dissertação aos meus avós Antônio Lino Campos e Dalva Alves Borges que de tudo fizeram por nossa família e assim permitiram que hoje eu estivesse aqui buscando novas conquistas e ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder a dádiva da vida e guiar os meus caminhos até este momento tão especial.

Aos meus pais, Arnaldo de Araújo Campos e Renilda Alves Borges Campos, que dedicaram suas vidas a guiar meus passos e me ensinar o valor do conhecimento e da busca pelo aperfeiçoamento, sobretudo do espírito. Obrigada por me conceder oportunidade de estudar e me apoiar com suas sábias palavras em todos os momentos. Ao meu irmão Carlos Alberto Alves Campos, meu grande companheiro e incentivador de todos os passos, agradeço seus conselhos e ajuda nos momentos de desespero com as leis da física e número enlouquecedores. Amo vocês!

Ao meu namorado, noivo, amigo e conselheiro Bruno Nunes Neves que sempre apoiou minhas decisões e se desdobrou para ajudar em todas as etapas da minha vida acadêmica, com certeza você também tem grande responsabilidade nessa conquista. Obrigada por ouvir, aconselhar e muitas vezes apenas me acalmar. Se prepare para o doutorado! Agradeço também à sua família por ter me acolhido e me hospedado possibilitando meu primeiro ano de curso.

Aos amigos Alisson Vinicius Pereira, Gabriella Aguiar Batista e Wélida Flávio Santos Almeida, agradeço pelo apoio, companheirismo crescente e latente, todos os conselhos e principalmente todos os momentos de lazer que dedicaram à nossa amizade. Com certeza sem vocês não teria sido tão maravilhoso chegar até aqui.

Ao meu orientador e amigo, Rafael de Freitas Juliano, ao qual chamo de pai devido a todos os anos dedicados ao crescimento acadêmico de seus alunos. Te agradeço por tudo que me ensinou, por toda a paciência e calma que dedicou as nossas reuniões, pelo incentivo e principalmente por acreditar em mim desde o terceiro ano da graduação. Você é um exemplo do que quero me tornar nos próximos anos. Agradeço também à sua esposa e filhos que tão gentilmente me acolheu e fez com que eu realmente me sentisse parte da família.

Aos colegas do Núcleo de Estudos em Ornitologia e Bioacústica (NEOB). Juliana, Laísa Marianne, Mateus e Paula, coletas com vocês é uma experiência inexplicável. Sentirei saudades!

Aos colegas da primeira turma do PPGAS que compartilharam suas histórias, seus medos e anseios e deram apoio para que eu conseguisse chegar até aqui. Especialmente Hayala Katarine D. R. Alves, Ana Paula da Costa Oliveira e Susana Sardinha Beker, obrigada por tudo que fizeram por mim na vida acadêmica e pessoal. Vocês são incríveis!

Aos professores do Programa de Pós Graduação *Strictu sensu* em Ambiente e Sociedade que muito contribuíram para minha formação seja nas disciplinas seja nas conversas e reuniões do colegiado. Com toda certeza levarei boas lembranças e muitos ensinamentos de todos vocês.

RESUMO

O crescimento demográfico acelerado em cidades brasileiras levou a um intenso processo de urbanização, que tem efeitos negativos para diversos grupos animais que habitam esses locais. Algumas características das áreas urbanas afetam aspectos fundamentais da sobrevivência de aves, sendo o ruído produzido pelas atividades humanas um dos fatores de forte influência negativa para sua biologia. Nesse estudo buscou-se avaliar as estratégias utilizadas por uma espécie de ave comum em áreas urbanas do Brasil, o coleiro-baiano (*S. nigricollis*) para evitar o mascaramento e otimizar a transmissão do seu canto. Foram gravadas vocalizações espontâneas de machos de *S. nigricollis* em 60 pontos da área urbana de Morrinhos (GO). A intensidade do ruído ambiental (dB) foi medida em todos os pontos logo após o momento da gravação. As sílabas dos cantos dos coleiros-baianos em locais mais ruidosos foram mais agudas, os cantos apresentaram menor quantidade de trinados e maior quantidade de sílabas exclusivas. Os indivíduos apresentaram repertórios individuais menores e plasticidade da frequência de um tipo de sílabas. Nossos dados sugerem que as estratégias empregadas para aumentar a frequência do canto foram a simplificação do repertório, a plasticidade da frequência (ajuste a longo prazo) e a modulação da frequência em tempo real (ajuste a curto prazo). Esses resultados sugerem que os machos de *S. nigricollis* alteram os componentes do canto com o aumento do ruído, além de auxiliar no entendimento do sucesso dessa ave em área urbana.

Palavras-chave: bioacústica; urbanização; plasticidade comportamental; adaptação acústica; plasticidade da frequência.

ABSTRACT

The rapid population growth in Brazilian cities has led to an intense process of urbanization, which has negative effects on various animal groups that inhabit these environments. Some characteristics of urban areas affect essential aspects of bird survival, and the noise produced by human activities has strong negative influences in their biology. In this study we sought to investigate the strategies used by a species of bird common in urban areas of Brazil, the Yellow-bellied seedater (*S. nigricollis*) to avoid and song masking and optimize transmission. Spontaneous vocalizations of males *S. nigricollis* were recorded at 60 points of the urban area of Morrinhos (GO). The intensity of environmental noise (dB) was measured at every point just after each recording. Males sang song with had higher minimum frequencies in noisiest areas, the songs also had less trills and more unique syllables in the noisiest areas. Males also had smaller individual repertoires and plasticity of the frequency of one type of syllable. Our data suggests that strategies employed to adjust the song were simplification of the repertoire, plasticity of frequency (long-term adjustment) and modulation of frequency in real time (short-term adjustment). These results suggest that males of *S. nigricollis* change song components with increased noise, as well as help in understanding the success of this bird in urban areas.

Key words: Bioacoustic; urbanization; behavioral plasticity; acoustic adaptation; plasticity of frequency.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Geral	12
2.2 Específicos	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 Espécie modelo	13
4.2 Área de estudo e coleta de dados	14
4.3 Medidas dos cantos e construção do catálogo de sílabas	16
4.4 Medidas de ruído	18
4.5 Análise de dados	18
4.6 Uso diferencial de sílabas	19
4.7 Plasticidade de frequência das sílabas	19
4.8 Modulação do canto em tempo real em resposta a mudanças bruscas no nível de ruído urbano	20
4.9 Diversidade do repertório e ruído urbano	20
5 RESULTADOS	23
5.1 Ruído urbano	23
5.2 Vocalização de <i>Sporophila nigricollis</i>	23
5.3 Vocalização de <i>Sporophila nigricollis</i> e o ruído urbano	24
6 DISCUSSÃO	28
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
APÊNDICES – Catálogo de sílabas	39

1 INTRODUÇÃO

A urbanização é uma tendência atual dominante na demografia e parte fundamental no processo de transformação da terra (GRIMM *et al.*, 2000). O processo de urbanização consiste na conversão de habitats naturais em espaços altamente modificados, porém a consolidação desses espaços envolve extensa fragmentação do ambiente e conseqüente aumento do efeito de borda (MOLLER, 2009). Essas áreas urbanas possuem iluminação artificial, são mais quentes, poluídas, com grande parte do solo pavimentado e vegetação geralmente escassa e composta por espécies exóticas (SLABBEKOORN; RIPMEESTER, 2007). O ambiente alterado apresenta um mosaico de espaços com diferentes usos para a população e apresenta diversas características físicas específicas da paisagem urbana, permeado por áreas verdes geralmente desconectadas incluindo parques, jardins e áreas de lazer (BREUSTE; NIEMELÄ; SNEP, 2008; DAVIS; TAYLOR; MAJOR; 2012).

Um efeito característico do crescimento demográfico e desenvolvimento urbano é o aumento da intensidade do ruído proveniente das atividades humanas (DOWLING; LUTHER. MARRA, 2011). Todos os ambientes possuem ruídos, porém o ambiente urbano apresenta ruídos conspícuos, diferente do ambiente natural (SLABBEKOORN; RIPMEESTER, 2007). Essas fontes de ruído podem ser veículos motorizados, indústrias, obras de construção civil e atividades recreativas (SLABBEKOORN, 2013). O ruído pode ser qualquer fator que impeça ou prejudique a detecção de um sinal acústico e/ou limite a distância a que um som possa ser ouvido (BRUMM; SLABBEKOORN, 2005; DOWLING; LUTHER. MARRA, 2011).

O canto é o principal instrumento de comunicação das aves, sendo utilizado na atração e escolha de parceiros para reprodução, defesa de território e do bando, entre outras ações (CATCHPOLE; SLATER, 2008; SLABBEKOORN, 2013). O ruído antropogênico compreende principalmente frequências graves, com sua energia diminuindo em direção as frequências agudas, sobrepondo-se facilmente às frequências dos cantos das aves (LUTHER; DERRYBERRY, 2012; BERMÚDEZ-CUAMATZIN *et al.*, 2009). Contudo, a seleção natural promove mecanismos de adaptação para evitar o mascaramento dos sons e aumentar a eficácia na transmissão de mensagens (SLABBEKOORN, 2004).

O ruído é capaz de afastar espécies de aves de um ambiente mesmo quando esse local apresenta recursos satisfatórios para a sobrevivência (McCLURE *et al.*, 2013). Por exemplo, Wiacek *et al.* (2015) observaram este fenômeno registrando menos espécies em uma área próxima a uma rodovia. O ruído cria uma nova pressão seletiva sobre as espécies que utilizam

sinais sonoros para se comunicar, selecionando aquelas que conseguem se adaptar ao ruído e sobreviver nas áreas urbanas (SLABBEKOORN; PEET, 2003).

Dentre os principais efeitos negativos do ruído urbano sobre a comunicação e o comportamento das aves estão o abandono de ninhos (BARTON; HOLMES, 2007), a redução da ocupação do ambiente (FERNÁNDEZ-JURICIC, 2000), o retardo da procriação juntamente com a menor alocação de energia para postura dos ovos, diminuição dos cuidados maternos (HALFWERK *et al.*, 2011), diminuição da atividade de forrageamento (em detrimento de maior vigilância) (SLABBEKOORN; RIPMEESTER, 2007), além do mascaramento dos cantos (BARBER, CROOKS, FRISTRUP, 2009; SLABBEKOORN; PEET, 2003; SLABBEKOORN; RIPMEESTER, 2007).

Algumas espécies usam sua plasticidade vocal como estratégia para adaptar o seu canto à alta intensidade de ruído (BRUMM, 2004). Nesse sentido, alguns estudos mostram diferentes tipos de adaptações e consequências do ruído sobre o canto das aves, como o aumento da frequência mínima (BERMÚDEZ-CUAMATZIN *et al.*, 2010; HU; CARDOSO, 2010; PARRIS; SCHNEIDER, 2009), frequência dominante (PARRIS; SCHNEIDER, 2009), frequência máxima (FRANCIS; ORTEGA; CRUZ, 2011), e a diminuição da duração (LUDBROOK, 2015; MCCARTHY *et al.*, 2013).

Em se tratando de frequência mínima, podemos citar duas estratégias que podem ser utilizadas para alcançar essa adaptação: o uso diferencial de sílabas onde, a ave exposta a ambientes ruidosos seleciona sílabas de frequência mais alta (ajuste a longo prazo; NEMETH *et al.*, 2016) e a plasticidade da frequência das sílabas, onde a ave usa os mesmos tipos de sílabas, porém com frequência mínima mais elevada em ambientes mais ruidosos (BERMÚDEZ-CUAMATZIN *et al.*, 2009; HALFWERK; SLABBEKOORN, 2009).

O repertório de um indivíduo também pode ser influenciado pelo ruído. O repertório pode ser definido como o conjunto de sílabas que produz um conjunto de cantos variáveis em cada indivíduo (FRANCO; SLABBEKOORN, 2009), podendo influenciar diretamente no sucesso reprodutivo da espécie (POTVIN *et al.*, 2015). As condições de ruído do ambiente podem moldar o repertório baseando-se na variação do tipo de canto de acordo com o ruído (SLABBEKOORN; den BOER-VISSER, 2006). Entretanto o ruído pode inviabilizar alguns tipos de canto do indivíduo reduzindo assim os cantos com potencial de transmissão e comunicação com parceiros e invasores (HALFWERK; SLABBEKOORN, 2009)

A espécie escolhida como modelo para analisar a influência do ruído urbano sobre o seu canto foi o coleiro-baiano *Sporophila nigricollis* (Thraupidae). A escolha de *S. nigricollis* para

esse trabalho foi devido a sua distribuição relativamente homogênea na área de estudo (PEREIRA, 2012, PEREIRA, 2016 no prelo), sua presença durante todo o ano na cidade, ao dimorfismo sexual, que facilita a identificação dos machos, além de possuir comportamento vocal intenso na estação reprodutiva. Ademais, os estudos sobre o comportamento e vocalização da espécie em áreas urbanas são escassos, sendo então um campo de estudo vasto com muito conhecimento a ser gerado (DIAS, 2013; RÍOS-CHELÉN *et al.*, 2012). Os machos de *S. nigricollis* são observados vocalizando em Morrinhos (GO) principalmente na estação chuvosa (outubro a março).

A pesquisa sobre fauna urbana é um campo promissor e cada vez mais presente em diversos estudos (MAGLE *et al.*, 2012). O ruído antropogênico é um problema típico das cidades e, na grande maioria das situações, está acima do nível permitido pela legislação em relação à saúde pública (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987). Devido ao forte efeito desse tipo de ruído sobre a vocalização de várias espécies de aves, como constatado em diversos trabalhos, procurou-se compreender como uma espécie comum e abundante (*S. nigricollis*) se adapta frente a esse tipo de interferência antrópica.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a variação estrutural, temporal e do repertório do canto de machos *Sporophila nigricollis* frente a diferentes níveis de ruído na área urbana de Morrinhos, GO.

2.2 Específicos

- 1 – Identificar quais atributos do canto de *S. nigricollis* variam significativamente ao longo de um gradiente de ruído na área de estudo.
- 2 – Determinar se existe variação na frequência mínima dos cantos e, se sim, qual a estratégia utilizada pelos machos de *S. nigricollis* para esta adaptação, uso diferencial de sílabas ou plasticidade do tom.
- 3 – Verificar se existe modulação da frequência mínima do canto em tempo real frente a mudanças bruscas na intensidade do ruído urbano.

4 – Analisar se ocorre degradação do repertório devido a condições de altos níveis de ruído urbano.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Espécie modelo

O gênero *Sporophila* é composto por 40 espécies (BURNS; UNITT; MASON, 2016) de pequeno porte, com as cores cinza, preto, branco, ferrugem e castanho predominando na plumagem, sendo que a maioria das espécies do gênero apresenta dimorfismo sexual e canto complexo (ROVEDDER, 2011; SCHAUEENSE, 1952). Possuem hábito alimentar especialista, sendo granívoras e com comportamento territorial principalmente na estação reprodutiva, onde o canto é utilizado primordialmente para defesa do território e manutenção da ligação com a fêmea (ALDERTON, 1961).

Sporophila nigricollis mede aproximadamente 11 cm de comprimento, apresenta forte dimorfismo sexual, sendo que os machos possuem bico acinzentado, oliva por cima e coroa preta que compreende a face, garganta e papo, e o peito amarelado e as fêmeas possuem coloração parda e bico preto (Figura 1). *Sporophila nigricollis* é uma espécie beneficiada pela introdução de gramíneas exóticas como a braquiária (*Brachiaria decumbens*), podendo ser observada consumindo insetos; seu bico pequeno em relação a outras espécies do gênero sugere consumo de sementes mais macias e por isso pode realizar pequenas migrações na estação seca em busca de alimento (SICK, 1997; SILVA, 2009). Segundo Silva (2009), a espécie é generalista em relação à ocupação de diversas fitofisionomias, sendo comum em áreas urbanas e adaptada a uma gama de variações ambientais. Em Morrinhos (GO) a espécie tem distribuição relativamente uniforme na área urbana (PEREIRA, 2012; PEREIRA, 2016 no prelo). É uma espécie Oscine, apresentando capacidade de aprendizagem do canto (DIAS, 2013; RÍOS-CHELÉN *et al.*, 2012)

Figura 1. Macho (A) e fêmea (B) de *Sporophila nigricollis*.



Fonte: A - Rafael de Freitas Juliano; B – Alisson Vinicius Pereira.

4.2 Área de estudo e coleta de dados

O estudo foi realizado na área urbana de Morrinhos, localizado no sul do estado de Goiás (17°30'05" a 18°06'11" S e 48°48'49" a 49°27'42" W), que possui as atividades de agricultura e pecuária como as principais contribuintes para a economia do município (PESQUERO; TEIXEIRA-FILHO; JUNQUEIRA, 2012, SILVA 2006). O município exhibe clima do tipo tropical úmido sazonal, com duas estações bem definidas, uma chuvosa (novembro a março) e outra seca (abril a agosto) (PESQUERO; TEIXEIRA-FILHO; JUNQUEIRA, 2012). Segundo o IBGE (2016), a população estimada do município no ano de 2015 foi de 44.607 pessoas, sendo que o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2016) mostrou que 86,7% da população total do município é residente da área urbana.

A malha urbana ocupa uma área aproximada de 2.846,196 km² e apresenta altitudes que variam de 600 a 900 m (SILVA, 2006). A cidade apresenta poucos prédios de mais de dois andares; a arborização das áreas residenciais é variável, pois alguns bairros apresentam arborização mais densa e, em outros, a paisagem é praticamente desprovida de árvores. Em toda a cidade há um predomínio de espécies vegetais exóticas como o oiti (*Licania tomentosa*) e o chorão (*Salix babilonica*). No centro da cidade encontra-se o maior aglomerado comercial e maior tráfego de veículos e pessoas (SILVA, 2006), além de uma grande quantidade de palmeiras.

Segundo Juliano *et al.* (2012), a área urbana de Morrinhos está em contato com duas reservas florestais com vegetação remanescente da vegetação nativa do local, são elas a mata do clube recreativo da Associação Atlética do Banco do Brasil e o Parque Natural de Morrinhos,

porém Rocha (2011) afirma que mais de 70% da vegetação nativa do município já foi desmatada. A periferia da cidade é cercada de áreas agrícolas com pivôs centrais e pastagem. A área residencial está em franca expansão, portanto em alguns bairros observa-se grande quantidade de lotes vazios com predomínio de gramíneas.

As vocalizações espontâneas de machos de *S. nigricollis* foram gravadas nos meses de novembro e dezembro de 2014 e janeiro de 2015 em 60 pontos da área urbana de Morrinhos, com diferentes níveis de urbanização (Figura 2). Utilizou-se gravador Tascam DR-100 acoplado a um microfone direcional Rode-NTG 2[®]. Os pontos foram marcados com GPS Garmin Etrex 20[®] e são distantes com raio mínimo de 300m entre si, evitando assim o registro do mesmo indivíduo mais de uma vez. Essa distância confere uma área bem maior que a registrada para o território de outras espécies do gênero *Sporophila* como *S. melanogaster* (~0,27 ha) (ROVEDDER, 2011), *S. beltoni* (~1,41 ha) (REPENNING; FONTANA, 2013), *S. falcirostris* (~0,03 ha) (ARETA *et al.*, 2013). Embora não tenhamos medido os territórios dessa população, existem evidências de que aves urbanas possuem territórios reduzidos (GLIWICZ; GOSZCZYNSKI; LUNIAK, 1994).

As gravações ocorreram durante a estação chuvosa, quando os machos da espécie têm maior atividade vocal (JULIANO *et al.*, 2012), entre 6 e 13 horas. O observador com o gravador se aproximou o máximo possível da ave até cinco metros da mesma. Frequentemente encontrou-se indivíduos vocalizando em locais com grande fluxo de pedestres e veículos, sugerindo que o comportamento da ave não é alterado devido à aproximação dos pesquisadores (obs. pessoal). Nas gravações em que mais de um indivíduo cantava nas imediações, foi feita distinção através da plumagem (sempre que possível) e considerado apenas um indivíduo para análise.

Figura 2. Mapa da área urbana de Morrinhos (GO) indicando os pontos amostrais.

