Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal)
Universidade Federal do Espírito Santo

Influência de obstáculos na ecolocalização de morcegos molossídeos.

Francyne Lyrio Mischiatti

Vitória - ES

2018

Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal)
Universidade Federal do Espírito Santo

Influência de obstáculos na ecolocalização de morcegos molossídeos.

Francyne Lyrio Mischiatti

Albert David Ditchfield

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal) da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Biologia Animal.

Vitória - ES

2018

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

Mischiatti, Francyne Lyrio, 1993-
M678i Influência de obstáculos na ecolocalização de morcegos molossídeos / Francyne Lyrio Mischiatti. - 2018.
35 f.

Orientador: Albert David Ditchfield.
Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Zoologia. 2. Morcegos. 3. Ecologia Animal. I. Ditchfield, Albert David. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 57

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Albert pela oportunidade e confiança no meu trabalho.

Ao meu co-orientador e amigo, obrigada Márcio por me ensinar praticamente tudo que eu sei de bioacústica, por confiar em mim, por abrandar o meu desespero com sua calma me mostrando o quanto acreditava no nosso trabalho e por isso sabia que tudo ia dar certo. Obrigada por ficar horas pensando comigo em ideias malucas para resolver os nossos problemas.

Obrigada aos meus pais. Minha mãe Celeni, por me apoiar e acreditar em mim sempre. Obrigada ao meu Pai Roque, por me apoiar e salvar o trabalho quando eu precisava de transporte para ir ao campo.

Obrigada ao meu namorado Flávio, por estar comigo sempre, aliviando meus dias, trazendo alegria aos meus conflitos e segurando a minha mão sempre que achei que não iria conseguir. Obrigada pelos ensinamentos de todos os dias, de áreas tão diferentes que se mostraram úteis quando eu menos esperava. Obrigada pela ajuda com o Excel, afinal eu estaria organizando meus dados até hoje se não fosse você. Enfim, obrigada por me construir todos os dias, agregando coisas novas e me ajudando a ser uma pessoa melhor, mais organizada e menos desastrada.

Obrigada ao meu grande amigo Vinícius, por todos os ensinamentos. Obrigada por me ensinar a montar redes, por me ensinar a tirar os morcegos, por me ensinar praticamente tudo que eu sei sobre os morcegos hoje. Obrigada por me ajudar sempre em tudo que eu precisei. Obrigada pelos campos que compartilhamos, tantos os que eu ajudei quanto os que eu fui ajudada, todos eles acrescentaram na bióloga que sou hoje.

Obrigada à minha família, as minhas primas Morghana, Jalany e Cristiane que sempre acreditaram e torceram por mim. E aos meus amigos do coração: Joly, Miza, Mari, Cinthya, Livia e Kerol, que estavam sempre aqui, dispostos a ajudar, me alegrando e me ouvindo reclamar quando algo não saía como o esperado.

Obrigada aos professores do PPGBAN, por dar contribuições com intuito de melhorar o trabalho.

Obrigada ao Dr. José Henrique Ferreira pelo suporte e paciência com as análises estatísticas.

E por fim agradeço ao PPGBAN, UFES e FAPES pela bolsa que me permitiu realizar esse mestrado.

Resumo

O emprego de detectores de ultrassom tem se mostrado útil para complementar as informações sobre o comportamento e ecologia de morcegos tradicionalmente estudados por meio de redes de neblina. Através da análise de parâmetros acústicos dos chamados de ecolocalização, é possível a identificação de espécies, gêneros ou famílias em maior ou menor grau de certeza, indicando que um banco de sons pode ser uma importante ferramenta para o estudo dessas espécies. Todavia a identificação das espécies só é possível quando as características dos sons de ecolocalização das espécies presentes na área estudada já foram previamente descritas. Espécies da família Molossidae, são caracterizadas como forrageadores de espaço aberto, que emitem pulsos longos de banda estreita e de frequências relativamente baixas. No entanto, vários molossídeos apresentam um alto nível de plasticidade vocal, adaptando seus chamados de ecolocalização de acordo com as circunstâncias. A estrutura do chamado de ecolocalização pode ser influenciada pela tarefa que o morcego executa (localização, detecção ou perseguição de presas) e pelo nível de obstáculos presente no ambiente de forrageio.Sendo assim o objetivo deste trabalho foi descrever a variação dos parâmetros dos chamados de ecolocalização de Molossus molossus, Molossus rufus e Molossus coibensis de acordo com diferentes proximidades aos obstáculos. Foi verificado plasticidade vocal nas três espécies estudadas. M.molossus, M. rufus e M. coibensis possuíram uma estrutura de sequência semelhante durante o trajeto de voo, emitindo chamados de frequência modulada (FM) quando encontravam-se próximos ao chão e aos obstáculos e de frequência quase constante (FQC) quando encontravam-se distantes do chão e dos obstáculos. A maior variação

foi encontrada quando passavam em distância intermediária ao chão e aos obstáculos: M. molossus alternou chamados FQC e chamados FM enquanto as outras duas espécies exibiram chamados FQC diferenciados com frequência máxima e mínima mais altas que os chamados FQC característicos de cada uma das espécies.