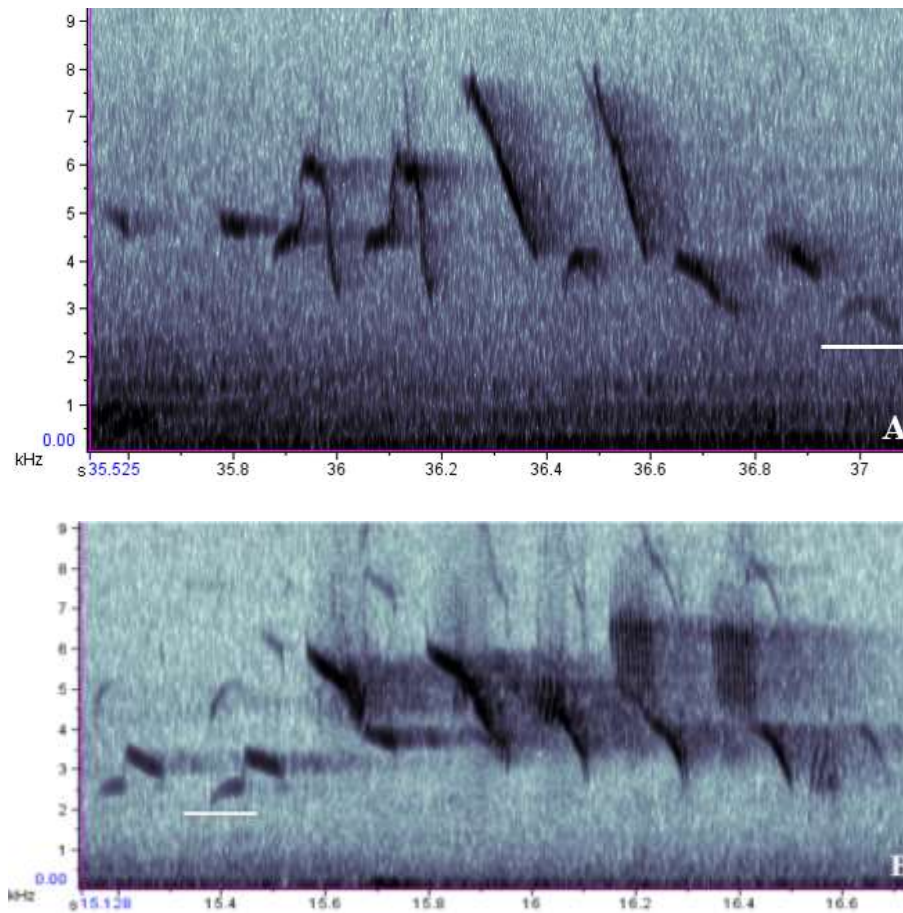


Fonte: Google Earth Pro.

4.3 Medidas dos cantos e construção do catálogo de sílabas

Os cantos foram analisados através de espectogramas gerados no programa Raven Pro™, versão 1.4 (Cornell Laboratory of Ornithology; comprimento FFT: 512; tamanho do quadro: 132%; janela Hamming, a resolução de frequência: 217 Hz; resolução temporal: 0,9 ms), onde mediu-se a frequência mínima (Hz), a frequência máxima (Hz), a frequência dominante (Hz) e a duração (s) de cada sílaba e cada canto (parâmetros definidos na Tabela 1). As medidas foram feitas sempre pela mesma pessoa (Figura 3). A construção do catálogo de sílabas foi realizada por dois pesquisadores. Uma sílaba é considerada como um traço único em um sonograma ou vários traços separados por pelo menos 0,02 s e que aparecem sempre juntos (MUNDINGER, 1975). Esperava-se que houvesse elevação da frequência mínima, frequência máxima e frequência dominante e diminuição da duração das sílabas do canto do coleiro-baiano com o aumento da intensidade do ruído urbano.

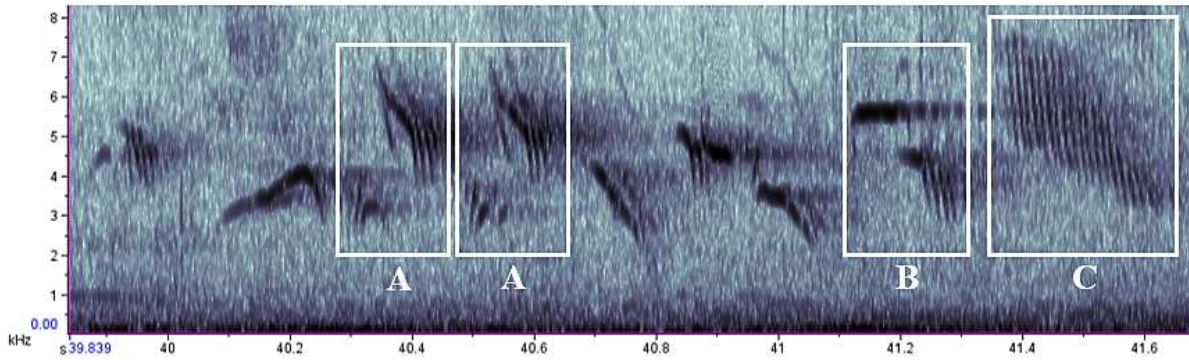
Figura 3. Exemplos de dois cantos de *Sporophila nigricollis* gravados em situação de alto (A) e baixo (B) nível de ruído. Esta figura exemplifica como é possível medir de maneira confiável a frequência mínima nos cantos mesmo em situações de ruído.



Fonte: Raven Pro™, versão 1.4 (Cornell Laboratory of Ornithology), 2016.

As sílabas do catálogo foram classificadas e agrupadas quanto a sua forma. Seguindo a metodologia de Pytte (1997), as sílabas com variações discretas foram compiladas em grupos distintos enquanto as sílabas com variações contínuas foram colocadas no mesmo grupo (Figura 4). Dessa forma, se a sílaba teve uma variação na largura da banda de frequência, mas não modificou seu formato, foi considerada como sendo do mesmo tipo.

Figura 4. Exemplo de variação contínua (A, A) e discreta (B, C).



Fonte: Raven Pro™, versão 1.4 (Cornell Laboratory of Ornithology), 2016.

4.4 Medidas de ruído

A medida do ruído ambiental foi realizada logo após a gravação do canto do indivíduo utilizando o método de Bermúdez-Cuamatzin *et al.* (2009), que consiste no registro do ruído a aproximadamente 2m do solo com a utilização de um tripé para a alocação do decibelímetro e realização de cinco medidas em cada ponto com duração de 5 minutos, onde cada direção foi medida por 1 minuto (norte, sul, leste, oeste e em direção ao céu). A direção de início da medição foi aleatória. As medidas foram feitas com um decibelímetro Extech 40773® (precisão de ± 2 dB com resolução de 0,1 dB). Foi calculada uma mediana das 5 medições de ruído de cada ponto.

4.5 Análise de dados

Utilizou-se testes paramétricos quando os dados apresentaram distribuição normal. A normalidade dos dados foi verificada através do teste de Anderson-Darling. As análises foram realizadas no programa Minitab 17 (© 2013 Minitab Inc.).

A relação entre as médias da frequência mínima, da frequência máxima e da frequência dominante das sílabas do canto de *S. nigricollis* com o ruído urbano foram analisadas através de testes de correlação linear de Spearman (r_s) para dados não-normais.

Para considerar se houve modulação dos atributos do canto em tempo real utilizou-se o teste de Wilcoxon, comparando-se o mesmo canto em momentos de ruído intenso e em momento com ruído menor, geralmente momentos onde veículos passaram no momento da gravação.

Para corrigir os testes múltiplos nas comparações de atributos dos cantos dos machos de *S. nigricollis* aplicou-se a correção de Taxa de Falsas Descobertas (FDR) de Benjamini-Hochberg. A correção FDR é necessária para se manter o poder estatístico do teste que seria perdido quando realizados testes múltiplos identificando as comparações verdadeiramente significativas (PIKE, 2011). Este tipo de correção reduz a probabilidade de erro tipo I devido à comparação simultânea (BENJAMINI; HOCHBERG, 1995).

4.6 Uso diferencial de sílabas

Para verificar se o coleiro-baiano faz uso diferencial das sílabas de acordo com o nível de ruído, classificamos as sílabas em sílabas de altas frequência (SAF) e sílabas de baixa frequência (SBF), considerando se a média do tipo de sílabas estava acima ou abaixo da média geral das sílabas. A frequência mínima média dos tipos de sílabas foi calculada obtendo-se a média de cada tipo de sílaba por indivíduo e, em seguida, calculando-se a média das frequências mínimas de cada tipo de sílaba de cada indivíduo. A partir dessas médias obtivemos a média global das sílabas para comparação e avaliação do uso diferencial das sílabas. Nossa hipótese é que os machos de *S. nigricollis* fazem uso diferencial de sílabas mediante o aumento da intensidade de ruído.

4.7 Plasticidade de frequência das sílabas

Espera-se que o coleiro-baiano utilize os mesmos tipos de sílabas em ambientes silenciosos e ruidosos, porém com frequência mínima superior no segundo caso (plasticidade de frequência das sílabas). Para determinar se *S. nigricollis* apresenta esta adaptação, comparou-se o mesmo tipo de sílaba de indivíduos gravados em pontos com diferentes níveis de ruído. Devido à grande diversidade de sílabas existente no repertório de *S. nigricollis*, selecionou-se os seis tipos de sílabas mais comuns entre os 60 indivíduos gravados, isto é, sílabas compartilhadas por, no mínimo, 30% dos indivíduos.

Primeiramente, selecionamos todos os indivíduos que compartilhavam cada tipo de sílaba selecionado. Em seguida, emparelhamos esses indivíduos começando com o ponto de menor ruído com o de maior ruído, e então o próximo menor com o próximo maior, etc. A comparação foi realizada a fim de maximizar a variância da variável diferença do ruído (independente), sendo que cada indivíduo foi utilizado apenas uma vez evitando pseudoreplicação (BERMÚDEZ-CUAMATZIN *et al.*, 2009). Analisamos as sílabas

compartilhadas pelos indivíduos de cada par e calculamos as diferenças pareadas (*pairwise differences*) entre a frequência mínima das mesmas. Calculou-se ainda a diferença pareada entre o ruído do ponto de gravação de cada indivíduo dos pares para que fosse possível correlacionar a diferença do nível de ruído com a diferença das frequências mínimas das sílabas compartilhadas por cada par. Quando um número ímpar de indivíduos compartilhava a mesma sílaba retirou-se o indivíduo com a menor repetição da sílaba dentro da gravação. Adicionalmente, para confirmar o resultado desses pares, foi aplicado com todas as combinações de pares possíveis, o teste de Mantel, que evita o problema da dependência parcial nas matrizes (MANLY, 2006). A estatística *r* do teste de Mantel foi calculada utilizando-se um procedimento de randomização Monte Carlo com 9999 permutações no programa PAST (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

4.8 Modulação do canto em tempo real em resposta a mudanças bruscas no nível de ruído urbano

A hipótese da plasticidade da frequência das sílabas inclui a modulação em tempo real, que ocorre a curto prazo e apenas no momento de um pico de ruído no ambiente, sendo assim, é esperado que haja modulação da frequência mínima das sílabas em tempo real. Aproveitamos os momentos das gravações onde houveram picos momentâneos provocados por veículos motorizados ou máquinas para realização dessa análise. Selecionamos cantos com a mesma composição de sílabas, um produzido no momento do pico de ruído e outro no momento de baixo ruído. Encontramos essa situação em 29 gravações e utilizamos apenas um tipo de canto por indivíduo.

4.9 Diversidade do repertório e ruído urbano

É esperado que ocorra uma diminuição dos elementos do canto de *S. nigricollis* com o aumento da intensidade do ruído urbano (simplificação do repertório) (POTVIN; PARRIS, 2012). Para verificar se existe simplificação do repertório de *S. nigricollis* com o aumento da intensidade de ruído, analisamos a relação entre a versatilidade, a taxa de sílabas, o número de trinados e o tamanho do repertório dos indivíduos e a intensidade do ruído urbano (Tabela 1), através da comparação das diferenças pareadas (*sensu* GEBERZAHN; AUBIN, 2014). Espera-se que haja redução da versatilidade e do repertório individual havendo o uso de sílabas com

melhor transmissão em ambiente ruidoso (LUDBROOK, 2015). Além disso prevemos o aumento da taxa de sílabas com o aumento da intensidade do ruído, pois o aumento da repetição do canto aumenta a possibilidade do canto ser produzido em momento de baixo ruído e ser melhor transmitido (BRUMM; SLATER, 2006).

A fim de analisar se existe correlação entre a proporção de trinados produzidos por um indivíduo e o nível de ruído do ambiente, selecionou-se as sílabas consideradas como trinados (grupo dos “chiados” e “riscos” no catálogo de sílabas; Apêndice I) e calculamos a proporção desse tipo de sílaba para cada macho gravado e correlacionamos com o nível de ruído do ambiente. Trinados são sílabas que demandam grande quantidade de energia para serem produzidas e são de alta importância na seleção sexual, pois demonstram a qualidade genética e saúde do macho (VEHRENCAMP *et al.*, 2013), porém podem ser muito influenciadas pelo ruído (LUDBROOK, 2015). Então esperamos que haja uma redução do número de trinados produzidos em locais com maior intensidade de ruído, pois são sílabas muito influenciadas pelo ruído urbano (POTVIN; PARRIS, 2012).

Para analisar se existe relação entre o número de sílabas exclusivas de cada indivíduo e a intensidade do ruído urbano, selecionou-se os machos que possuíam sílabas exclusivas e mensuramos o número desse tipo de sílaba na gravação. Sílabas exclusivas ou individuais são sílabas produzidas por apenas um indivíduo que podem ser utilizadas no reconhecimento individual de parceiros ou vizinhos. A quantidade dessas sílabas exclusivas em uma população pode informar qual a variação individual dentro da mesma podendo ser utilizado para otimizar a comunicação (LUDBROOK, 2015). Esperamos que o número de sílabas exclusivas aumente com o aumento do ruído já que a intensidade do ruído é bastante heterogênea na área de estudo.

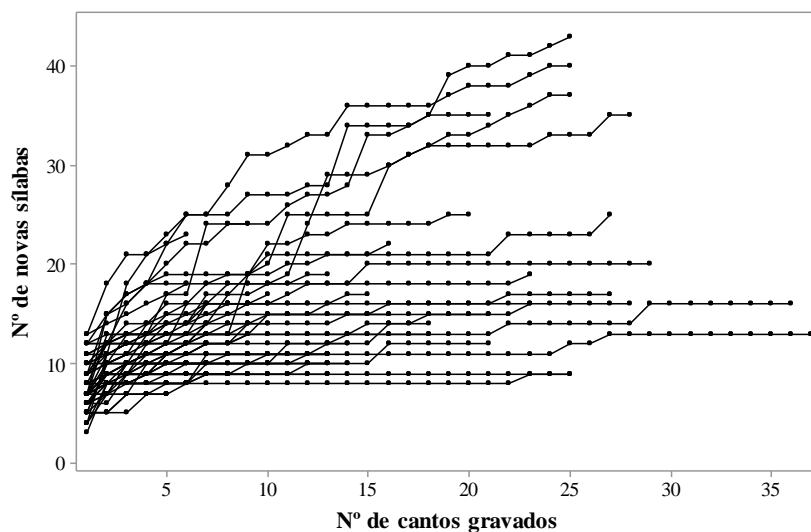
Tabela 1. Definição dos parâmetros das sílabas e dos cantos completos de *Sporophila nigricollis* utilizados nas análises.

Parâmetros do canto	Definição
Duração do canto/sílabas	Tempo a partir do início até o fim de um canto completo ou de uma sílaba
Frequência mínima (Hz)	A menor medida de frequência de um canto ou sílaba
Frequência máxima (Hz)	A maior medida de frequência de um canto ou sílaba
Largura de banda de frequência (Hz)	Frequência mínima subtraída da frequência máxima
Frequência dominante (Hz)	Frequência que possui a maior emissão de energia dentro de uma seleção de canto ou sílaba
Proporção de trinados	Porcentagem de trinados de cada indivíduo
Versatilidade	Número de tipos de sílabas por minuto
Taxa de sílabas	Número de sílabas por minuto
Repertório individual	Número total de tipos de sílabas diferentes de cada indivíduo
Sílabas exclusivas	Número de sílabas exclusivas de cada indivíduo

Fonte: da autora (2016).

Para todas as análises de repertório (proporção de trinados, as sílabas diferentes, exclusivas e totais), foram analisados 34 dos 60 indivíduos gravados, baseando-se no critério de que foram gravados pelo menos 11 cantos. Os machos que tiveram menos de onze cantos gravados foram excluídos das análises de repertório. O critério de seleção de indivíduos com 11 ou mais cantos foi escolhido pois este número de cantos é o necessário para amostrar satisfatoriamente o repertório dos machos de *S. nigricollis* (Figura 5). Uma média de 88,74% do total de sílabas são produzidas nos 11 primeiros cantos.

Figura 5. Número de novas sílabas produzidas em cantos sucessivos. Os pontos marcam os cantos e as linhas o aumento do repertório dos indivíduos.



Fonte: da autora (2016).

O número de novas sílabas produzidas está correlacionado com o número de cantos quando analisamos todos os cantos de todos os indivíduos (regressão linear: $R^2=23,6$; $p<0,001$). Quando analisamos a mesma correlação após os 11 primeiros cantos, a relação permanece significativa (regressão linear: $R^2=1,6$; $p=0,018$) e quando se analisa esta correlação após os 12 primeiros cantos a relação deixa de ser significativa (regressão linear: $R^2=0,7$; $p=0,132$). Isto sugere que o número de novas sílabas aumenta até o 11º canto, posteriormente a diversidade de sílabas não aumenta significativamente (PYTTE, 1995).

5 RESULTADOS

5.1 Ruído urbano

O ruído urbano foi caracterizado principalmente por veículos motorizados e máquinas de construção civil. A intensidade do ruído nos pontos de gravação variou entre 45,18 dB e 87,86 dB. A média de intensidade do ruído dos pontos foi 60,45 dB.

5.2 Vocalização de *Sporophila nigricollis*

Um total de 259 tipos de sílabas foram descritos. A média de tipos de sílabas por indivíduo da amostra é de $15,7 \pm 8,10$ e a média de tipos de sílabas por canto é de $8,05 \pm 2,45$. A

média da duração dos cantos dos machos gravados é de $1,73 \pm 0,44$ (s). A média da frequência mínima dos cantos é $2238,9 \pm 282,9$, variando entre 5946,1 e 1385,3 (Hz). E a frequência máxima é $7678,4 \pm 656,9$ com variação entre 10909,60 e 2803,50 (Hz).

5.3 Vocalização de *Sporophila nigracollis* e o ruído urbano

Constatou-se ainda que em locais com intensidade de ruído maior, a frequência mínima das sílabas do canto de *S. nigracollis* é mais alta (Tabela 2, Figura 6), entretanto a frequência dominante e a frequência máxima das sílabas não estão relacionadas com a intensidade do ruído (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros do canto dos machos de *Sporophila nigracollis* na área urbana de Morrinhos, GO.

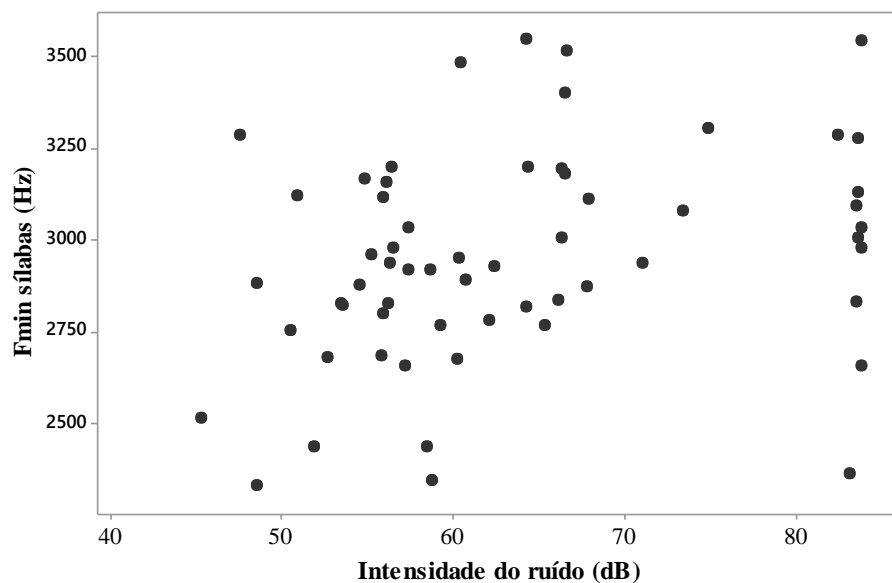
Parâmetros das sílabas	N	r_s	P	p'
F_{\min} vs ruído	60	0,35	0,006	0,018*
F_{dom} vs ruído	60	0,25	0,053	0,079*
$F_{\text{máx}}$ vs ruído	60	-0,03	0,815	0,815

Legenda: * Valores significativos, $p < 0,05$; F_{\min} – Frequência mínima; $F_{\text{máx}}$ – frequência máxima; F_{dom} – frequência dominante. r_s – regressão de Spearman; p' – Valores de p corrigidos pelo FDR.

Fonte: da autora (2016).

O uso de sílabas de alta frequência (SAF) não foi correlacionado com a intensidade do ruído urbano ($N=60$; $r_s = 0,11$; $p=0,404$). A duração dos cantos dos machos também não foi relacionada com maior intensidade de ruído ($N=17$; $r_s = -0,404$; $p=0,107$), assim como versatilidade dos indivíduos (Tabela 3). Entretanto, foi observada influência do ruído sobre o repertório individual dos machos de *S. nigracollis* e a quantidade de sílabas exclusivas (Figura 7; Figura 8; Tabela 3). A proporção de trinados produzidos pelos machos é menor em locais com maior intensidade de ruído urbano (Tabela 3, Figura 9).

Figura 6. Relação a intensidade do ruído e a frequência mínima das sílabas do canto de *Sporophila nigricollis* na área urbana de Morrinhos, GO.



Fonte: da autora (2016).

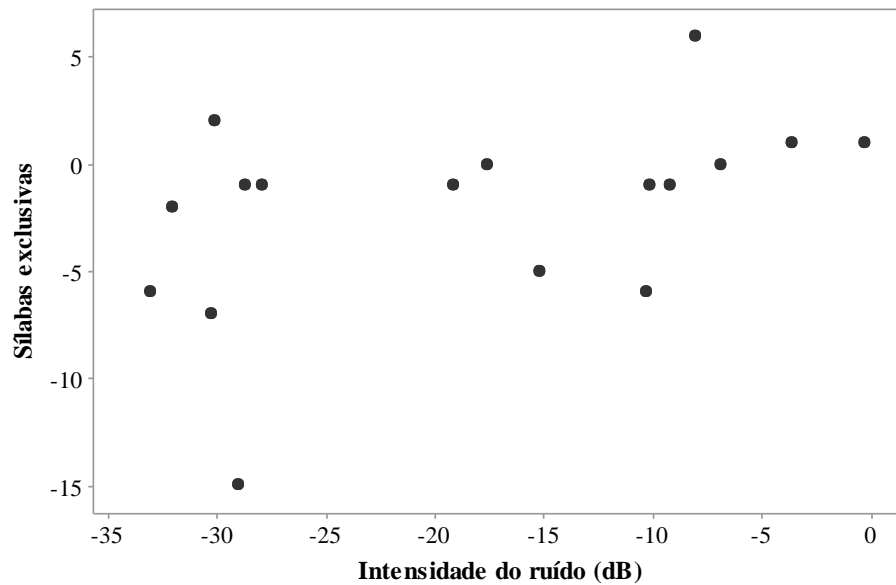
Tabela 3. Parâmetros do repertório dos machos de *Sporophila nigricollis*.

	N	r_s	P	p'
Trinado vs Ruído	60	0,278	0,031	-
Duração vs Ruído	17	-0,404	0,107	0,214
Repertório individual vs Ruído	17	-0,519	0,033	0,049*
Versatilidade vs Ruído	17	0,262	0,309	0,309
Sílabas exclusivas vs Ruído	17	0,578	0,015	0,045*
Taxa de sílabas vs Ruído	17	-0,042	0,874	0,874

* Valores significativos, $p < 0,05$. r_s – regressão de Spearman; p' – Valores de p corrigidos pelo FDR.

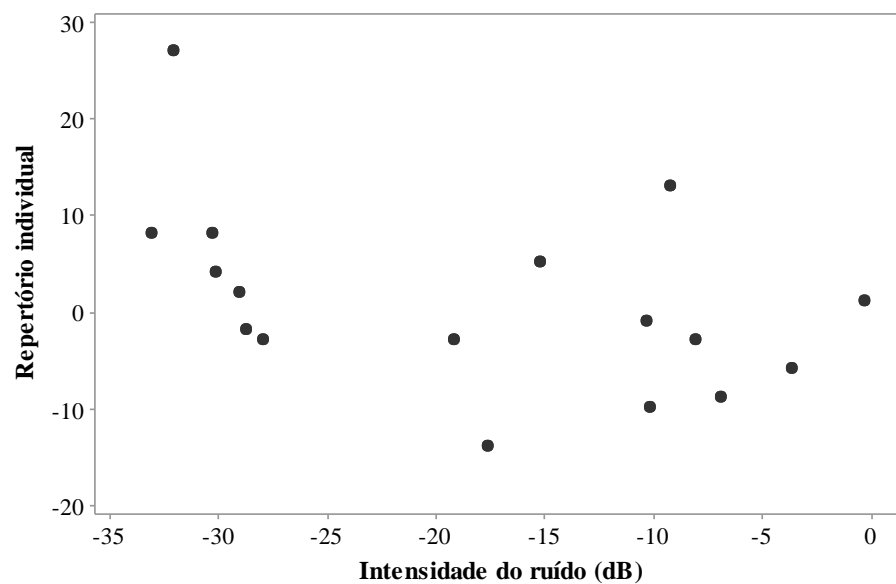
Fonte: da autora (2016).

Figura 7. Relação entre a quantidade de sílabas exclusivas dos machos de *Sporophila nigricollis* e a intensidade do ruído urbano.



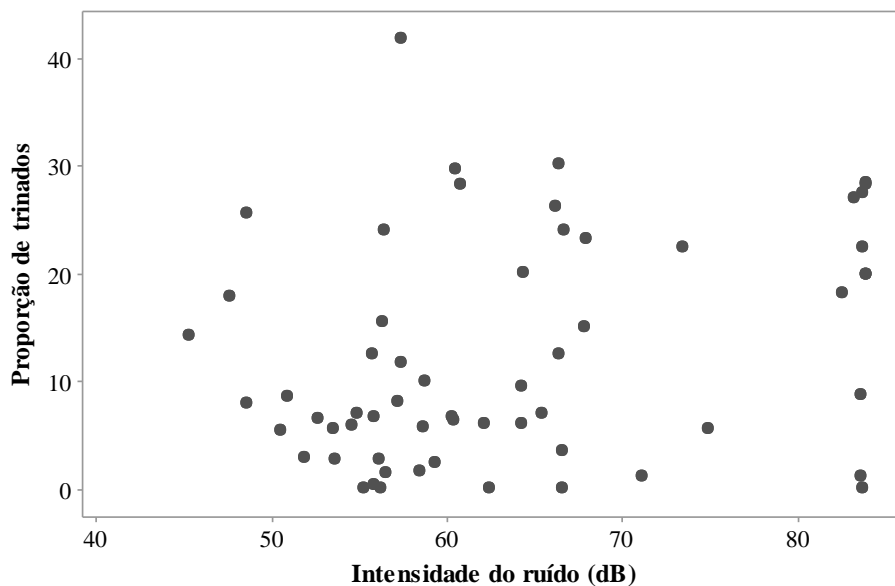
Fonte: da autora (2016).

Figura 8. Relação entre o repertório individual dos machos de *Sporophila nigricollis* e a intensidade do ruído urbano.



Fonte: da autora (2016).

Figura 9. Relação entre a proporção de trinados dos machos de *Sporophila nigricollis* e a intensidade do ruído urbano.



Fonte: da autora (2016).

As sílabas mais comuns no repertório dos indivíduos amostrados foram: AS09 (51,67%), PE03 (43,33%), FE06 (38,33%), MI04 (36,67%), CH01 (35%) e AS12 (33,33%). Entretanto, foi observada relação entre as diferenças da intensidade do ruído e as diferenças das frequências mínimas apenas da sílaba CH1 e PE03 (Tabela 4). Esse resultado foi confirmado com o resultado do teste de Mantel para ambas ($p < 0,05$).

Em situações de aumentos súbitos na intensidade de ruído, como por exemplo a passagem de um automóvel, constatou-se que os machos aumentam a frequência mínima das sílabas do canto ($N=29$; $W=31784,5$; $p < 0,001$; Figura 10), porém não foi observada a mesma relação entre a frequência dominante e o ruído urbano ($N=29$; $W=20595,0$; $p=0,652$).

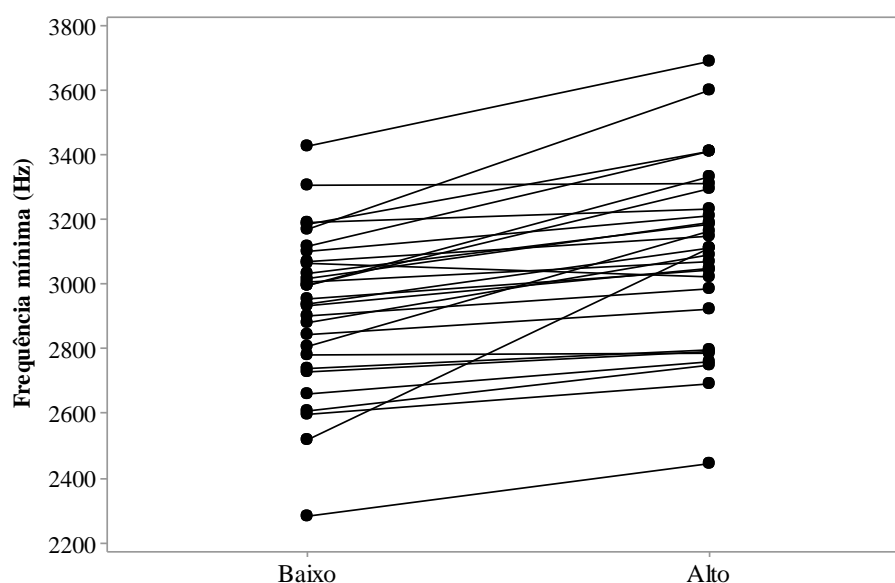
Tabela 4. Relação entre a diferença da frequência mínima das sílabas comuns do repertório de *Sporophila nigricollis* e a diferença da intensidade do ruído urbano.

Sílaba	N	r_s	P
CH01	10	0,721	0,018*
AS09	15	0,339	0,216
AS12	11	0,382	0,276
FE06	11	0,055	0,873
PE03	12	0,632	0,021*
MI04	11	0,254	0,450

* Valores significativos, $p < 0,05$; r_s – regressão de Spearman.

Fonte: da autora (2016).

Figura 10. Frequência mínima emitida pelos machos de *Sporophila nigricollis* em momento de alto ruído (alto) e baixo ruído (baixo).



Fonte: da autora (2016).

6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos sugerem que os machos de *S. nigricollis* ajustam seus cantos mediante o gradiente de ruído da área urbana de Morrinhos, GO. Vários estudos mostram espécies a frequências mínimas maiores do canto na presença de ruído urbano como *Turdus merula* (MENDES; COLINO-RABANAL; PERIS, 2011a); *Carpodacus mexicanus* (BERMÚDEZ-CUAMATZIN *et al.*, 2010); *Parus major* (HALFWERK; SLABBEKOORN;

2009; SLABBEKOORN; RIPMEESTER, 2007); *Melospiza melodia* (WOOD; YEZERINAC, 2006) e *Zosterops lateralis* (POTVIN; PARRIS; MULDER, 2010).

A elevação da frequência mínima das sílabas do canto de *S. nigricollis* demonstra a inovação do canto citada por Moller (2009), como um dos aspectos responsáveis pela sobrevivência de aves no ambiente urbano. O coeficiente de correlação encontrado entre a frequência mínima média do canto de *S. nigricollis* e a intensidade do ruído urbano é baixo ($r=0,354$), porém é semelhante ao encontrado por Ríos-Chelén *et al.* (2012) ($r=0,35$) e Dias (2013) ($r=0,33$) em Brasília. O canto de *S. nigricollis* é tipicamente agudo, levando a uma menor sobreposição do canto com o ruído urbano (DIAS, 2013; HALFWERK *et al.*, 2011; HU; CARDOSO, 2009).

Hu e Cardoso (2010) afirmam que os níveis mais altos de ruído estão relacionados a locais com nível de urbanização mais avançados. A correlação entre o ruído urbano e os parâmetros do canto é um indicativo de adaptação às condições ambientais (MENDES; COLINO-RABANAL; PERIS, 2011a; NEMETH; BRUMM, 2010), pois estes ruídos podem interferir na transmissão de sinais sonoros entre as aves devido ao mascaramento do canto (BARBER, CROOKS, FRISTRUP, 2009; SLABBEKOORN; PEET, 2003; SLABBEKOORN; RIPMEESTER, 2007), podendo, assim, ser o estimulador da modulação da frequência mínima das sílabas do canto dos machos de *S. nigricollis*.

Porém, além do mascaramento do canto, os altos níveis de ruído urbano podem exercer outras consequências sobre as aves como o afugentamento das espécies (WIACEK *et al.*, 2015; McCLURE *et al.*, 2013) e maior necessidade de combates físicos entre os indivíduos competidores, reduzindo ainda mais a atratividade dos machos (SLABBEKOORN; RIPMEESTER, 2007). Hall; Kingma e Peters (2013) encontraram ainda correlação negativa entre a frequência mínima do canto e o tamanho corporal, sendo assim indivíduos menores possuem frequência mínima do canto mais altas. Sendo assim, frequências mínimas mais elevadas indicam menor tamanho corporal do macho, podendo prejudicar a seleção sexual quando um macho precisa elevar a frequência mínima do seu canto.

A aprendizagem ou a plasticidade do canto permite que a ave possa ter uma melhor adaptação às condições acústicas do habitat. Assim, *S. nigricollis* como outras espécies de Oscines, tem maior capacidade de deslocar sua afinação para adaptar o canto às condições de ruído do ambiente (RÍOS-CHELÉN *et al.*, 2012). O aumento da frequência mínima do canto sugere uma adaptação para evitar o mascaramento do canto pelo ruído urbano que atinge a mesma faixa de frequência (SLABBEKOORN, PEET, 2003).

Como esperado, a frequência dominante e a frequência máxima do canto de *S. nigricollis* não sofreram alterações com o aumento da intensidade de ruído urbano. Slabbekoorn e den Boer-Visser (2006), Ludbrook (2015) e Potvin, Parris e Mulder (2010) também não encontraram relação entre a frequência dominante do canto e o ruído. Parris e Schneider (2009) encontraram um resultado contrário estudando *Colluricincla harmonica*, porém afirmam que mesmo com a elevação da frequência dominante o efeito do ruído sobre o canto não é completamente superado.

Assim como, Slabbekoorn e den Boer-Visser (2006), Ludbrook (2015) e Mendes, Colino-Rabanal e Peris (2011b) também não encontraram alteração da frequência máxima dos cantos de *Parus major*, *Prosthemadera novaeseelandiae* e *Troglodytes musculus*, respectivamente. Entretanto, Francis; Ortega e Cruz (2011), comparando duas espécies de aves, mostraram que, tratando-se da frequência máxima dos cantos, a alteração ocorre dependendo das características do ambiente e da espécie. McCarthy *et al.* (2013) confirmam que este tipo de alteração pode ser uma adaptação para melhorar a transmissão do sinal sonoro. De modo similar, sugerimos *S. nigricollis* não altera a frequência máxima do seu canto, devido a intensidade de ruído da área de estudo não exigir tal otimização para transmissão do canto ou outras estratégias serem mais adequadas para tal finalidade.

Além da modulação de frequência, as aves podem selecionar alguns tipos de sílabas que têm melhor transmissão no ambiente em que estão inseridas (POTVIN; PARRIS, 2012; SLABBEKOORN; den BOER-VISSER, 2006). Os machos de *S. nigricollis* não selecionam sílabas com frequência mínima mais alta em ambientes mais ruidosos. Nemeth *et al.* (2012) encontraram resultado contrário analisando o canto de *Turdus merula*, afirmando que essa estratégia apresenta como consequência, além da diminuição do mascaramento do canto, o aumento do volume do mesmo.

A taxa de sílabas e a versatilidade não foram influenciados pela intensidade do ruído urbano. Brumm e Slater (2006) encontraram resultado antagônico em estudo com *Fringilla coelebs* que aumentou a taxa de sílabas em ambientes com maior intensidade de ruído. Aumentando a repetição de um canto ou de uma série de sílabas a ave aumenta a probabilidade de uma das repetições ocorrer em um momento de ruído mais baixo e, assim, aumenta a probabilidade de sucesso na transmissão (BRUMM; SLATER, 2006). O aumento da taxa de sílabas decorre de fadiga e aumento do gasto energético, baseando-se na hipótese do mecanismo anti-exaustão de Lambrechts e Dhond (1988), que afirmam que espécies com repertórios grandes podem evitar a exaustão alternando os tipos de canto após algumas repetições. Sendo

assim, sugerimos que o coleiro-baiano utiliza estratégias adicionais para melhorar transmissão da sua vocalização.

Entretanto, o repertório individual foi menor em áreas mais ruidosas. Sugerindo que *S. nigricollis* simplifica seu repertório para obter melhor transmissão do seu sinal sonoro. Corroborando esse estudo, Ludbrook (2015) também observou que a versatilidade de *Prosthemadera novaeseelandiae* não diferiu entre ambientes com diferentes intensidades de ruído, entretanto não observou relação entre o repertório individual e a intensidade do ruído. A redução do repertório pode ser prejudicial para os indivíduos, pois diminui as combinações de sílabas possíveis em seus cantos podendo prejudicar na escolha de parceiros (PALMERO *et al.*, 2014). A flexibilidade no uso do repertório depende ainda do tamanho do mesmo, pois a seleção dos tipos de cantos ou sílabas ideais é mais complexa para espécies como *S. nigricollis*, que possuem repertório grande, pois exige comparações internas de vários tipos de cantos para selecionar se e como mudar o canto (HALFWERK; SLABBEKOORN, 2009).

Adicionalmente, a duração do canto de *S. nigricollis* não foi influenciada pela intensidade do ruído urbano. McCarthy *et al.* (2013) e Halfwerk e Slabbekoorn (2009) encontraram resultados contrários observando cantos mais curtos em *Gymnorhina tibicen* e mais longos em *Parus Major* em ambientes mais ruidosos, respectivamente. A modulação de frequência do canto pode levar a diminuição da duração do canto para diminuir o cansaço decorrente da modulação da frequência (BRUMM; SLATER, 2006). Sendo assim, sugerimos que devido a estratégia de modificação do repertório em detrimento do uso diferencial de sílabas, não se faz necessário para o coleiro-baiano a redução da duração dos seus cantos.

Em áreas urbanizadas, espera-se que os trinados sejam menos utilizados, já que são sílabas rápidas e, nesse tipo de ambiente, o esperado é a utilização de sílabas mais lentas para otimizar a transmissão do sinal (POTVIN; PARRIS, 2012). Já que esse tipo de sílaba sofre grande influência do ruído (LUDBROOK, 2015), pode-se inferir que *S. nigricollis* apresenta uma proporção mais baixa de trinados em áreas mais ruidosas a fim de evitar a atenuação e distorção do seu canto, e um consequente gasto energético desnecessário. A produção de trinados pode estar, ainda, relacionada com outros fatores, como a idade do indivíduo, o estágio da estação de reprodução e ainda variações ligadas a interações agonísticas, além da falta de habitat adequado nas cidades que pode levar a maior competição entre os machos e afetar aspectos do canto (VEHRENCAMP *et al.*, 2013; POTVIN; PARRIS, 2012).

Ao contrário dos trinados, houve maior produção de sílabas exclusivas em locais com maior intensidade de ruído. Ludbrook (2015) e Potvin e Parris (2012) obtiveram resultados

contrários em estudos com *Prosthemadera novaeseelandiae* e *Zosterops lateralis*, respectivamente. A similaridade do repertório dos indivíduos é influenciada pelas características geográficas do habitat, entretanto o ruído das áreas urbanizadas pode gerar convergência dos repertórios (POTVIN; PARRIS, 2012) sugerindo que a heterogeneidade da área de estudo pode estar influenciando na diferenciação do repertório dos indivíduos.

A hipótese de utilização da plasticidade da frequência das sílabas como estratégia de modulação do canto foi confirmada para um dos tipos de sílabas analisado. Estes resultados sugerem que *S. nigricollis* pode utilizar a plasticidade da frequência como estratégia para evitar o mascaramento do seu canto pelo ruído da área de estudo. Resultados semelhantes ao desse trabalho foram encontrados por Bermúdez-Cuamatzin *et al.* (2009). Contudo, como apenas esse efeito foi verificado em duas sílabas, e existe muita variação no repertório dessa população, essa estratégia parece ter importância secundária na vocalização de *S. nigricollis*.