Abstract

The use of ultrasonic detectors are useful in complementing information on the behavior and ecology of bats traditionally studied through mist nets or traps. Through the analysis of acoustic parameters of the echolocation calls it is possible to identify species, genera or family to a greater or less degree of certainty, indicating that a sound bank can be an important tool for the study of these species. However, species identification is only possible when the characteristics of the echolocation sounds of the species present in the studied area was been previously described. Individuals in the Molossidae family are open space foragers, which emit long narrow band pulses and relatively low frequencies. However, several molossídeos studies present a high level of vocal plasticity, adapting their calls of echolocation according to the circumstances. The structure of the calls can change depending on the task that the bat performs (locating, detecting or pursuing prey) and by the level of clutter present in the foraging environment. Thus, the objective of this work was to describe the variation of the parameters of the calls of Molossus molossus, Molossus rufus and Molossus coibensis according to different approaches to the clutter. The three species studied showed vocal plasticity. M.molossus, M. rufus and M. coibensis had a similar sequence structure during the flight path, emitting modulated frequency (MF) calls when they were close to the ground and clutter and quase-constant frequency (QFC) when they were far from the ground and clutter. The greatest variation founded when they passed in intermediate distance to the ground and clutters: M. molossus alternated QFC and MF calls while the other two species exhibited different QFC calls with maximum and minimum frequency higher than the QFC call characteristic of each specie.

1. Introdução

A ecolocalização é um sistema sensorial utilizado por microquirópteros para se orientar no espaço. Tal sistema é ideal para detectar pequenos insetos aéreos à noite. Logo, morcegos insetívoros utilizam este sistema para detectar, identificar e localizar suas presas (SCNHITZLER & KALKO 2001). Porém, a ecolocalização não é tão eficaz para detectar presas escondidas entre objetos que não interessam o morcego, como por exemplo as folhas. O problema para o morcego então é isolar o eco da presa, do eco gerado por efeitos indesejados (obstáculos) (JONES, 1999).

A estrutura do chamado de ecolocalização pode ser influenciada pela tarefa que o morcego executa (fase de busca, localização ou perseguição de presas) e pelo nível de obstáculos presente no ambiente de forrageio (SCNHITZLER E KALKO 2001, MORA et al. 2004, XU et al. 2008). Essa estrutura pode variar quanto à frequência máxima, frequência mínima, frequência pico e duração do pulso e pode ser descrita e classificada de acordo com os componentes que à constituem. Estes são classificados em frequência constante (FC), frequência quase constante (FQC) e frequência modulada (FM) (SCNHITZLER E KALKO 2001).

Chamados de FC e FQC concentram energia em uma largura de banda mais estreita, por uma duração mais longa sendo mais eficientes para detecção e pouco eficazes para localização. Chamados FM cobrem uma ampla gama de frequências em pouco tempo. Esses chamados são úteis para a localização de objetos, porque seus os ecos codificam informações precisas sobre a distância e o ângulo do alvo.

Os morcegos da família Molossidae, possuem asas estreitas e longas em relação ao corpo, o que lhes conferem um voo rápido e de pouca manobrabilidade, devido a estas características são considerados forrageadores de espaço aberto (KOSSL et al., 1999). Forrageando em espaços abertos emitem caracteristicamente pulsos longos, de banda estreita e de frequências relativamente baixas, classificados como FQC. Os chamados FQC também são usados para navegar em ambientes com poucos obstáculos. (SCHNITZLER & KALKO, 2001).

A família Molossidae é composta majoritariamente por insetívoros aéreos, que emitem chamados FQC. Porém em alguns molossideos como *Mormopterus minutus* (MORA et al. 2011) e *Molossops temminckii* (Guilém-Servent e Ibánez 2007) e *Molossus* (MORA et al 2004) já foi constatada alta plasticidade vocal e capacidade e emitir chamados FM e FQC para o forrageio em áreas com grande quantidade de obstáculos.

Devido à dificuldade em capturar espécies insetívoras com as tradicionais redes de neblina, o emprego de detectores de ultrassom tem se mostrado útil para complementar as informações sobre o comportamento e ecologia destes morcegos. O estudo da diversidade acústica das espécies de morcegos gerou dados suficientes para a construção de uma base de sons que permite a identificação de várias espécies (KALKO,1995, SCHNITZLER e KALKO, 2001, SIEMERS et al. 2001, FARIAS, 2012).