Assim como Bermúdez-Cuamatzin *et al.* (2009) e Halfwerk e Slabbekoorn (2009), encontramos evidências de que os machos de *S. nigricollis* fazem modulação do canto em tempo real, ou seja, a modulação da frequência mínima ocorre no momento do pico de ruído. Esse tipo de modificação é considerado de curto prazo, porém pode interferir nas modificações de longo prazo, ou seja, a modulação pode tornar-se permanente caso a intensidade do ruído seja constante (BRUMM; SLABBEKOORN, 2005; HALFWERK; SLABBERKOON, 2009), ou a ave jovem pode aprender os cantos que um adulto já adaptado ao ruído está produzindo (SLABBEKOORN; den BOER-VISSER, 2006).

A flexibilização do canto a curto prazo é essencial para sobrevivência das espécies de aves no ambiente urbano que está cada vez mais ruidoso, porém mesmo que a espécie esteja adaptada e seja uma sobrevivente nesse ambiente ainda pode sofrer consequências negativas dos altos níveis de ruído das cidades (HALFWERK; SLABBERKOON, 2009; HU; CARDOSO, 2009). A modulação a curto prazo é uma estratégia eficaz para a ave evitar o mascaramento do seu canto. Entretanto, o ajuste a curto prazo pode ser prejudicial para a reprodução, pois a quantidade de machos formando casais é menor em ambientes com maior intensidade de ruído, porém, ainda assim, poderia ser menor se o canto estivesse sendo demasiadamente mascarado pelo ruído (GROSS; PASINELLI; KUNC 2010). Ademais, essa estratégia pode ser uma forma de reduzir o gasto energético da produção de sons de alta frequência (BRUMM *et al.*, 2004).

Dessa forma, sugerimos que os machos de *S. nigricollis* utilizam a modulação em tempo real para evitar que seu canto seja mascarado, mas evitando paralelamente uma mudança

completa no seu canto que poderia implicar em um menor sucesso reprodutivo. Porém, outros fatores ainda podem estar relacionados a essas modificações em seu canto, como a densidade populacional, a estrutura vegetacional da área urbana e a disponibilidade de recursos (NARANGO; RODEWALD, 2015; van OORT *et al.*, 2006), informações ainda desconhecidas para *S. nigricollis*.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A urbanização pode modificar drasticamente o ambiente e a falta de planejamento para a fundação e expansão das cidades agrava esse quadro. Assim como a população humana, as demais espécies animais podem ser afetadas pelas modificações nessas áreas e as aves têm sido muito utilizadas para analisar os efeitos da urbanização na biodiversidade urbana. O ruído produzido pelas atividades humanas é um dos aspectos que tem forte influência sobre as aves e sua vocalização.

Nossos resultados auxiliam no esclarecimento do alto sucesso adaptativo do coleiro-baiano na área de estudo. Os cantos dos machos de *S. nigricollis* apresentam frequência mínima maior em altas intensidades de ruído, sendo o uso diferencial de sílabas a principal estratégia utilizada. Esse padrão é consistente com o uso menor de trinados, diminuindo o gasto energético com a produção de sílabas que não tem boa transmissão em ambientes ruidosos. O uso de sílabas exclusivas também é maior em locais com maior intensidade de ruído, sendo acompanhado da redução do repertório individual. Uma segunda estratégia utilizada, a curto prazo, é a modulação em tempo real, que evita o mascaramento do canto e também evita gasto energético desnecessário com a produção de elementos de altas frequências em momentos de ruído reduzido. Entretanto, estudos adicionais são necessários para evidenciar se as características da área urbana, como a estrutura ambiental pode também influenciar no canto de *S. nigricollis*. Novos estudos também se fazem indispensáveis para elucidar se as modificações encontradas no canto do coleiro-baiano influenciam aspectos territoriais e do sucesso reprodutivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDERTON, C. C. The breeding cycle of the Yellow-Bellied Seedeater in Panama. **Condor**, v. 63, p. 390-398, 1961.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - Norma NBR 10151 -

Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade - 1987.

ARETA, J. I. *et al.* Natural history, distribution and conservation of two nomadic *Sporophila* seedaters specializing on bamboo in the Atlantic Forest. **The Condor**, v.115, n. 2, p. 237-252, 2013.

BARBER, J. R.; CROOKS, K. R.; FRISTRUP, K. M. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. **Trends in ecology & evolution**, v. 25, n. 3, p. 180–9, 2009.

BARTON, D. C.; HOLMES, A. L. Off-Highway Vehicle Trail Impacts on Breeding Songbirds in Northeastern California. **Journal of Wildlife Management**, v. 71, n. 5, p. 1617-1620, 2007.

BENJAMINI, Y.; HOCHBERG, Y. Controlling the False Discovery Rate: a Practical and Powerful Approach to Multiple Testing. **Journal of the Royal Statistical Society Series B – Methodological**, v. 57, p. 289–300, 1995.

BERMÚDEZ-CUAMATZIN, E. *et al.* Experimental evidence for real-time song frequency shift in response to urban noise in a passerine bird. **Biology letters**, v. 7, n. 1, p. 36–8, 2010.

BERMÚDEZ-CUAMATZIN, E. *et al.* Strategies of song adaptation to urban noise in the house finch: syllable pitch plasticity or differential syllable use? **Behaviour**, v. 146, p. 1269-1286, 2009.

BREUSTE, J.; NIEMELÄ, J.; SNEP, R. P. H. Applying landscape ecological principles in urban environments. **Landscape ecology**, v. 23, p. 1139-1142, 2008.

BRUMM, H. *et al.* Acoustic communication in noise: regulation of call characteristics in a New World monkey. **The Journal of Experimental Biology**, v. 207, p. 443-448, 2004.

BRUMM, H. The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. **Journal of Animal Ecology**, v. 73, n. 3, p. 434-440, 2004.

BRUMM, H.; SLABBEKOORN, H. Acoustic communication in noise. **Advances in the study of behavior**, v. 35, p. 151-209, 2005.

BRUMM, H.; SLATER, P. J. B. Ambient noise, motor fatigue, and serial redundancy in chaffinch song. **Behavioral ecology society**, v. 60, p. 475–481, 2006.

BURNS, K. J.; UNITT, P.; MASON, N. A. A genus-level classification of the family Thraupidae (Class Aves: Order Passeriformes). **Zootaxa**, v. 4088, n. 3, p. 329–354, 2016.

CATCHPOLE, C. K.; SLATER, P. J. B. **Bird song: Biological themes and variation**. 2 ed. Nova York: Cambridge University Press, 2008. 349 p.

DAVIS, A.; TAYLOR, C. E.; MAJOR, R. E. Seasonal abundance and habitat use of Australian parrots in an urbanised landscape. **Landscape and Urban Planning**, v. 106, p. 191-198, 2012.

DIAS, A. F. S. **Competição por espaço acústico: adaptações de cantos de aves em uma zona de alta biodiversidade do Brasil Central**. 2013. 87 f. Tese (Doutorado em Ecologia)– Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

DOWLING, J. L.; LUTHER, D. A.; MARRA, P. P. Comparative effects of urban development and anthropogenic noise on bird songs. **Behavioral Ecology**, v. 23, n. 1, p. 201-209, 2011.

FERNÁNDES-JURICIC, E. Avifaunal use of wooded streets in an urban landscape. **Conservation Biology**, v. 1, p. 513-21, 2000.

FRANCIS, C. D.; ORTEGA, C. P.; CRUZ, A. Different behavioural responses to anthropogenic noise by two closely related passerine birds. **Biology letters**, v. 7, p. 850-852, 2011.

FRANCO, P.; SLABBEKOORN, H. Repertoire size and composition in great tits: a flexibility test using playbacks. **Animal Behaviour**, v. 77, p. 261–269, 2009.

GERBEZAHN, N.; AUBIN, T. How a songbird with a continuous singing style modulates its song when territorially challenged. **Behavioral Ecology Sociobiology**, v. 68, p. 1–12, 2014.

GLIWICZ, J.; GOSZCZYNSKI, J.; LUNIAK, M. Characteristic features of animal populations under synurbanization – the case of the Blackbird and the Striped Field Mouse. **Memorabilia Zoologica**, v. 49, p. 237–244, 1994.

GRIMM, N. B. *et al.* Integrated approaches to long-term studies of urban ecological systems. **BioScience**, v. 50, n. 7, p. 571-584, 2000.

GROSS, K.; PASINELLI, G.; KUNC, H. P. Behavioral plasticity allows short-term adjustment to a novel environment. **The American Naturalist**, v. 176, n. 4, 2010.

HALFWERK, W. *et al.* Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, p. 210–219, 2011.

HALFWERK, W.; SLABBERKOORN, H. A behavioural mechanism explaining noise-dependent frequency use in urban birdsong. **Animal Behaviour**, v. 78, p. 1301–1307, 2009.

HALL, M. L.; KINGMA, S. A.; PETERS, A. Male songbird indicates body size with low-pitched advertising songs. **Plos one**, v. 8, n. 2, 2013.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Paleontologia Electronica**, v. 4, n. 9, p. 1-9, 2011.

HU, Y.; CARDOSO, G. C. Are bird species that vocalize at higher frequencies preadapted to inhabit noisy urban areas? **Behavioral Ecology**, v. 20, p. 1268–1273, 2009

HU, Y.; CARDOSO, G. C. Which birds adjust the frequency of vocalizations in urban noise? **Animal Behaviour**, v. 79, p. 863–867, 2010.

IBGE. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 30 de junho de 2016.

JULIANO, R. F. *et al.* A avifauna urbana como bioindicadora de qualidade ambiental na cidade de Morrinhos/Goiás. In: PESQUERO, M. A.; SILVA, M. V. DA (Eds.). . **Caminhos Interdisciplinares pelo Ambiente, História e Ensino: o Sul Goiano no contexto**. 1. ed. Uberlândia, MG: Assis, 2012. p. 67–85.

LAMBRECHTS, M.; DHONDT, A. A. The anti-exhaustion hypothesis: a new hypothesis to explain song performance and song switching in the great tit. **Animal Behavioral**, v. 36, p. 327–334, 1988.

LUDBROOK, M. **Effects of urban noise on vocalisations of Tūi (*Prosthemadera novaeseelandiae*)**. 2015. 165 f. Dissertação (Mestrado em Biologia da Conservação)–Universidade de Massey, Auckland, 2015.

LUTHER, D. A.; DERRYBERRY, E. P. Birdsongs keep pace with city life: changes in song over time in an urban songbird affects communication. **Animal Behavior**, v. 83, p. 1059-1066, 2012.

MAGLE, S. B. *et al.* Urban wildlife research: Past, present, and future. **Biological Conservation**, v.155, p. 23-32, 2012.

MANLY, B. F. J. **Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology**. 3 ed. Nova York. CRC Press, 2006.

McCARTHY, A. H. *et al.* Differences between the songs of rural and urban Australian magpies (*Gymnorhina tibicen*) and the potential consequences for territorial interactions. **Notornis**, v. 60, p. 143-150, 2013.

McCLURE, C. J. W. *et al.* An experimental investigation into the effects of traffic noise on distributions of birds: avoiding the phantom road. **Proceedings of the Royal Society of London Series B**, v. 280, p. 20132290, 2013.

^aMENDES; S. COLINO-RABANAL, V. J.; PERIS, S. J. Bird song variations along an urban gradient: The case of the European blackbird (*Turdus merula*). **Landscape and Urban Planning**, v. 99, p. 51–57, 2011.

^bMENDES; S. COLINO-RABANAL, V. J.; PERIS, S. J. Diferencias em el canto de la Ratona Común (*Troglodytes musculus*) em ambientes com distintos niveles de influencia humana. **Hornero**, v. 26, n. 2, p. 85-93, 2011.

MOLLER, A. P. Successful city dwellers: a comparative study of the ecological characteristics of urban birds in the Western Palearctic. **Oecologia**, v.159, p. 849-858, 2009.

MUNDINGER, P. Song dialects and colonization in the house finch. **Condor**, v. 77, n. 4, p. 407–422, 1975.

NARANGO, D. L.; RODEWALD, A. D. Urban-associated drivers of song variation along a rural–urban gradiente. **Behavioral Ecology**, v. 00, p. 1-9, 2015.

NEMETH, E. *et al.* Bird song and anthropogenic noise: vocal constraints may explain why birds sing higher-frequency songs in cities. **Proceedings of royal society**, v. 280, n. 1754, p. 1-7, 2012.

NEMETH, E.; BRUMM, H. Birds and Anthropogenic Noise: Are Urban Songs Adaptive? *The American Naturalist*, v. 176, n. 4, p. 465-475, 2010.

PALMERO, A. M. *et al.* Information theory reveals that individual birds do not alter song complexity when varying song length. *Animal Behaviour*, v. 87, p. 153-163, 2014.

PARRIS, K. M.; SCHNEIDER, A. Impacts of Traffic Noise and Traffic Volume on Birds of Roadside Habitats. *Ecology and Society*, v. 14, n. 1, 2009.

PATRICELLI, G.; BLICKLEY, J. Avian communication in urban noise: causes and consequences of vocal adjustment. *The Auk*, v. 123, n. 3, p. 639–649, 2006.

PEREIRA, A. V. **A estrutura do hábitat urbano e sua influência na diversidade da avifauna em Morrinhos, GO.** 2012. 53f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Goiás, Morrinhos, 2012.

PEREIRA, A. V. Diversidade da avifauna e sua relação com a complexidade da paisagem urbana de Morrinhos, Goiás. No prelo.

PESQUERO, M. A.; TEIXEIRA-FILHO, J. C.; JUNQUEIRA, D. I. Desafios da sociedade na produção de alimentos. In: PESQUERO, M. A.; SILVA, M. V. (Org.). **Caminhos Interdisciplinares pelo Ambiente, História e Ensino: o Sul Goiano no contexto.** 1. ed. Uberlândia: Assis, 2012. p. 87-104.

PIKE, N. Using false discovery rates for multiple comparisons in ecology and evolution. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 2, n. 3, p. 278–282, 2011.

POTVIN, D. A. *et al.* Song repertoire size, not territory location, predicts reproductive success and territory tenure in a migratory songbird. *Canadian Journal of Zoology*, v. 93, n. 8, p. 627–633, 2015.

POTVIN, D. A.; PARRIS, K. M. Song convergence in multiple urban populations of silvereyes (*Zosterops lateralis*). *Ecology and evolution*, v. 2, n. 8, p. 1977-1984, 2012.

POTVIN, D. A.; PARRIS, K. M.; MULDER, R. A. Geographically pervasive effects of urban noise on frequency and syllable rate of songs and calls in silvereyes (*Zosterops lateralis*). *Proceedings of royal society B*, v. 278, p.2464–2469, 2011.

PYTTE, C. L. Song Organization of House Finches at the Edge of an Expanding Range. *The Condor*, v. 99, n. 4, 1997.

REPPENING, M. **História natural, com ênfase na biologia reprodutiva, de uma população migratória de *Sporophila aff. plumbea* (AVES, EMBERIZIDAE) do sul do Brasil.** 2012. 210 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia)–Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

RÍOS-CHÉLEN, A. A. *et al.* The learning advantage: bird species that learn their song show a tighter adjustment of song to noisy environments than those that do not learn. *Journal of Evolutionary Biology*, v. 25, p. 2171-2180, 2012.

ROCHA, A. A. **Monitortamento de agrotóxicos em áreas irrigadas por pivô central na microbacia do Tijuqueiro, município de Morrinhos, Goiás.** Tese (Doutorado em

Ciências)-Centro de energia nuclear na agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

ROVEDDER, C. E. **História natural de *Sporophila melanogaster* (Pelzeln 1870) (Aves: Emberizidae) com ênfase em sua biologia reprodutiva.** 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia)–Faculdade de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande de Sul, Porto Alegre, 2011.

SCHAUENSE, R. M. A Review of the Genus *Sporophila*. **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia**, v. 104, p. 153-196, 1952.

SICK, H. **Ornitologia Brasileira.** Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira. 1997. 886 p

SILVA, C. M. R. B. **A cidade de Morrinhos: Uma abordagem geográfica.** Goiânia: Grafset, 2006. 60 p.

SILVA, D. B. L. **Caracterização de nicho de *Sporophila* spp. (aves: Emberizidae) e sua relação com a estrutura de microhabitat em áreas de vereda de Uberlândia, MG.** 2009. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação dos recursos naturais)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

SLABBEKOORN, H. Habitat-dependent ambient noise: Consistent spectral profiles in two African forest types. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 116, n. 6, p. 3727-3733, 2004

SLABBEKOORN, H. Songs of the city: noise-dependent spectral plasticity in the acoustic phenotype of urban birds. **Animal Behaviour**, v. 85, n. 5, p.1089-1099, 2013.

SLABBEKOORN, H.; den BOER-VISSER, A. Cities change the songs of birds. **Current Biology**, v. 16, p. 2326-2331, 2006.

SLABBEKOORN, H.; PEET, M. Ecology: Birds sing at a higher pitch in urban noise. **Nature**, v. 424, n. 6946, p. 267, 2003.

SLABBEKOORN, H.; RIPMEESTER, E. A. P. Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. **Molecular ecology**, v. 17, p.72-83, 2007.

Van OORT, H. *et al.* Habitat quality, social dominance and dawn chorus song output in Black-Capped Chickadees. **Ethology**, v. 112, p. 772-778, 2006.

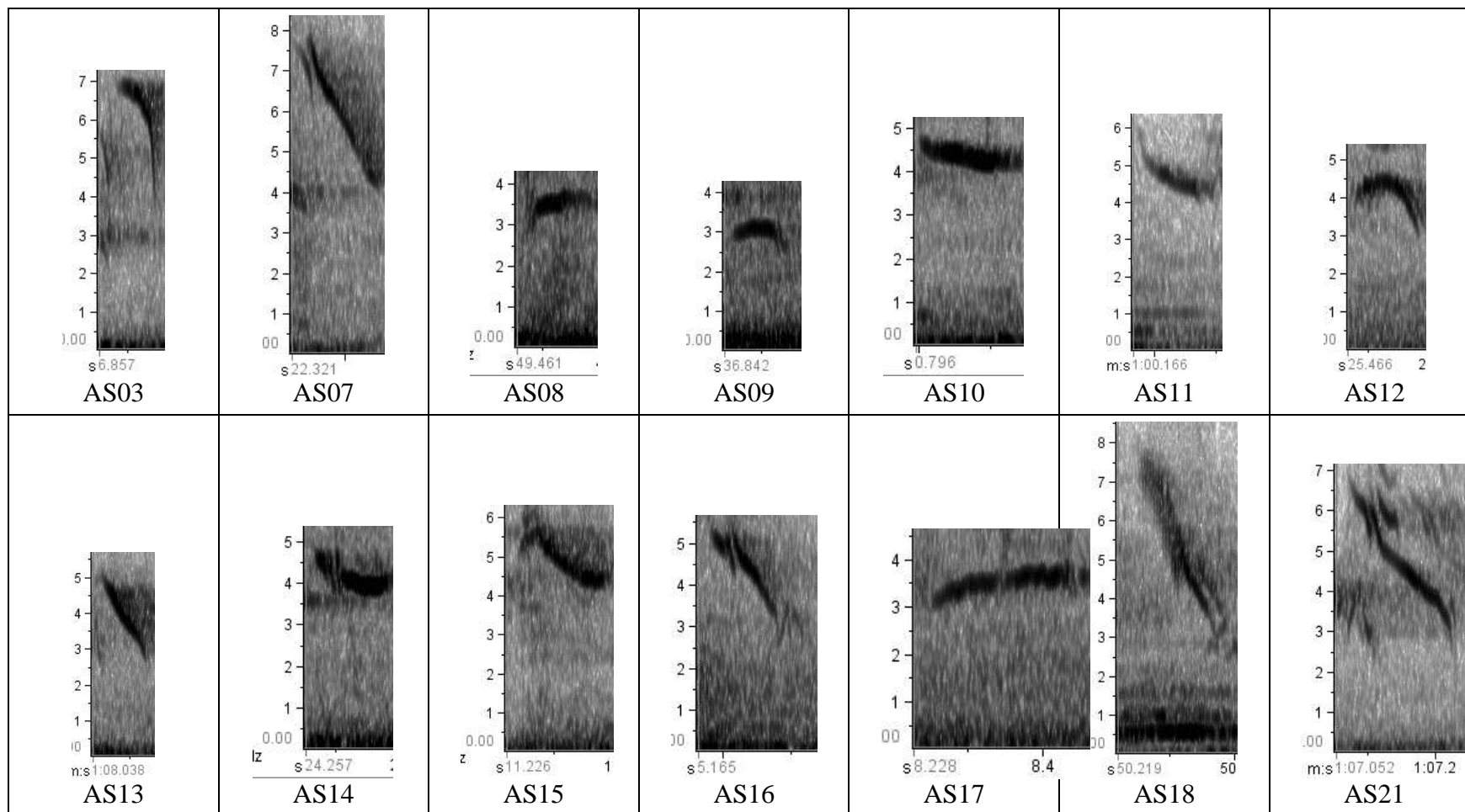
VEHRENCAMP, S. L. *et al.* Trill performance components vary with age, season, and motivation in the banded wren. **Behavioral ecology and sociobiology**, v. 67, n. 3, p. 409-419, 2013.