Entretanto, quando se trata de espécies que possuem alta plasticidade no repertório acústico é importante avaliar os chamados de ecolocalização dos morcegos em diferentes condições para evitar ambiguidade nas identificações

das espécies (O'FARRELL e MILLER, 1999, RYDELL et al. 2002, BISCARDI et al. 2004, XU et al. 2008).

Visando elevar o conhecimento sobre o repertório vocal da família molossidae o objetivo deste trabalho foi descrever a variação e o comportamento de ecolocalização, a partir de filmagens e gravações, dos parâmetros dos chamados de ecolocalização de *Molossus, Molossus rufus* e *Molossus coibensis* relacionada com diferentes distâncias em relação aos obstáculos.

Foi previsto que os chamados mostrariam diferentes estruturas espectrais e temporais quando emitidos durante o forrageamento em espaço aberto em comparação com os chamados emitidos próximos a obstáculos. Foi previsto também que nos diferentes intervalos de distância não haveria sobreposição entre os chamados das três espécies estudadas. Os chamados foram caracterizados tanto qualitativamente (FC, FQC ou FM) como quantitativamente (medidas dos parâmetros) para examinar a variação dos chamados associada com as condições de voo.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Reserva Biológica de Sooretama. Esta possui uma grande área de Mata Atlântica primária remanescente, cuja área total é de 27.946 ha, se estendendo pelos municípios de Sooretama, Linhares, Jaguaré e Vila Valério. Possui área continua a da Reserva Florestal da Vale (mais de 22.000 ha), formando um complexo florestal de quase 50.000 ha, correspondente ao maior e mais bem preservado fragmento de Mata Atlântica ao norte do Rio de Janeiro.

Os morcegos foram capturados em abrigos (telhados de casas) localizados próximos à sede da reserva e liberados no entorno desses abrigos para as filmagens e gravação de som. A paisagem no entorno dos abrigos é constituída por uma área majoritariamente aberta com presença de poucas casas e cercada por árvores. Foram obtidas medidas dos principais elementos constituintes desta paisagem com uma trena laser BOSCH Professional GLM 30 a fim de fornecer valores de referência para as filmagens.

2.2 Coleta de dados

A capturas foram realizadas ao anoitecer com redes de neblina armadas em frente às saídas dos abrigos. Foram capturados indivíduos adultos e jovens, nos indivíduos adultos haviam machos e fêmeas em estado reprodutivo.

Os indivíduos capturados foram marcados (por meio de pintura nas unhas), acondicionados em sacos de algodão e liberados ao amanhecer. A escolha de liberá-los apenas ao amanhecer, para a gravação, foi feita devido a

necessidade de gravar apenas o morcego que estava sendo solto e não outros que pudessem estar voando no momento.

No momento da soltura, os morcegos foram colocados individualmente em uma plataforma para voarem espontaneamente. A plataforma, proposta pelo presente trabalho, possui formato retangular (50 cm X 30 cm) fixada no topo de uma haste com 3 metros de altura. Assim o trajeto de voo foi registrado por uma câmera filmadora Kodak EasyShare Z990 12 MP Digital Camera (Zoom Óptico de 30x, captura de vídeo em HD 1080p), enquanto os chamados de ecolocalização foram gravados com um detector de ultrassom Griffin (Stag Electronis, Londres, Inglaterra). As gravações foram feitas no modo expansão de tempo com uma taxa de amostragem de 441kHz e o som expandido em 10 vezes.

2.3 Análise de dados

As gravações e as filmagens de cada indivíduo foram sobrepostas para registro da altura e da distância em que o morcego se encontrava dos obstáculos no momento da emissão de cada chamado. As gravações foram analisadas no software Avisoft-SASLab Pro (Version 5.2.07, Glienicke Germany). Os espectrogramas foram gerados com uma janela Hamming, tamanho FFT 512, sobreposição de 93,75% e os parâmetros medidos foram: frequência máxima frequência mínima, frequência pico, intervalo entre pulsos e duração.

Os vídeos foram analisados no software Kinovea (Versão 0.8.15). Foram considerados intervalos de distância de 3 em 3 metros do morcego em relação chão e em relação aos obstáculos presentes na paisagem (ávores e casas). Posteriormente os parâmetros acústicos foram classificados qualitativamente e

quantitativamente e correlacionados com cada intervalo de distância registrado. Os intervalos de distância registrados foram categorizados de acordo com a tabela 1.

Os sonotipos registrados para cada espécie foram nomeados para serem identificados na sequência. O sonotipo 1 é o chamado FQC característico de cada espécie. O sonotipo 2 é o chamado FM de cada espécie, enquanto os sonotipos 3 e 4 são os sonotipos novos registrados para cada espécie.

2.4 Análises estatísticas

Para verificar se a variação encontrada nos chamados em cada distância não foi aleatória utilizamos análises de variância (ANOVA). Esses testes foram realizados separadamente para cada espécie. A variável independente foi intervalos de distância do chão ou distância dos obstáculos (nas categorias descritas) e as variáveis dependentes foram os parâmetros: frequência máxima frequência mínima, frequência pico, intervalo entre pulsos e duração. A distância do chão foi analisada separadamente da distância dos obstáculos e foram realizados um teste para cada parâmetro.

Para verificar se houve sobreposição entre os chamados das espécies estudadas foram realizadas Análises Discriminantes usando o método *Stepwise* (*Lambda* de *Wilks*), mantendo as variáveis de maior poder discriminativo na função discriminante (Marôco, 2011). As análises discriminantes foram realizadas separadamente para os chamados FQC e FM.

3. Resultados

Foram obtidas 30 gravações de cada espécie proposta. Cada gravação correspondeu a um indivíduo. O total de chamados de ecolocalização analisados foi de 4509, sendo 1613 de M. molossus, 1881 de M. rufus e 1015 de M. coibensis.

3.1 Plasticidade de chamados

Os chamados emitidos pelos morcegos em diferentes condições de voo (próximo, intermediário e distante do chão e dos obstáculos) apresentaram diferenças acústicas em todos os parâmetros, conforme apresentado a seguir.

3.1.1 M. molossus

Na espécie *M. molossus*, os chamados de ecolocalização emitidos quando os indivíduos voavam próximos ao chão possuíram as seguintes características em relação ao intervalo intermediário e distante: frequência mais alta, duração mais curta, intervalos mais curtos e largura de banda mais ampla, caracterizando o chamado como um chamado FM (Figura 1 B). Quando os indivíduos voavam distante do chão, emitiram os chamados característicos da espécie, que é forrageadora de espaço aberto: chamados longos de banda estreita e de frequências relativamente baixas, chamados FQC (figura 1 A).

No intervalo de distância intermediário, as médias dos parâmetros tiveram valores intermediários em relação aos intervalos próximo e distante. Os resultados encontrados quando os indivíduos voavam próximo, intermediário ou distante aos obstáculos foram semelhantes aos resultados em relação ao chão.

Os valores das médias e anova de cada parâmetro nos intervalos de distância correspondentes podem ser observados nas tabelas 2 e 3.

A semelhança dos resultados se deu devido ao fato de que 98,54% das vezes em que os indivíduos se encontravam voando próximo ao chão, também estavam próximos aos obstáculos e 74,24% das vezes em que os indivíduos se encontravam voando distante do chão, também se encontravam distante dos obstáculos, mostrando um resultado de influência simultânea destes dois fatores.

Os resultados durante o intervalo de distância intermediário nos mostrariam um chamado que se caracterizaria entre o chamado FM(2) e o FQC(1). Porém o que se verifica é uma sequência diferenciada. Esta sequência possui uma alternância de chamados FQC e FM. É registrado um terceiro chamado FQC(3) de frequências mais altas e duração mais curta que o FQC(1) (Figura1). Essa alternância de chamados reflete nas médias mostradas nas tabelas.

3.1.2 M. rufus

M. rufus, assim como *M. molossus*, quando voava próximo ao chão e aos obstáculos emitia chamados de frequência alta, duração curta, intervalos curtos, e largura de banda ampla FM(2) (Figura 2 B). Quando os indivíduos voavam em espaço aberto, distante do chão e dos obstáculos, emitiram os chamados característicos da espécie: chamados longos, de banda estreita e de frequências baixas FQC(1) (Figura 2 A). Durante o intervalo intermediário, os parâmetros duração, intervalo, frequência máxima e frequência pico tiveram valores médios quando comparados ao intervalo próximo e distante. A frequência mínima teve

um valor maior nesse intervalo, evidenciando a presença de chamados diferenciados dos registrados nos outros intervalos. A média da largura de banda no intervalo intermediário foi próxima a do intervalo distante evidenciando a predominância de chamados FQC nesse intervalo.

Foram identificados mais dois chamados do tipo FQC(3) e (4) no intervalo intermediário e estes podem ser observados na (Figura 2). O chamado 3 e 4 caracterizam-se entre o 1 e o 2 quanto à frequência máxima e pico mas não quanto à frequência mínima e modulação. Os valores das médias e resultado do teste anova de cada parâmetro nos intervalos de distância correspondentes podem ser observados nas tabelas 4 e 5.