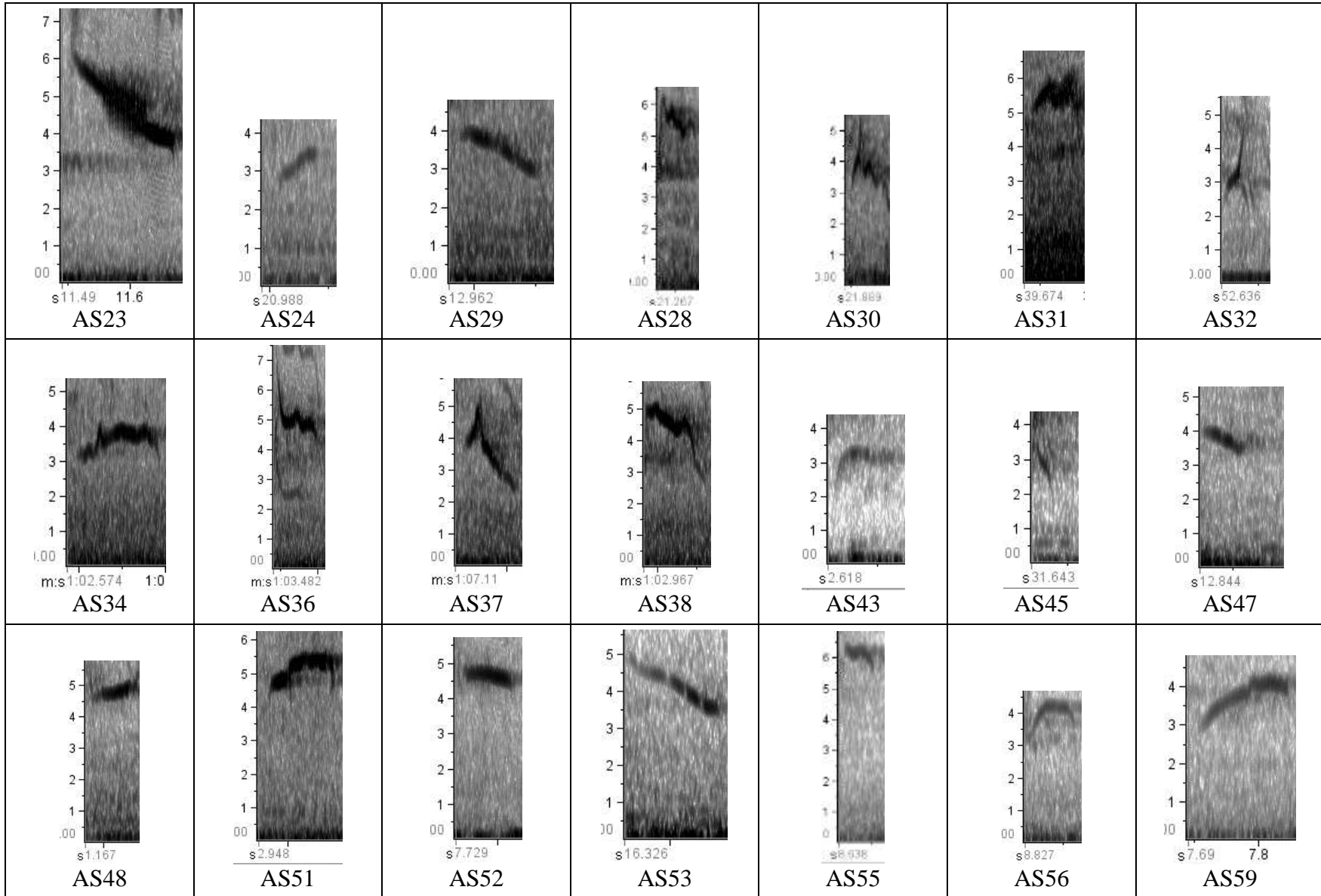
WIACEK, J. *et al.* The influence of road traffic on birds during autumn period: Implications for planning and management of road network. **Landscape and Urban Planning**, v. 134, p. 76–82, 2015.

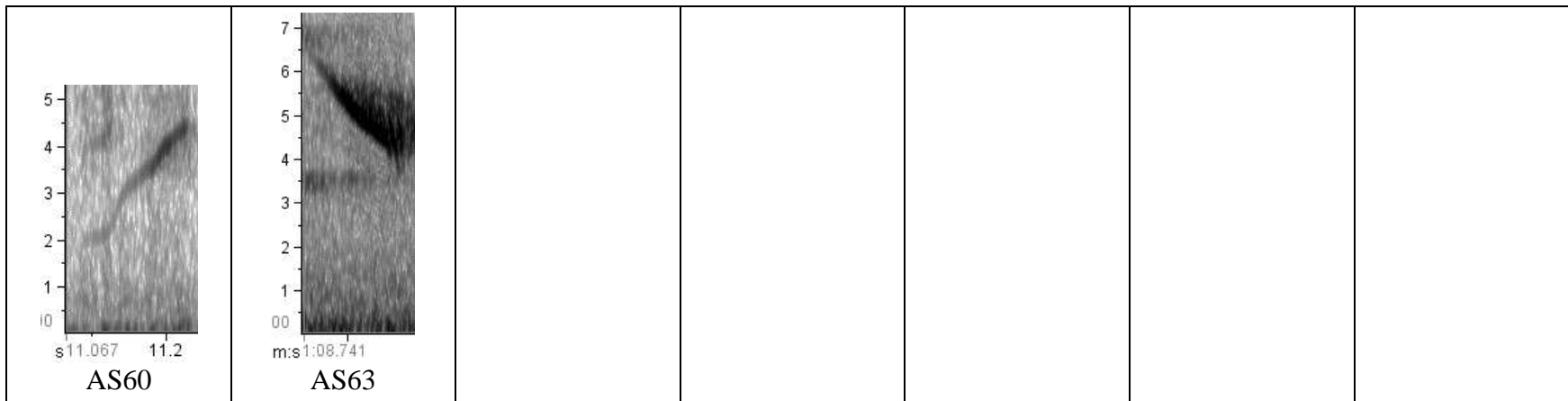
WOOD, W. E.; YEZERINAC, S. M. Song sparrow (*Melospiza melodia*) song varies with urban noise. **The Auk**, v. 123, n. 3, p. 650-659, 2006.