Em *M. rufus* também houve semelhança nas médias dos intervalos próximo ao chão e próximo aos obstáculos. Da mesma maneira que *M. molossus*, 99,68% das vezes que *M. rufus* se encontrava voando próximo ao chão, também estava próximo aos obstáculos e 92,99% das vezes se encontrava distante do chão também se encontrava distante dos obstáculos.

3.1.3 M. coibensis

M. coibensis mostrou padrão semelhante às outras duas espécies estudadas. Distante do chão e dos obstáculos, os chamados foram característicos: longos, de banda estreita e de frequências baixas: FC e FQC (1) (Figura 3 A). Próximo ao chão e obstáculos também foram chamados de frequência alta, duração curta, intervalos curtos, e largura de banda ampla: FM (Figura 3 B). Essa espécie, assim como *M. rufus*, exibiu outros 2 chamados no intervalo intermediário, cujos parâmetros duração, intervalo, frequência máxima e frequência pico tiveram valores médios quando comparados ao intervalo

próximo e distante, porém com frequência mínima maior que a dos intervalos anteriores e largura de banda parecida com a do intervalo distante. Logo também é registrada a predominância de chamados FQC. Todos os tipos de chamados registrados para *M. coibensis* podem ser observados na figura 3. Os valores das médias e resultado do teste anova de cada parâmetro nos intervalos de distância correspondentes podem ser observados na tabela 6 e 7.

M. coibensis, 100% das vezes que voou próximo do chão também voou próximo aos obstáculos e 90,03% das vezes em que estava voando distante do chão também estava distante dos obstáculos.

3.2 Descrição do trajeto de voo e comparação das sequencias entre as espécies

O trajeto de voo que os indivíduos das três espécies realizaram compreendeu basicamente quatro fases: 1) Saída da plataforma em uma região próxima do chão e dos obstáculos; 2) Ganho de altura e passagem por uma área de obstáculos com distância intermediária; 3) Ultrapassagem da altura da copa das árvores e voo em área livre de obstáculos; 4) Redução da altura de voo em direção ao abrigo.

A fase 4 pôde ser observada nas filmagens mas não foi registrada pelo gravador pois o abrigo estava localizado distante do mesmo.

M. molossus, M. rufus e M. coibensis exibiram comportamento de sequência de chamados semelhante durante o trajeto. Na fase 1 todos os indivíduos das três espécies emitiram uma sequência de chamados FM com intervalos curtos. Na fase 3 os morcegos emitiram sequências de chamados

FQC característicos de cada uma de suas espécies, com intervalos longos, em espaço aberto. As espécies diferiram, na sequência, principalmente na fase 2.

A sequência de *M. molossus*, na fase 2, exibiu chamados FM e FQC alternados, com intervalos de tamanho médio, quando comparados com as sequencias da fase 1 e 3. *M. rufus* e *M. coibensis* diferiram de *M. molossus* em comportamento na fase 2: estes, exibiram uma sequência composta majoritariamente por chamados FQC. No entanto esses chamados, em sua maioria, diferiram dos chamados FQC característicos das espécies nos seguintes parâmetros: frequência máxima, mínima e pico, que foram maiores, e duração que foi menor que o chamado FQC padrão (tabelas 4,5, 6 e 7).

Os intervalos nesta sequência também possuíram valores medianos quando comparados aos intervalos das sequências das fases 1 e 3. As sequências das 3 espécies em cada fase durante o trajeto podem ser observadas na figura 4.

3.3 Comparação dos chamados FQC e FM entre as espécies

A análise discriminante demonstrou, para os chamados FQC, que os parâmetros largura de Banda, frequência mínima e frequência pico explicam 94,5% da variabilidade entre os grupos. Os outros 5,5% são representados pelos parâmetros frequência Máxima, duração e intervalo. A partir desta análise foi possível identificar as espécies, com base nos chamados FQC. A precisão da classificação com base nas variáveis presentes teve 64,1% de acerto (Figura 5). Quando aos chamados FM, os parâmetros frequência máxima, frequência mínima e frequência pico explicaram 87,8% da variabilidade entre os grupos

enquanto 12,2% da variabilidade foi explicada pelos parâmetros duração e intervalo. A identificação das espécies com base nos chamados FM obteve 67,3% de acerto (Figura 6).

4. Discussão

Este trabalho fornece as primeiras descrições de chamados de *M. molossus, M. rufus e M. coibensis* com visualização total do ambiente em que esses animais se encontram no momento da emissão do pulso. Os resultados obtidos mostram claramente a influência que os obstáculos exercem na variação dos chamados destas espécies.

Vale ressaltar que, no presente trabalho foram registrados chamados correspondentes apenas à fase de busca das três espécies. Isso ocorreu porque, provavelmente, por terem sido soltos ao amanhecer, todos os indivíduos deixaram a plataforma visando voltar para o abrigo e não forragear. A intenção de voltar para o abrigo fica clara quando observado o trajeto dos indivíduos passando pelas 4 fases descritas. Dessa maneira, foi possível visualizar a influência exercida pelos obstáculos sem a influência da mudança do chamado devido à aproximação pela fase de forrageamento.

A plasticidade de *M. molossus* foi, em parte, registrada por Mora et al. (2004), sendo identificados diferentes chamados em relação as fases de detecção, localização, e perseguição da presa, além de chamados emitidos próximos ao abrigo. Durante a caracterização destes chamados, não foi possível observar a influência dos obstáculos, exceto nos chamados emitidos próximos ao abrigo.

No presente trabalho, *M. molossus* na fase 1 (próximo ao chão e obstáculos) exibiu uma sequência de chamados modulados semelhantes à sequência que Mora et. al (2004) registrou quando a mesma espécie se aproximava do abrigo. Esse tipo de chamado de banda ampla e intervalos curtos permite uma melhor análise do ambiente, além de proporcionar detalhes dos obstáculos, o que é conveniente para um morcego voando em alta velocidade próximo de obstáculos (SCNHITZLER & KALKO 2001).

Foi acrescentado ao repertório de *M. molossus* um tipo de sequência que não havia sido descrito para essa espécie. Essa sequência mescla chamados FM e FQC e foram registradas em 70% das sequências onde *M. molossus* passava pelo intervalo de distância intermediário ao chão e aos obstáculos. Esse tipo de sequência também foi registrado em algumas gravações onde o indivíduo encontrava-se em distância intermediária ao chão e próximo aos obstáculos. Essa alternância de chamados pode refletir uma adaptação para interagir com a mudança do habitat tridimensional ao longo do seu trajeto de voo. A sequência em questão se assemelha à registrada por Mora et al (2011) para o inventário sonoro de *Mormopterus minutus,* outro membro da família molossidae que também possui plasticidade vocal.

Para *M. rufus,* foram registrados chamados modulados quando este encontrava-se na fase 1 do trajeto que ainda não haviam sido descritos. Os chamados FQC de *M. rufus* foram descritos nos trabalhos de Fenton (1998) e Jung et al. (2014). Os chamados de busca FQC, registrados no presente trabalho enquanto o morcego encontrava-se na fase 3 (seu ambiente natural de forrageamento) possuíram frequências bem mais altas que as descritas pelos dois autores citados. Os chamados em questão se assemelham aos descritos

por Jung et al. (2014) quanto à morfologia, porém não quanto aos valores dos parâmetros. Na fase 2 (em distância intermediária identificamos pulsos com frequências máximas e mínimas ainda mais altas.

Vale ressaltar que no trabalho de Fenton (1998) e Jung et al. (2014) não era possível saber o nível de obstáculos que o indivíduo estava enfrentando ao emitir os chamados. Porém, sabemos que, no presente trabalho, mesmo em ambiente totalmente aberto, bem acima da copa de todas árvores as frequências emitidas não foram tão baixas quanto o esperado. A diferença quantitativa encontrada pode ser resultado de uma variação geográfica existente nessas espécies (BARCLAY et. al 1999).

M. coibensis mostrou comportamento geral de sequência mais próximo de *M.rufus* do que de M. molossus, apesar de seus chamados individualmente assemelharem-se mais com os de *M. molossus*. Essa espécie não utilizou alternância de chamados ao passar pela fase 2, e exibiu chamados FQC de frequências máximas e mínimas mais altas que os seus característicos.

A maioria das mudanças dentro do repertório acústico das espécies podem ser consideradas quantitativas e incluem ajustes na duração e conteúdo espectral dos chamados. No entanto, durante a fase 2 (distância intermediária dos obstáculos e do chão), os morcegos apresentaram diferenças quanto a estrutura da sequência. Enquanto M.rufus e M.coibensis ajustaram seus chamados FQC de modo a emitirem novos chamados, ainda FQC, porém com frequências máximas e mínimas mais altas que os característicos, M.molossus apresenta alternância de chamados entre o chamado FM emitido na fase 1 e um novo chamado FQC. Se o número diferentes de chamados puder ser visto como uma indicação do número de diferentes tarefas perceptivas que uma

determinada espécie pode resolver (Simmons e Stein,1980), então o repertório acústico plástico destas espécies pode conferir uma vantagem comportamental que permite-lhes explorar diferentes habitats e / ou recursos alimentares.