APÊNDICES – Catálogo de sílabas

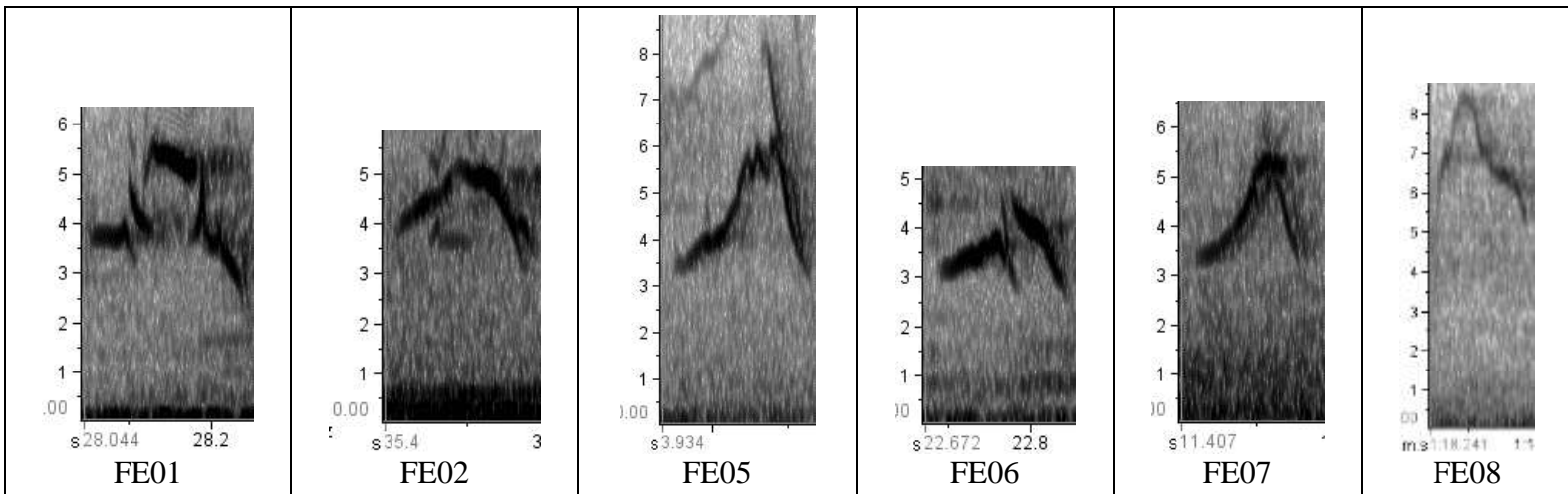
Assobios

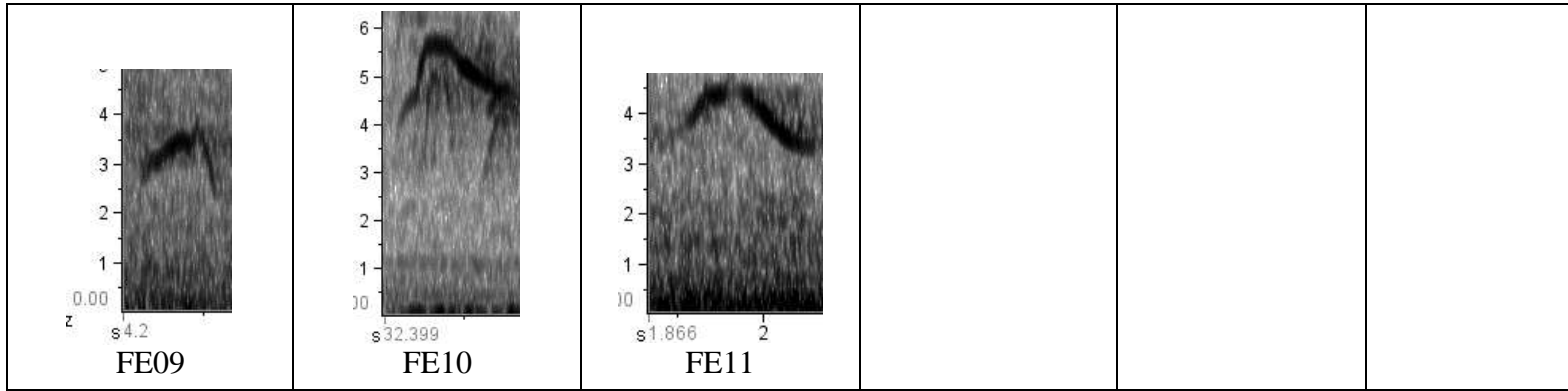




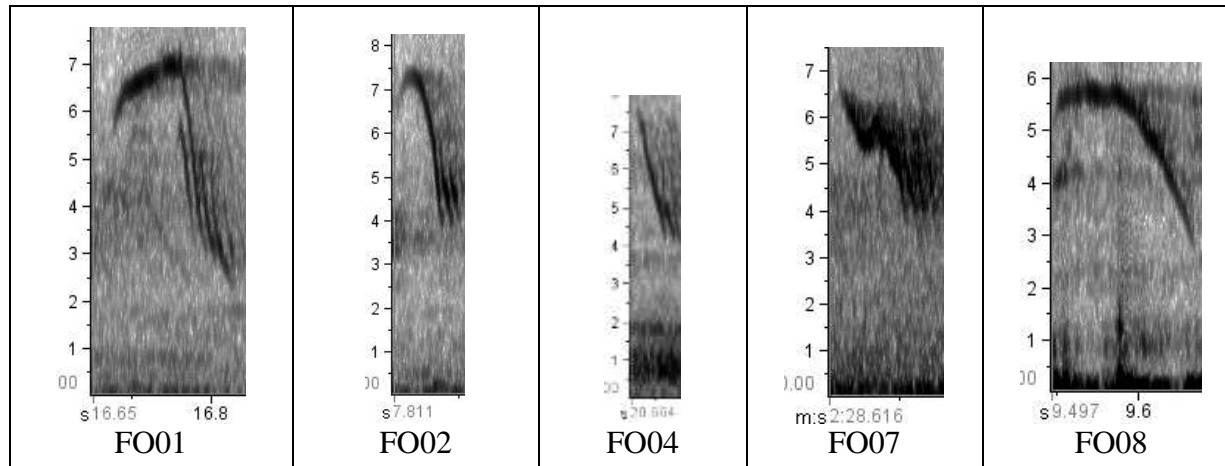


Ferradura

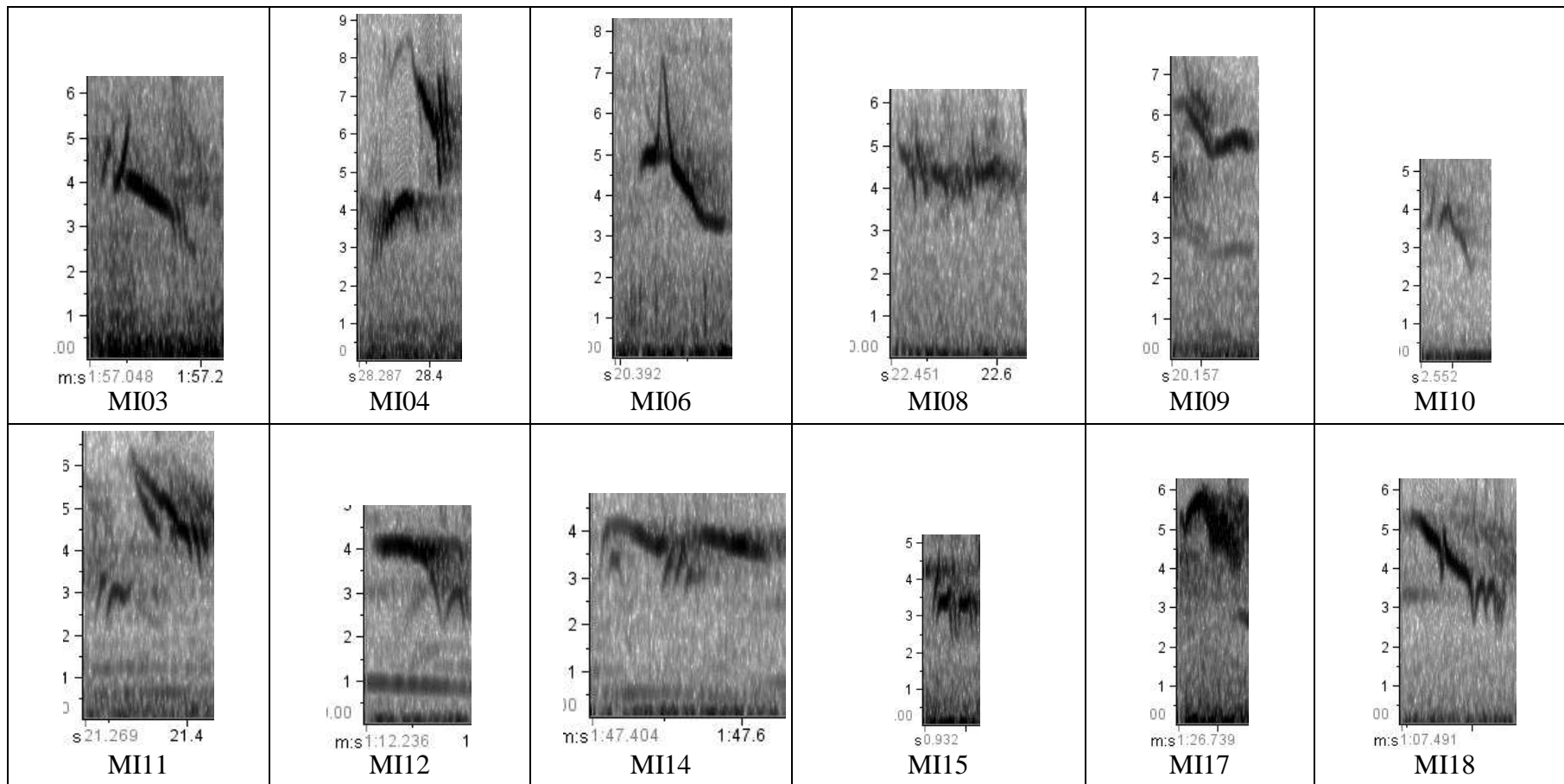


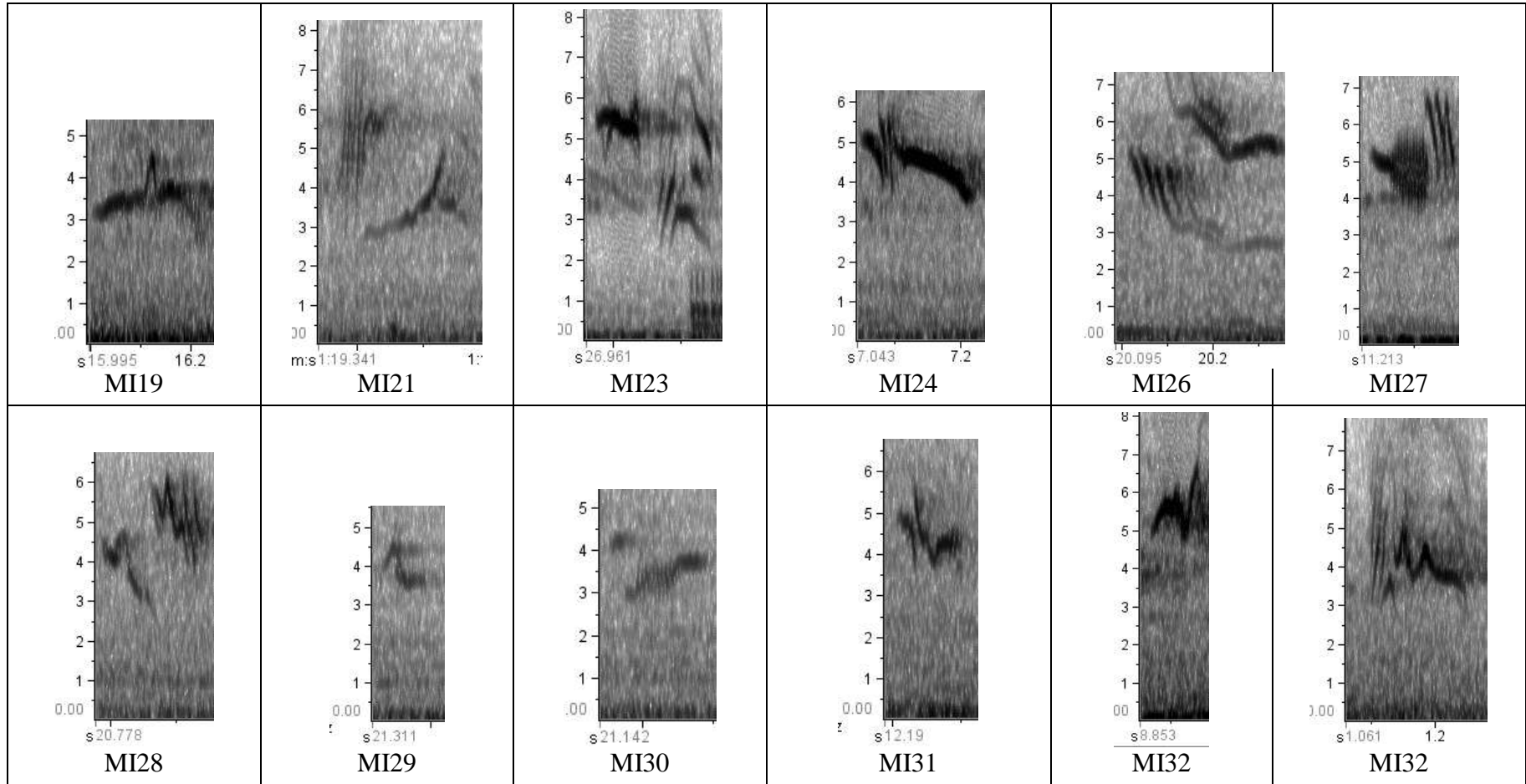


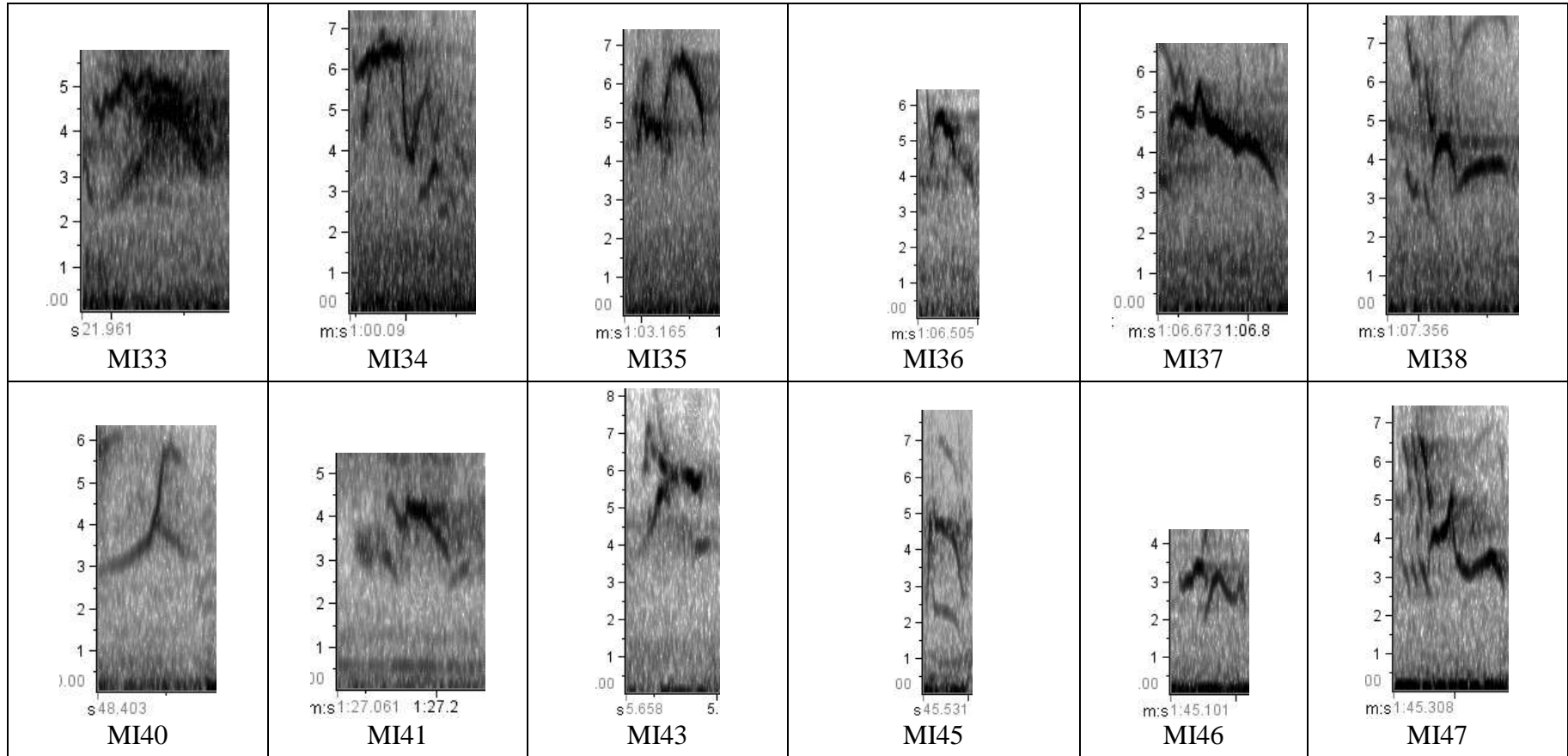
Foice

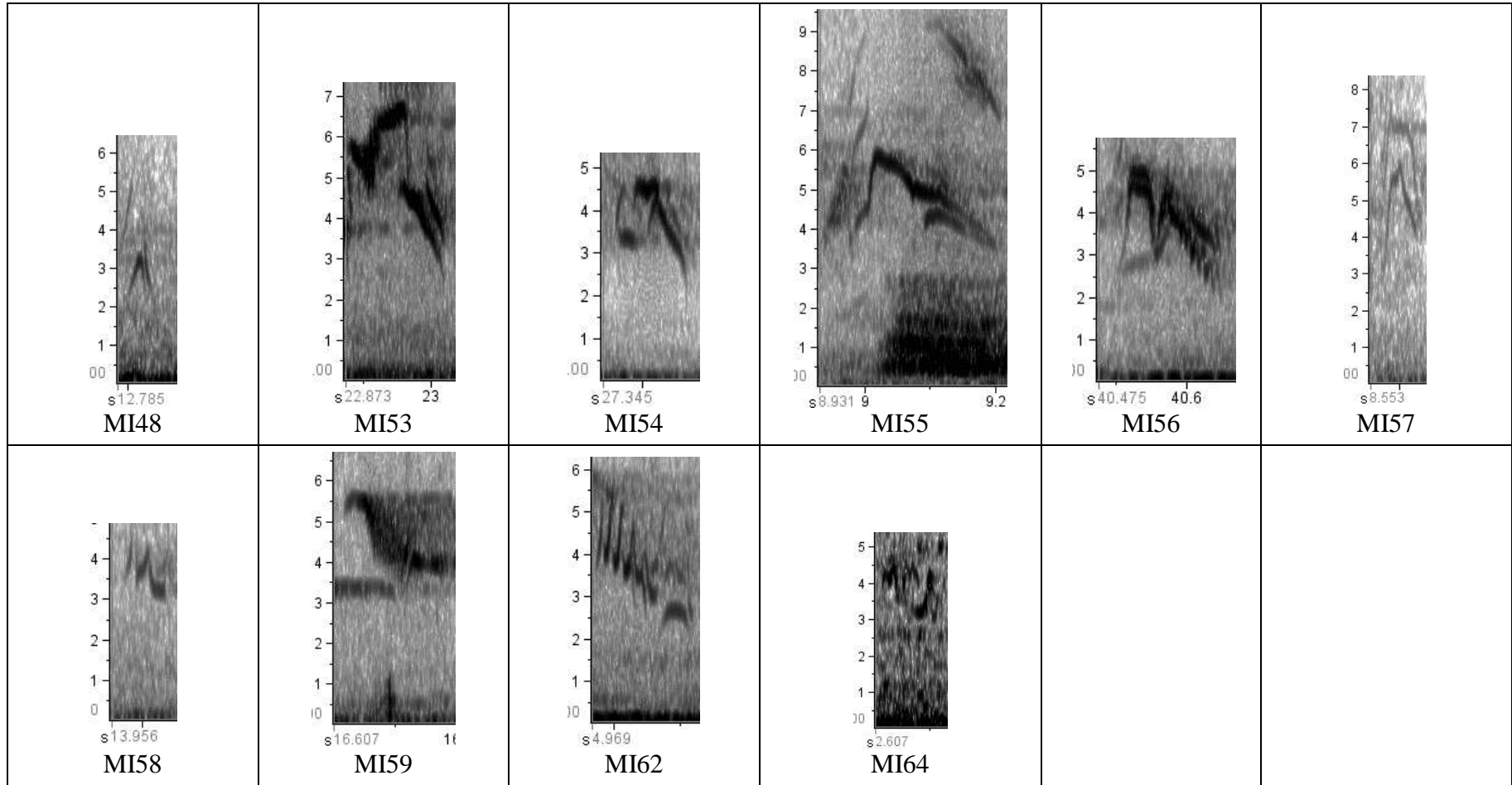


Misto

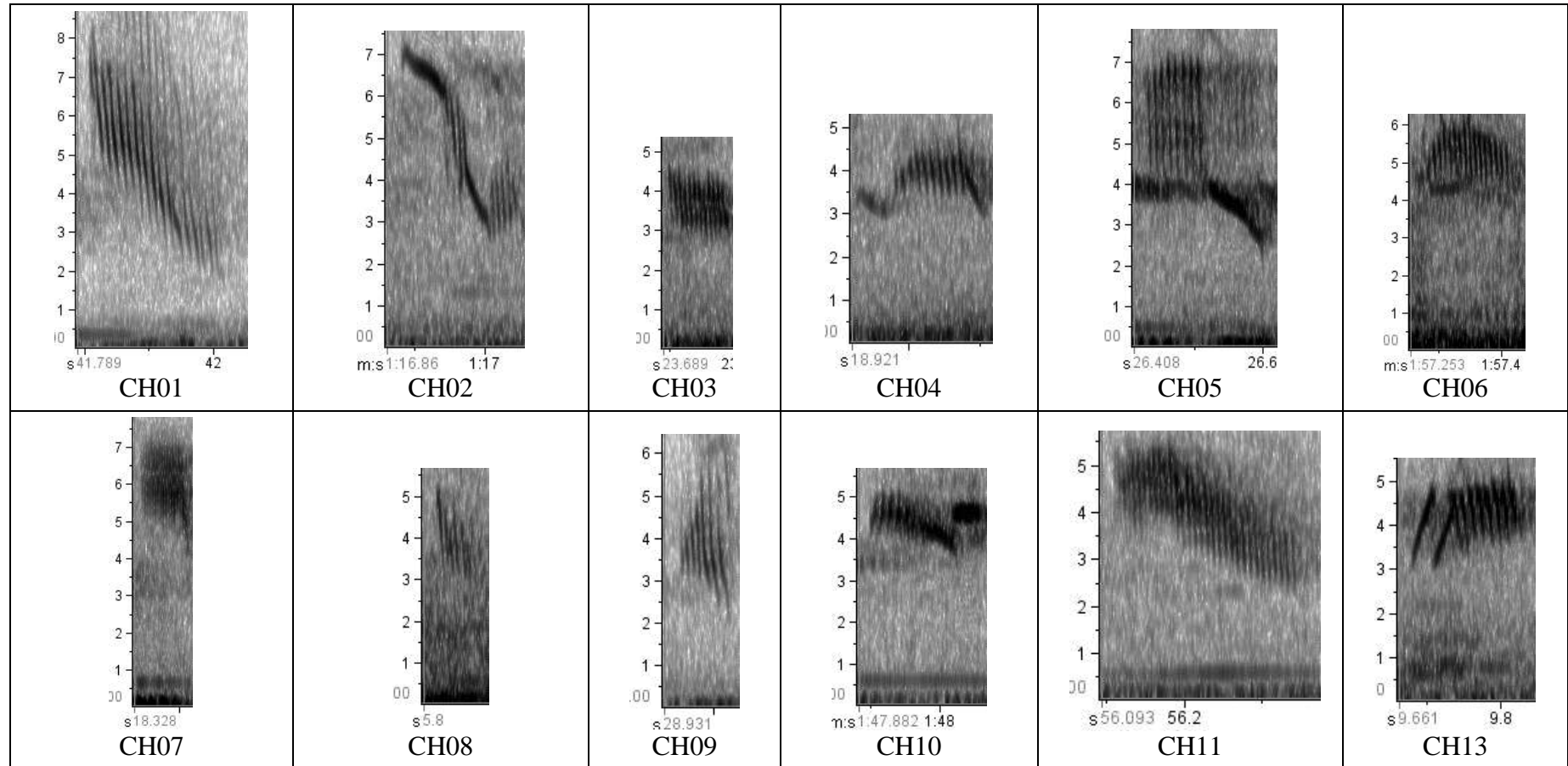


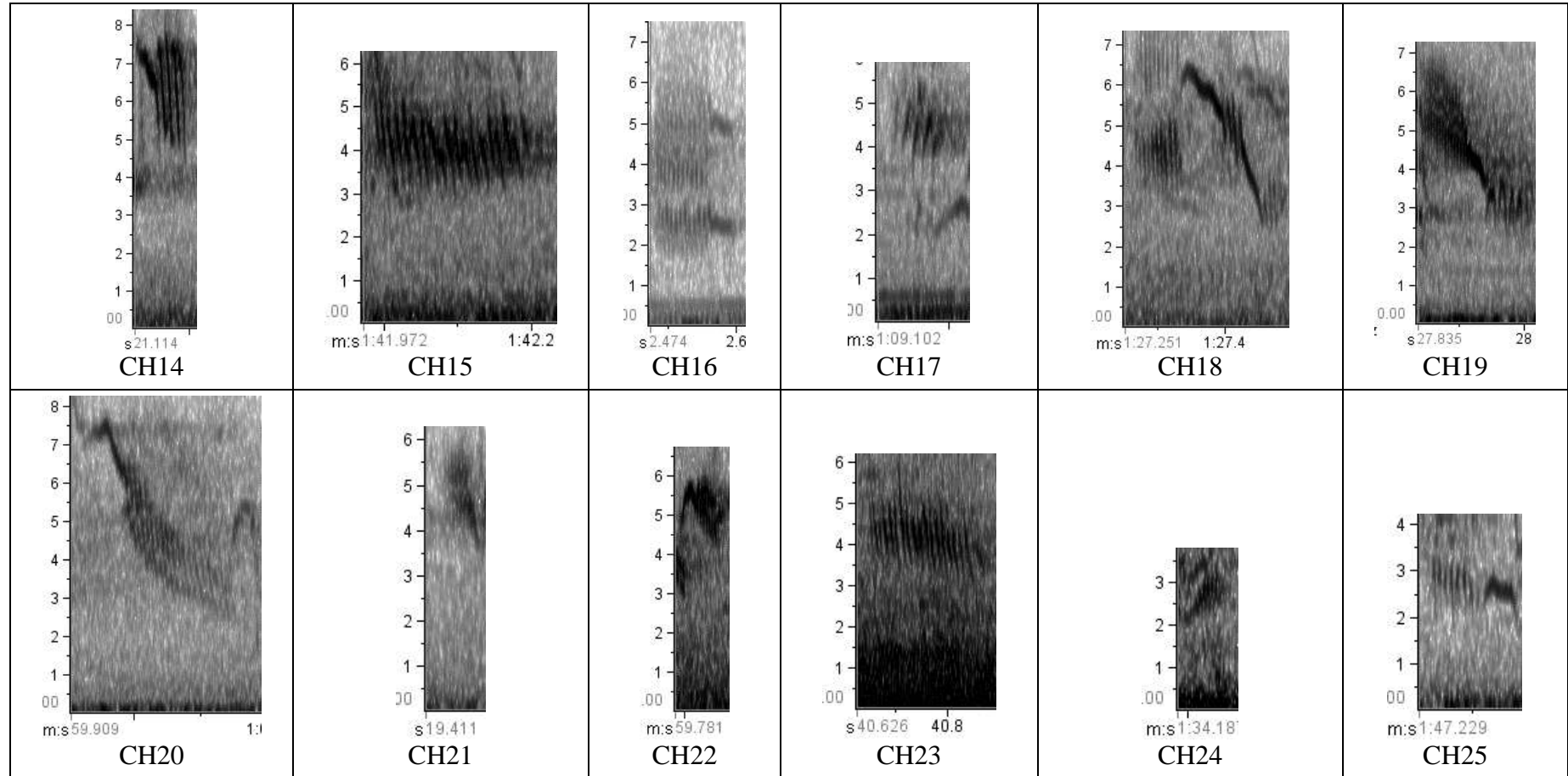


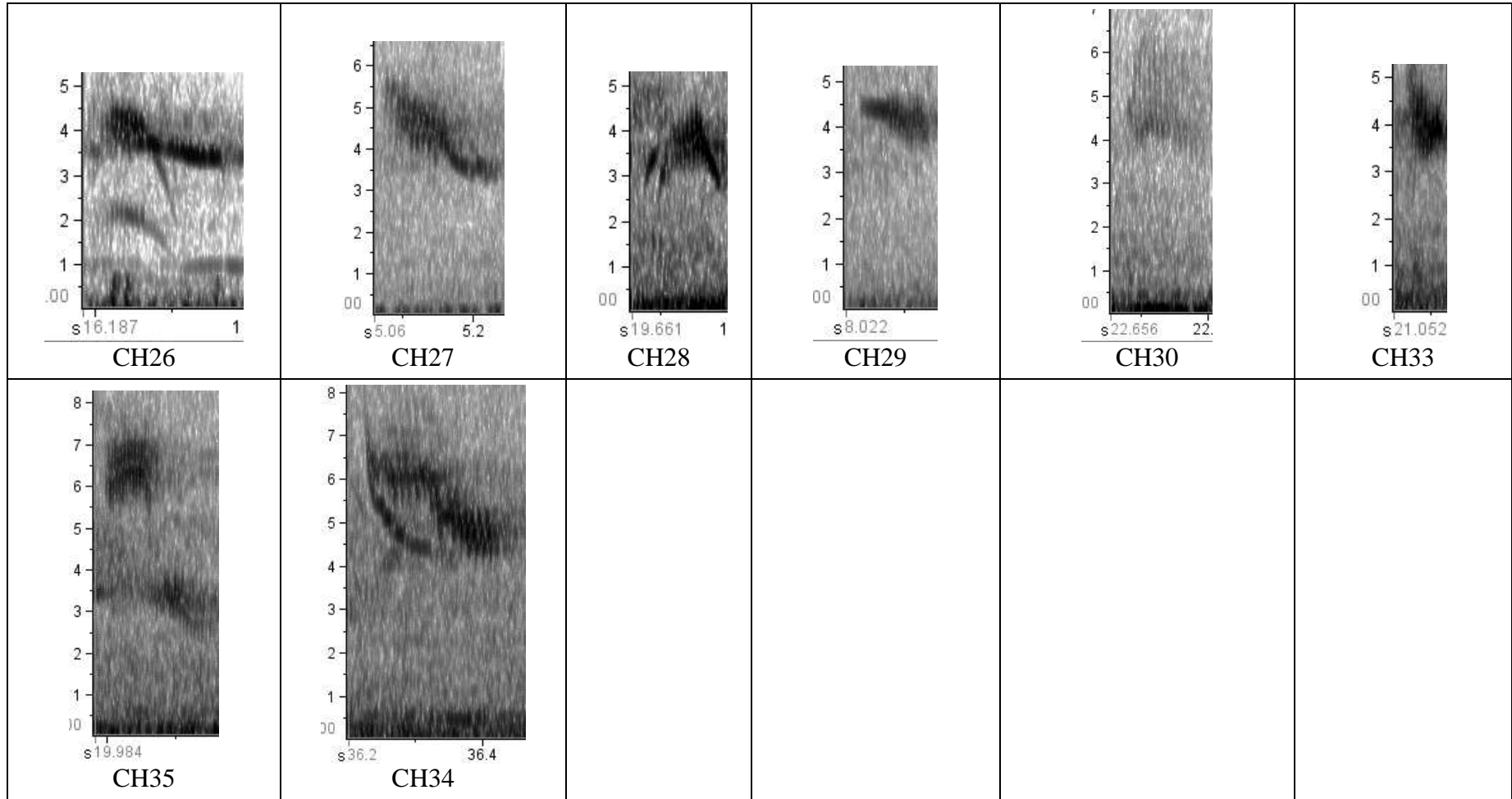




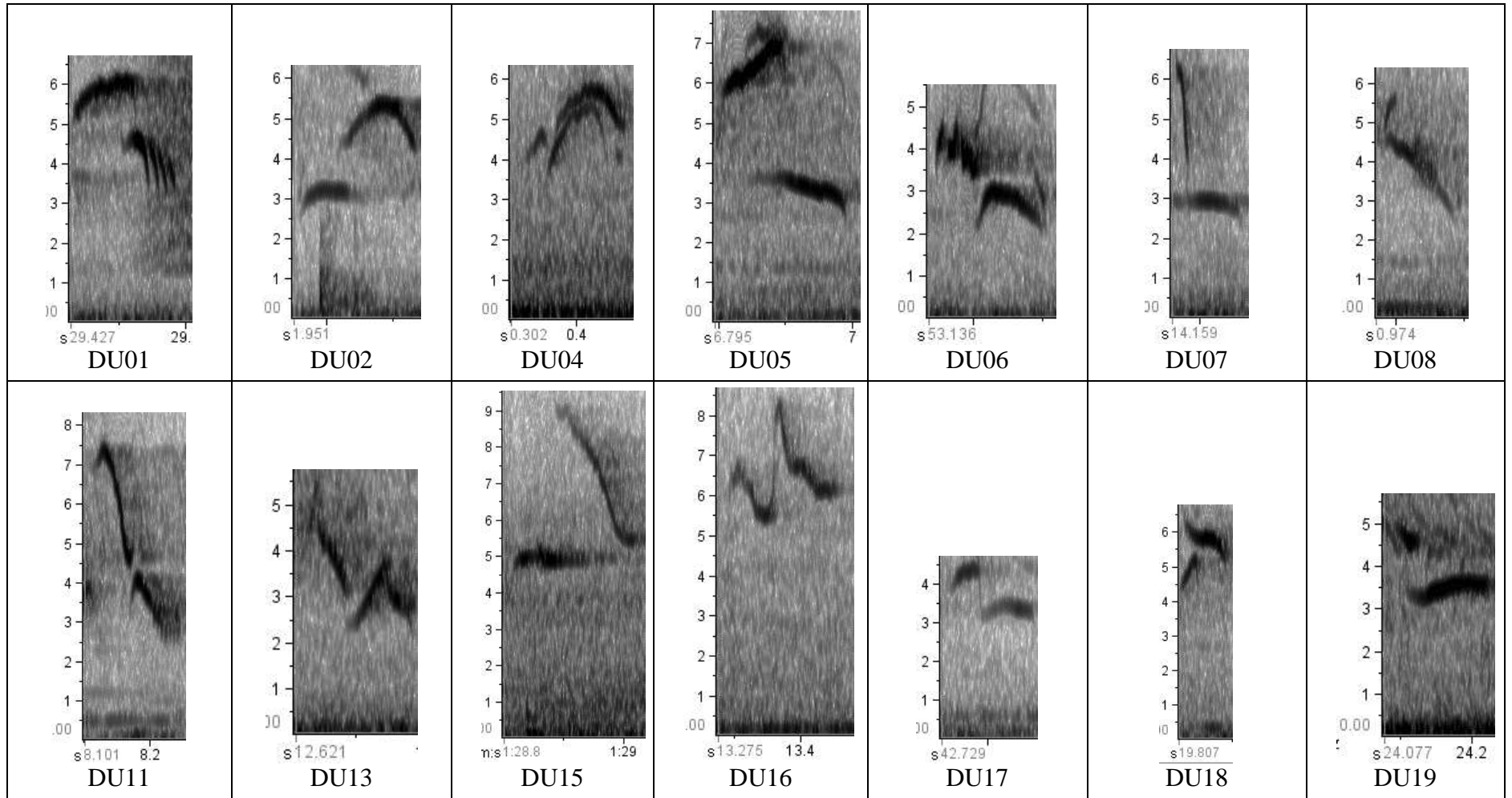
Chiado

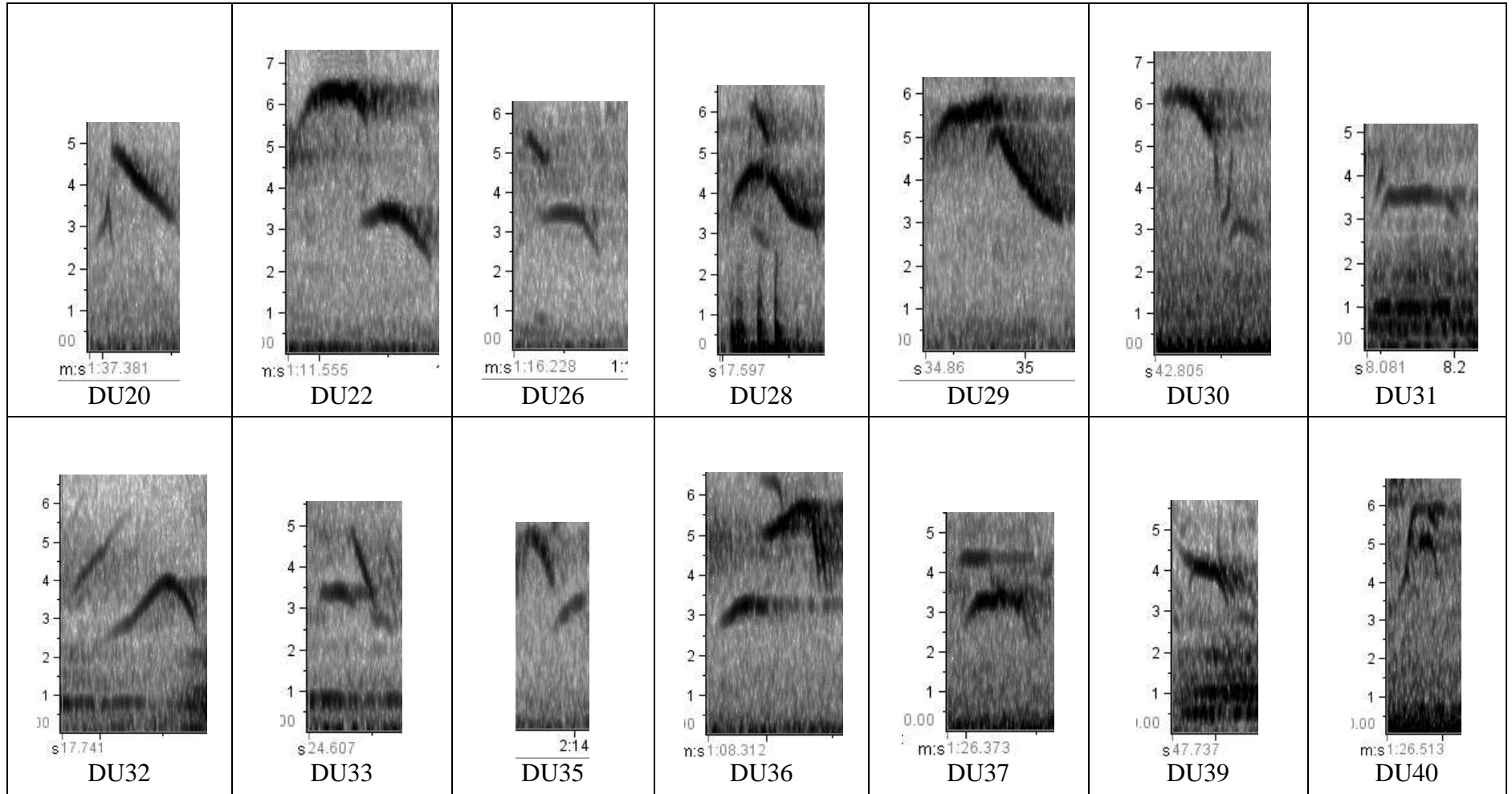


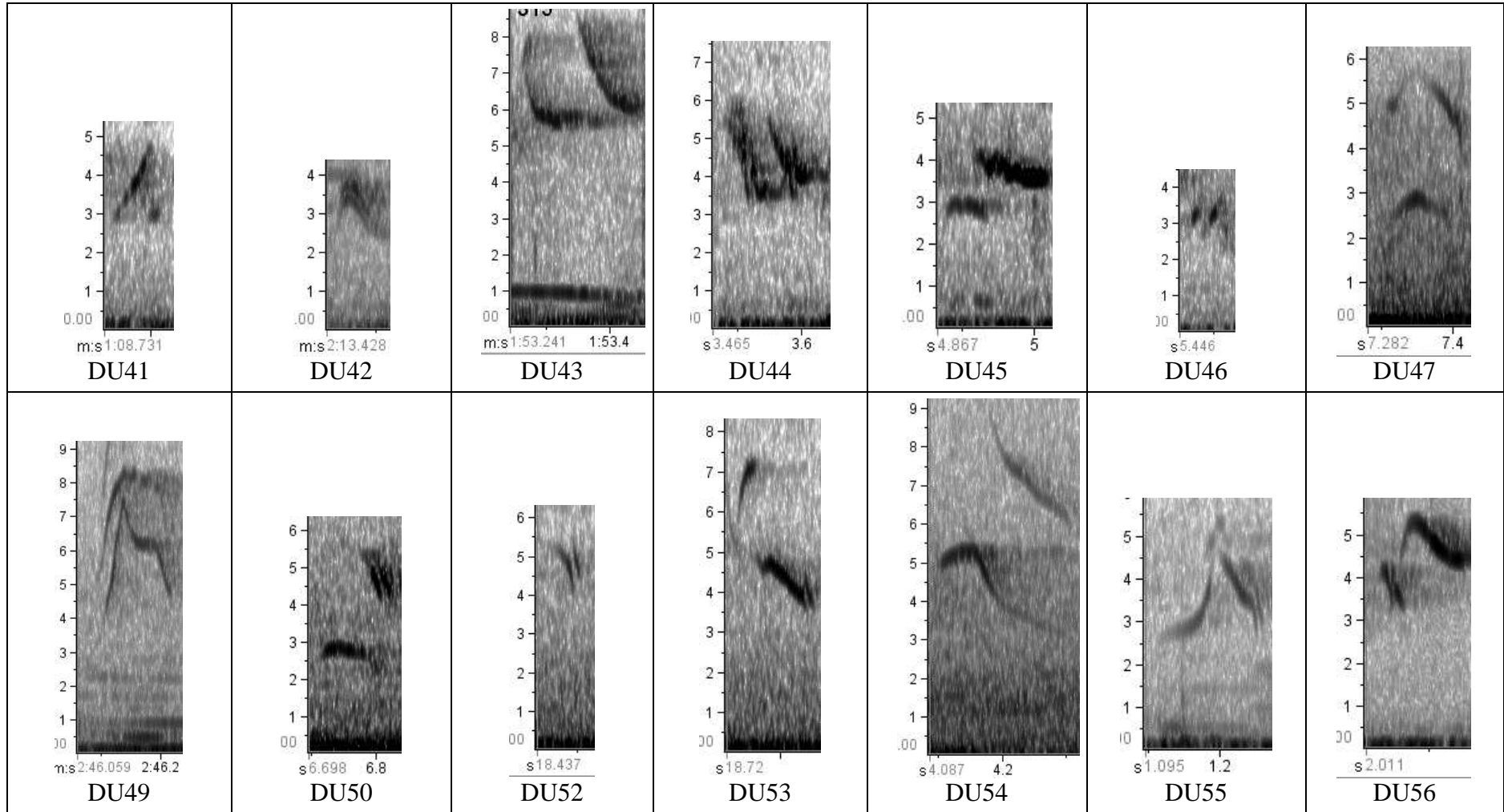


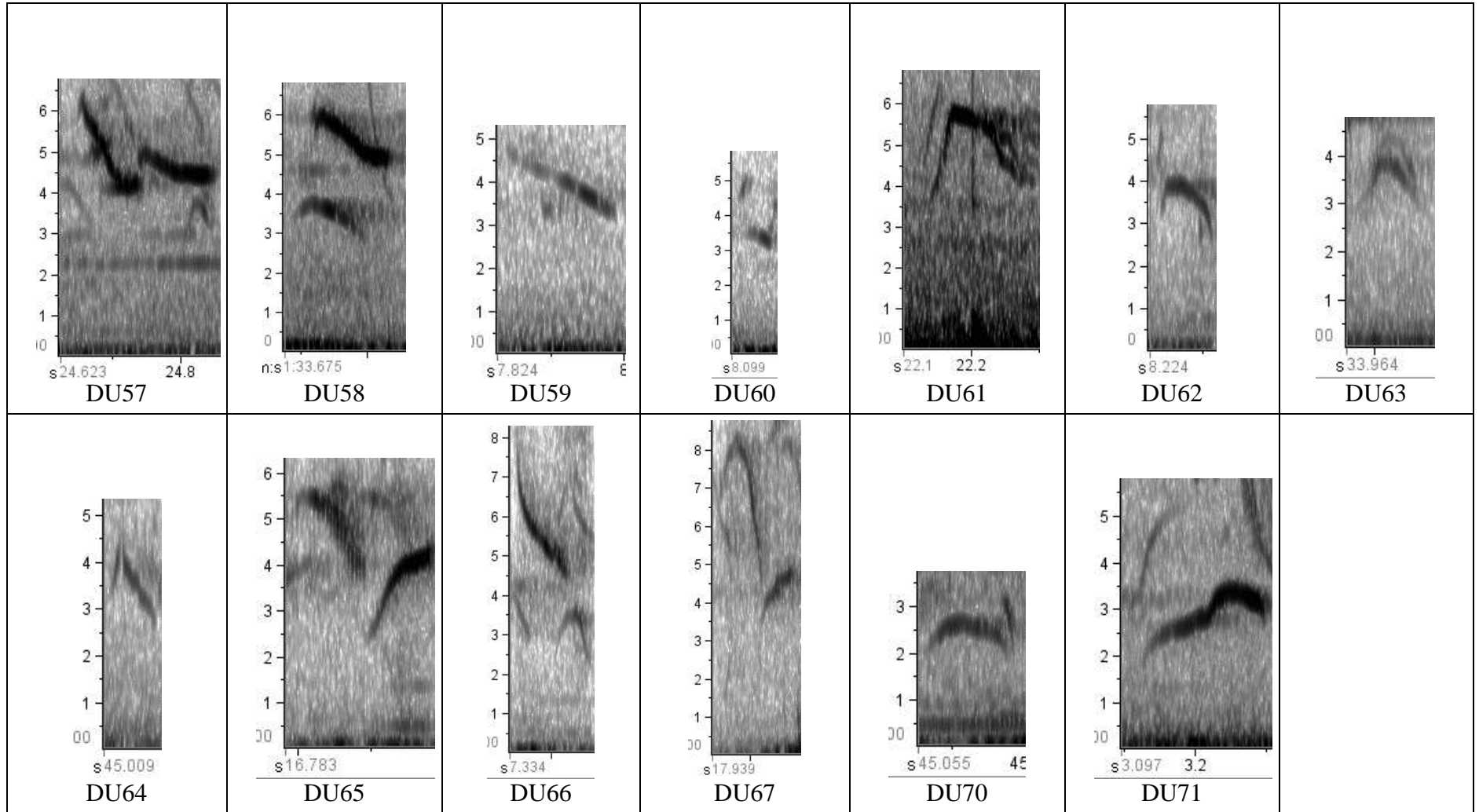


Duplo

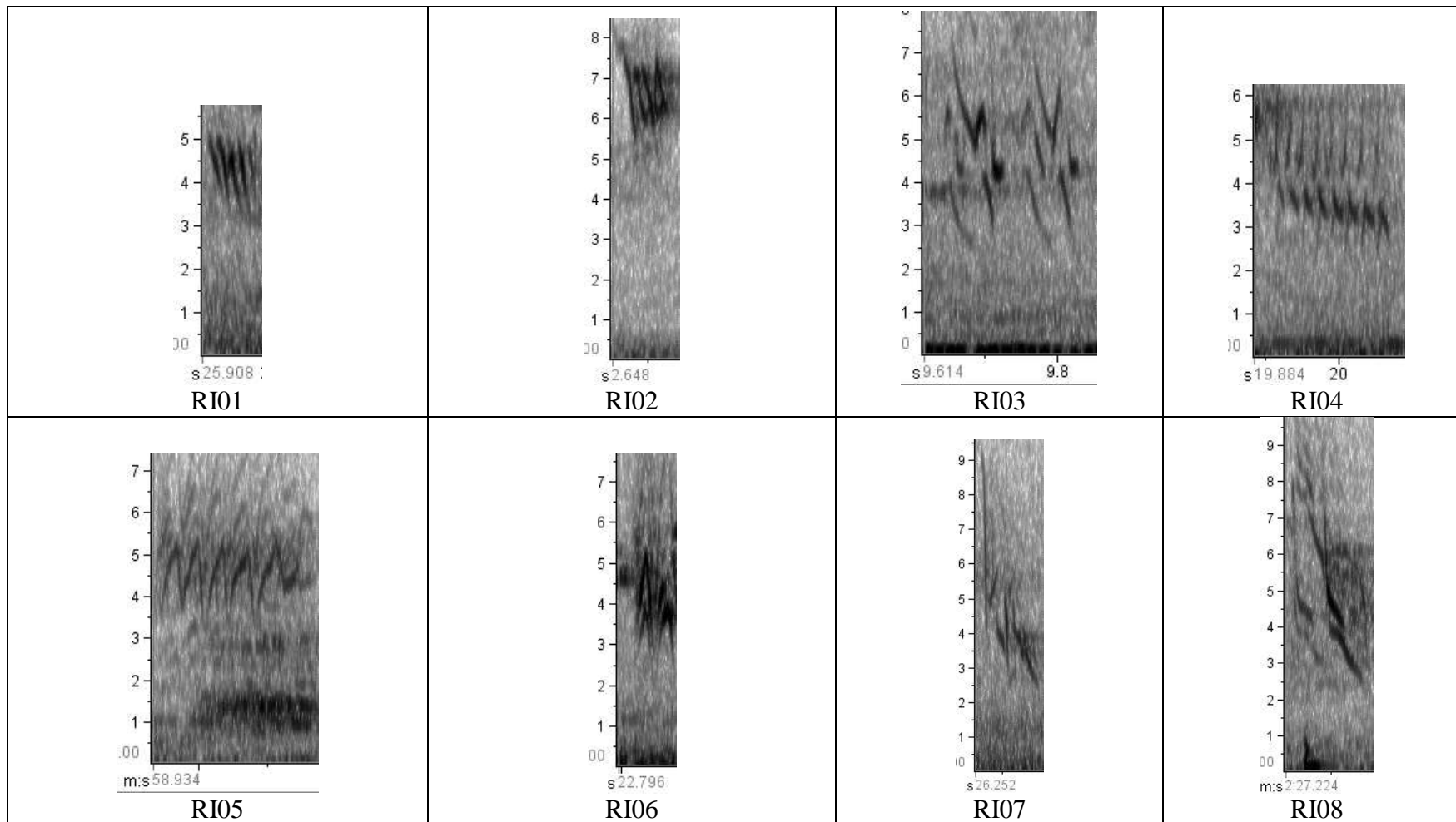


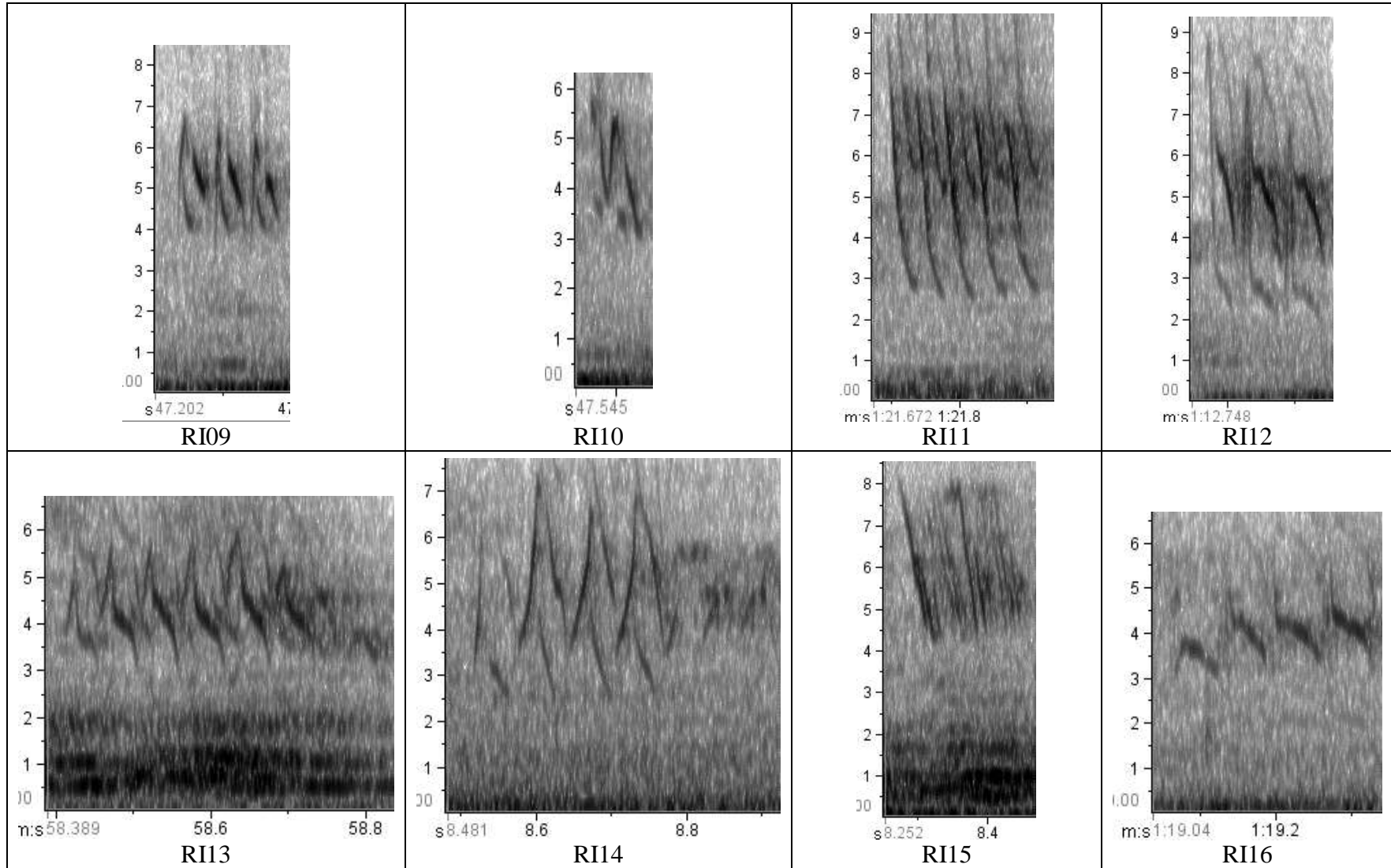


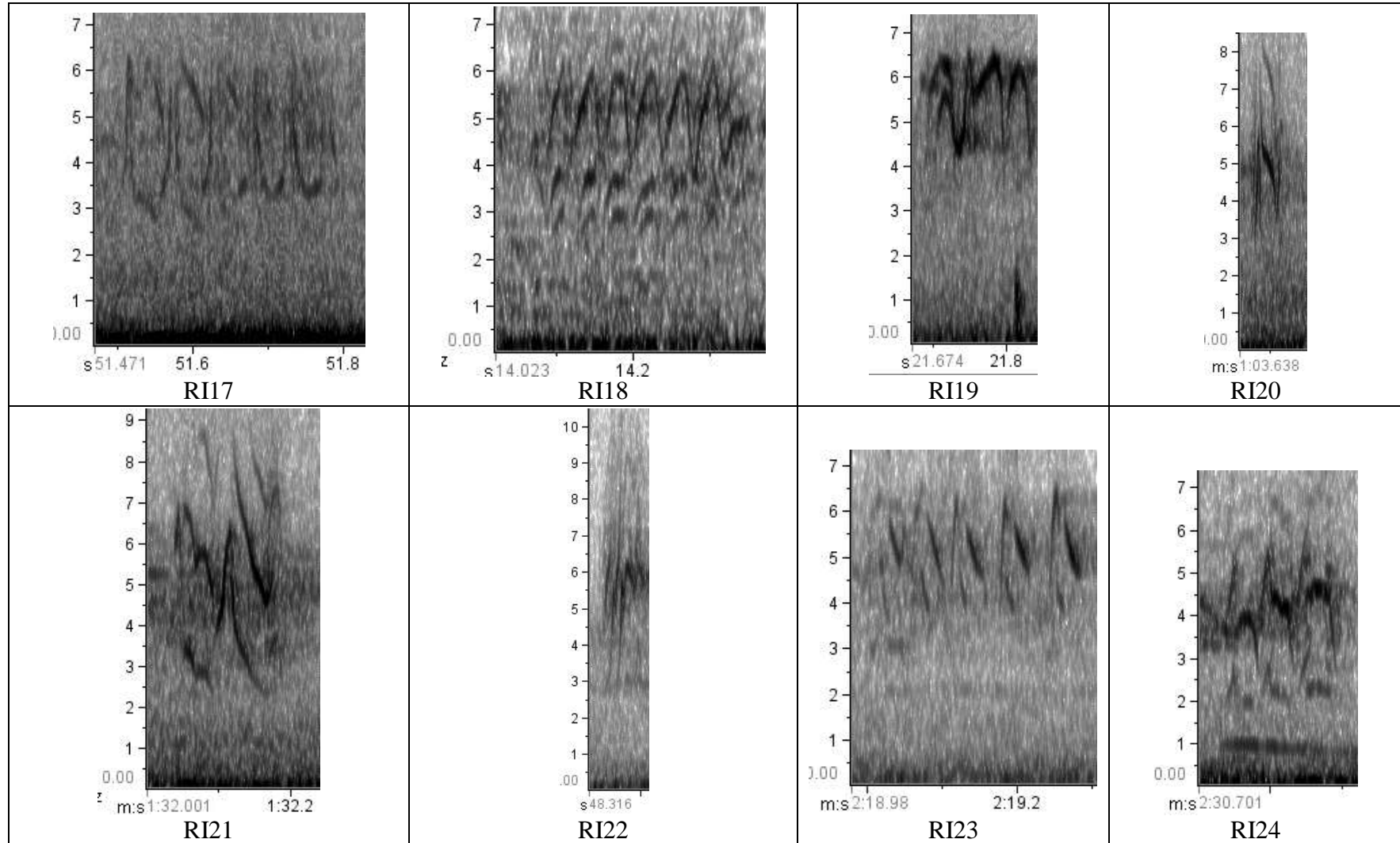


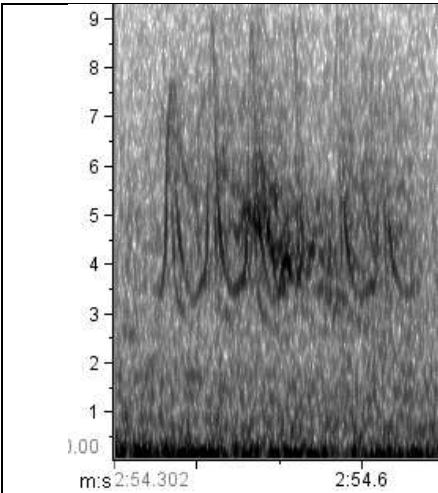


Riscos

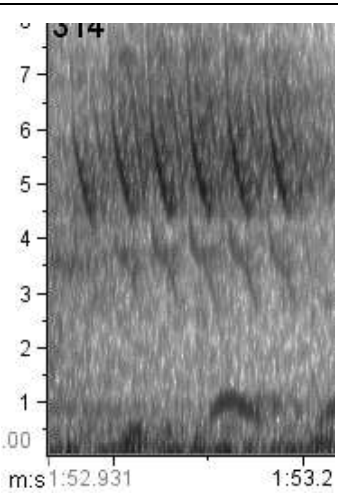




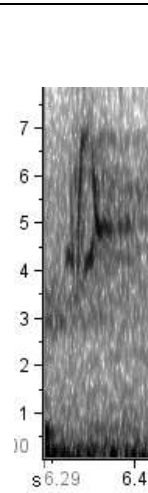




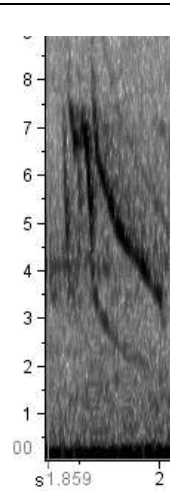
RI25



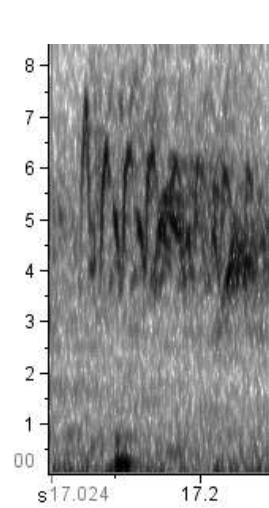
RI26



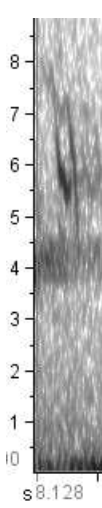
RI28



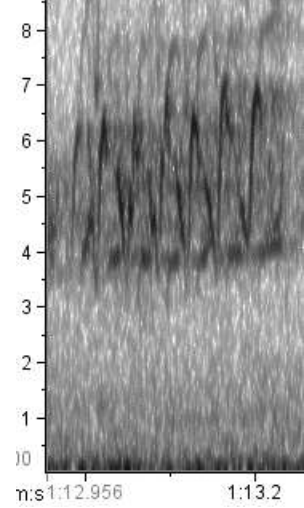
RI29



RI30

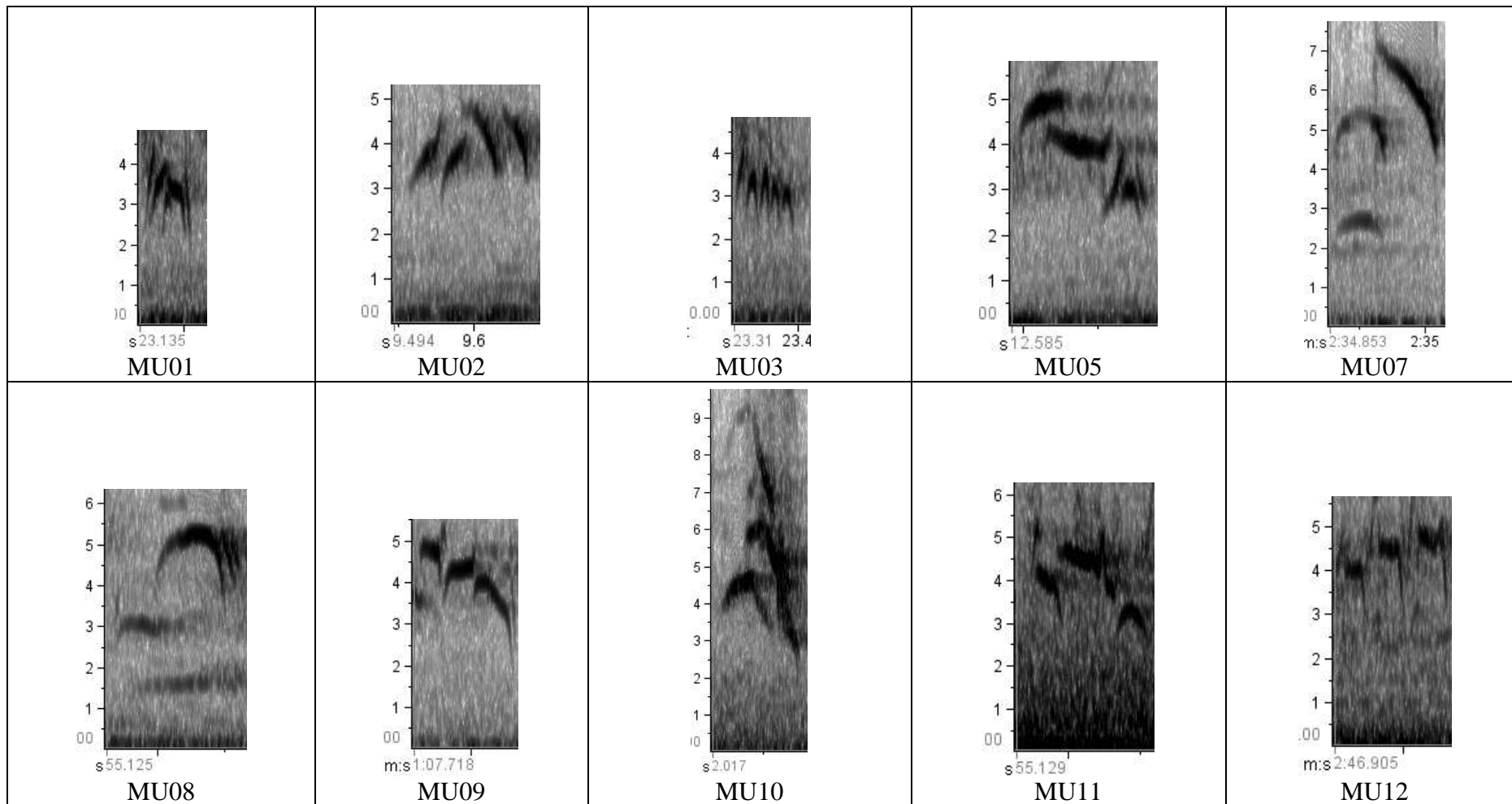