Sabe-se que o tamanho corporal é um fator que influencia os parâmetros dos chamados. Jones (1999) prevê uma correlação negativa entre tamanho corporal e frequência e uma correlação positiva entre duração e massa corporal. Por possuírem tamanhos e massa corporal semelhantes, M.molossus e M.coibensis podem apresentar diferentes estratégias no ajuste dos chamados para que se diferenciem quanto ao acesso aos recursos. Safi & Siemers (2010) desenvolveram um modelo que corroborou a hipótese de que a interação do viés sensorial, gerado a partir das diferentes frequências dos chamados, associado à condições atmosféricas e distribuição de tamanhos de presa podem influenciar a repartição de nicho nesses animais.

A análise discriminante demonstrou que apesar da influência dos obstáculos e a plasticidade dos chamados é possível identificar as espécies tanto em relação aos chamados FQC quanto FM, demonstrando que as modificações são ajustes, quantitativos ou qualitativos, mantendo o design distinto de cada espécie, dentro dos limites fisiológicos das mesmas (Jung et. al 2014).

O presente trabalho complementa o repertório acústico das espécies estudadas, adicionando os dados dos chamados modulados de *M. rufus* e *M. coibensis* que não haviam sido registrados anteriormente, além de novos chamados FQC registrados na fase de distância intermediária. Contribui também com registro da estrutura das sequências diferenciadas na fase intermediária das espécies estudadas além, de ressaltar a importância do monitoramento do

trajeto de voo durante a gravação acústica para melhor distinguir as fontes de variação dos parâmetros.

5. Tabelas e figuras

Tabela 1: Classificação dos Intervalos de distância.

Distância do chão e dos obstáculos	**Classificação**
Até 3 metros	Próximo
Entre 3 e 6 metros	Intermediário
A partir de 6 metros	Distante

Tabela 2: Valores de média e resultado da Análise de variância (ANOVA) dos parâmetros de *M. molossus* em relação a distância do chão.

	Distância	**do**	**chão**	
Parâmetro	**Próximo**	**Intermediário**	**Distante**	**Anova** **p<0,001**
Freq. Max.(kHz)	48,15	40,79	38,9	621,248
Freq. Mín.(kHz)	27,16	30,69	31,54	145,802
Freq. Pico (kHz)	39,99	35,720	35,03	164,079
Lar. Banda(kHz)	17,43	9,21	6,82	488,110
Duração (ms)	4,81	7,38	10,04	1036,299
Intervalo (ms)	108,5	133,2	160,547	65,226

Tabela 3: Valores de média e resultado do teste de variância (Anova) dos parâmetros de *M. molossus* em relação a distância dos obstáculos.

	Distância	**dos**	**obstáculos**	
Parâmetro	**Próximo**	**Intermediário**	**Distante**	**Anova p<0,001**
Freq. Max.(kHz)	46,06	39,70	39,04	342,882
Freq. Mín.(kHz)	28,20	30,94	31,57	89,995
Freq. Pico (kHz)	38,74	35,46	35,03	96,755
Lar. Banda (kHz)	15,02	8,26	6,8	276,470
Duração (ms)	5,52	8,64	9,95	667,546
Intervalo (ms)	116,07	147,58	157,05	45,106

Tabela 4: Valores de média e resultado do teste de variância (Anova) dos parâmetros de *M. rufus* em relação a distância do chão.

	Distância	**do**	**chão**	
Parâmetro	**Próximo**	**Intermediário**	**Distante**	**Anova p<0,001**
Freq. Max.(kHz)	44,91	39,23	33,71	1074,651
Freq. Mín.(kHz)	23,27	27,65	24,45	118,680
Freq. Pico (kHz)	34,61	32,45	28,37	275,230
Lar. Banda (kHz)	19,06	9,09	7,37	640,727
Duração (ms)	4,06	5,9	13,61	1492,115
Intervalo (ms)	82,34	144,85	242,63	401,139

Tabela 5: Valores de média e resultado do teste de variância (Anova) dos parâmetros de *M. rufus* em relação a distância dos obstáculos. *A diferença encontrada entre os valores não foi significativa.

	Distância	**dos**	**obstáculos**	
Parâmetro	**Próximo**	**Intermediário**	**Distante**	**Anova p<0,001**
Freq. Max.(kHz)	44,23	37,99	33,54	1001,601
Freq. Mín.(kHz)	23,88	27,72	24,25	87,670
Freq. Pico (kHz)	34,24	32,29	28,15	274,139
Lar. Banda (kHz)	17,82	7,83*	7,40*	534,375
Duração (ms)	4,27	6,64	13,99	1629,204
Intervalo (ms)	89,40	152,35	247,85	405,175

Tabela 6: Valores de média e resultado do teste de variância (Anova) dos parâmetros de *M. coibensis* em relação a distância do chão. * A diferença encontrada entre os valores não foi significativa.