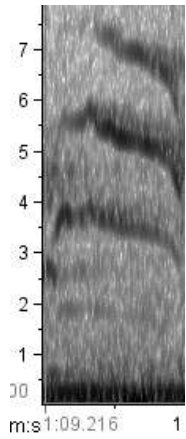
RI31



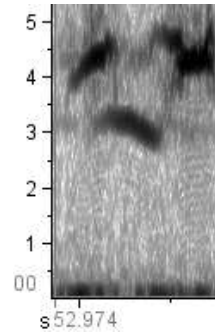
RI32

Múltiplos

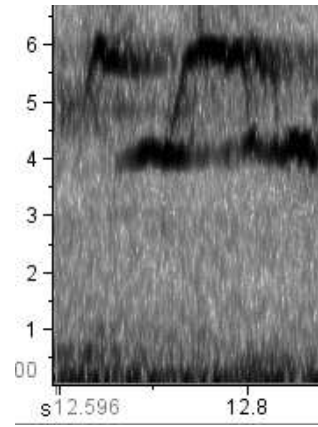




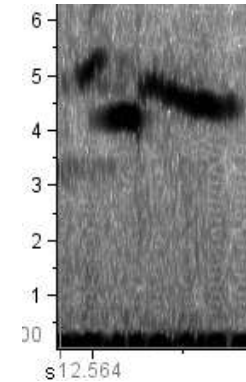
MU13



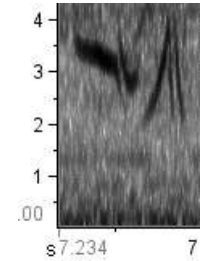
MU14



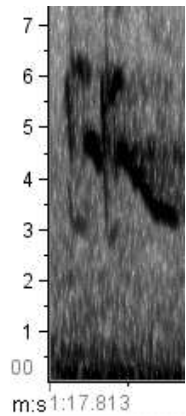
MU15



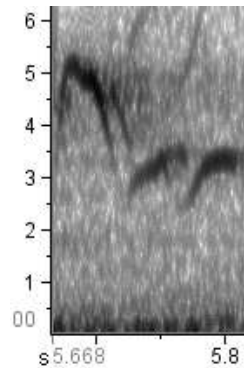
MU16



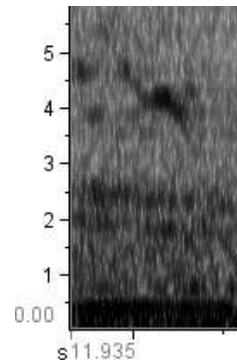
MU18



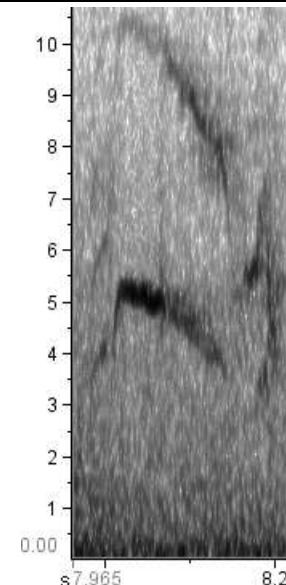
MU19



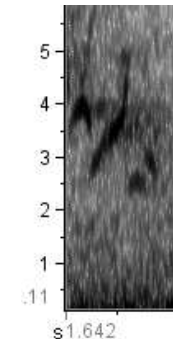
MU20



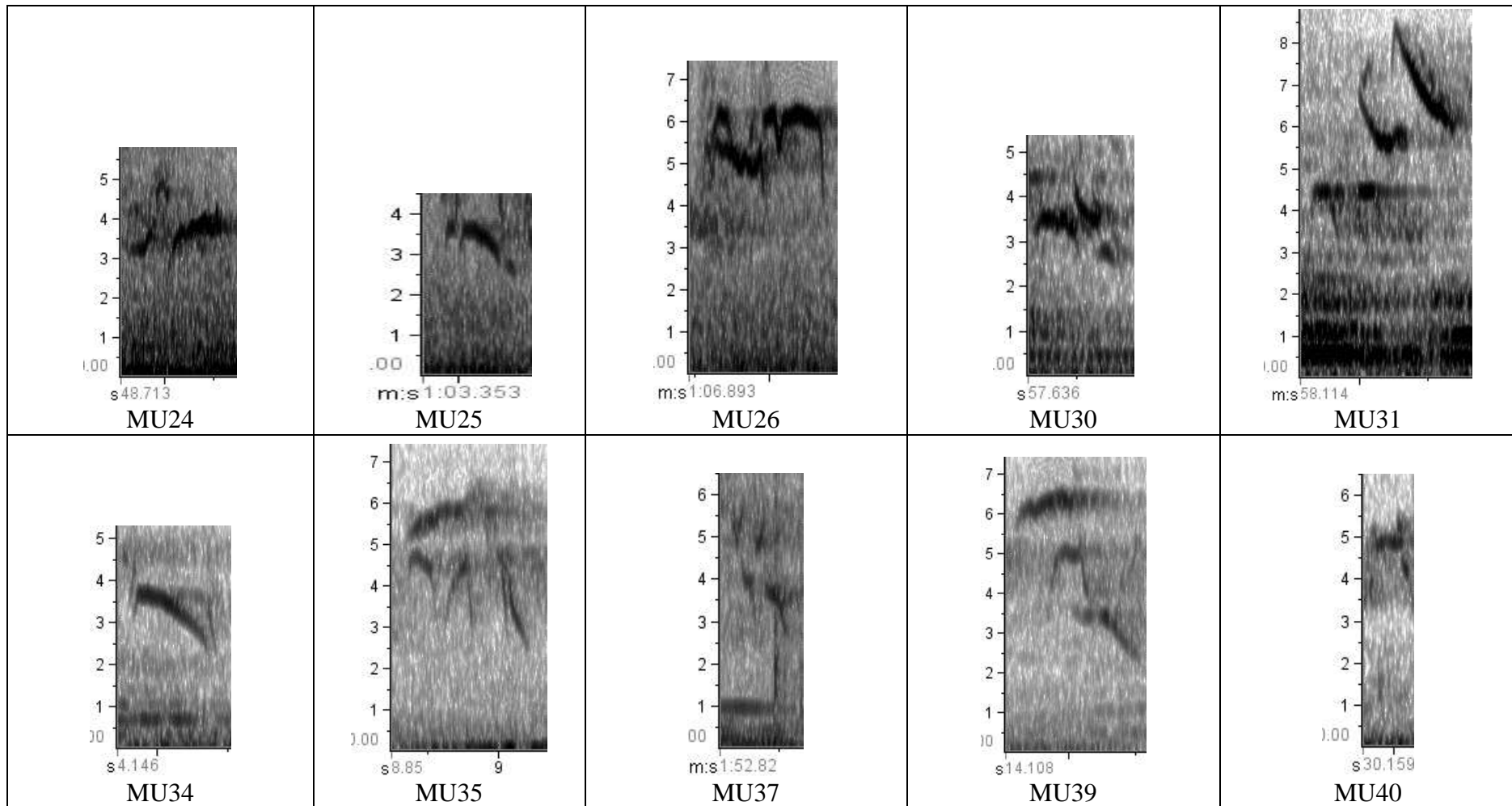
MU21

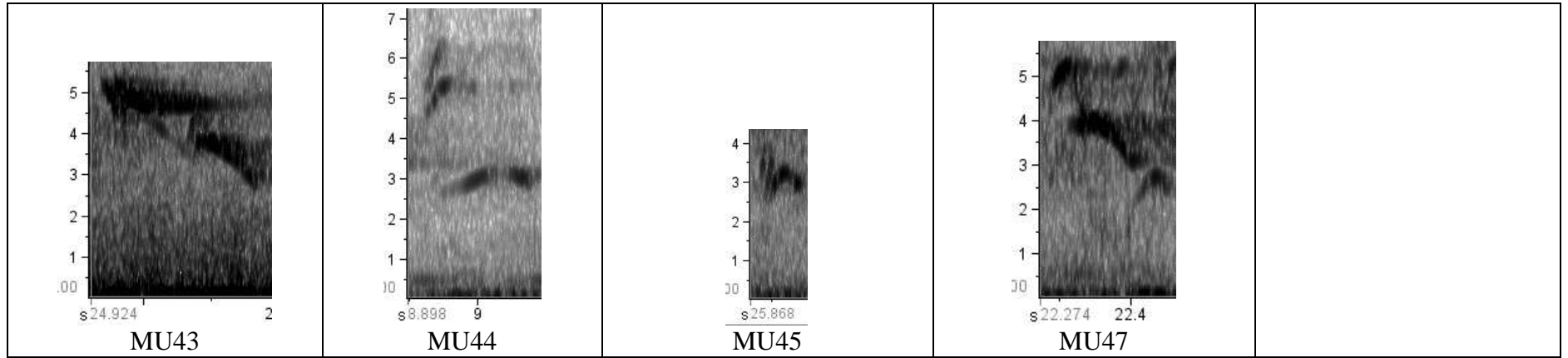


MU22



MU23





Pente