	Distância	**do**	**chão**	
Parâmetro	**Próximo**	**Intermediário**	**Distante**	**Anova p<0,001**
Freq. Max.(kHz)	48,28	40,24	38,71	425,030
Freq. Mín.(kHz)	29,45*	30,71	29,35*	7,128
Freq. Pico (kHz)	41,04	35,66	33,98	215,167
Lar. Banda (kHz)	14,89	7,24*	7,19*	322,753
Duração (ms)	4,10	7,04	9,8	633,643
Intervalo (ms)	87,53	148,149	160,9	78,787

Tabela 7: Valores de média e resultado do teste de variância (Anova) dos parâmetros de *M. coibensis* em relação a distância dos obstáculos.

	Distância	**dos**	**obstáculos**	
Parâmetro	**Próximo**	**Intermediário**	**Distante**	**Anova p<0,001**
Freq. Max.(kHz)	47,15	38,91*	38,98*	311,433
Freq. Mín.(kHz)	29,71	29,38	29,57	
Freq. Pico (kHz)	40,27	34,52*	34,19*	169,909
Lar. Banda (kHz)	13,81	7,09*	7,25*	226,184
Duração (ms)	4,43	8,50	9,78	517,375
Intervalo (ms)	96,93	157,94*	157,925*	59,530

Figura 1: Sonotipos registrados para *Molossus molossus*. Chamado FQC característico da espécie classificado como sonotipo 1 (A). Chamado FM classificado como sonotipo 2 (B). Chamado FQC classificado como sonotipo 3 (C).

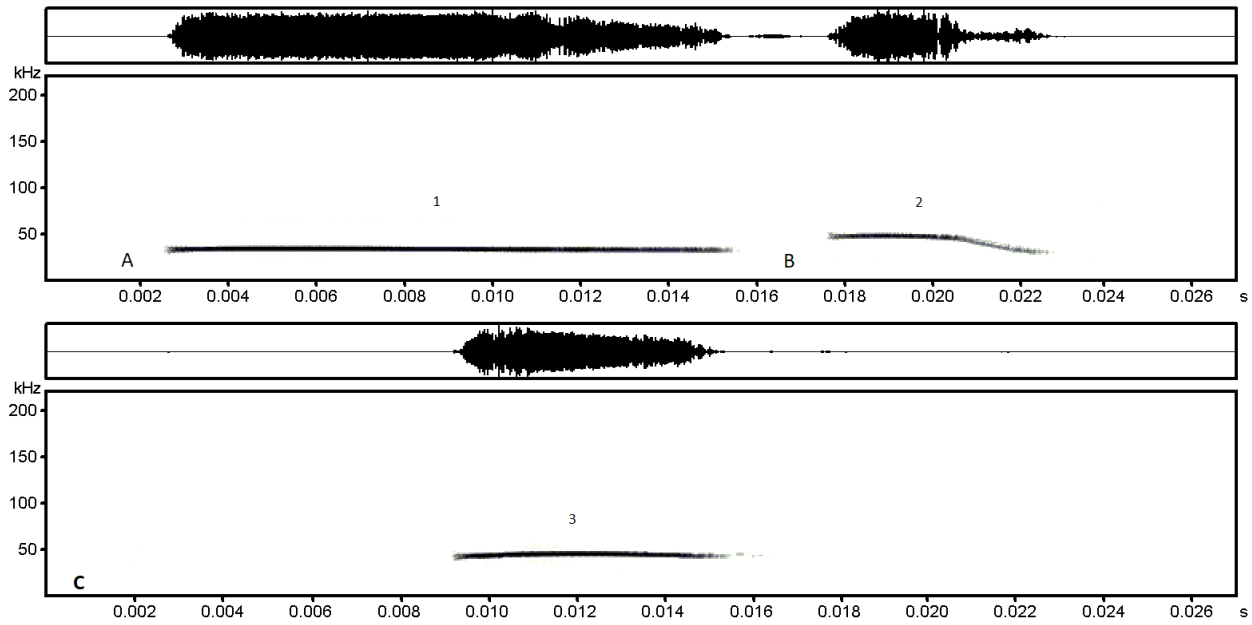


Figura 2: Sonotipos registrados para *Molossus rufus*. Chamado FQC característico da espécie classificado como sonotipo 1 (A). Chamado FM classificado como sonotipo 2 (B). Chamado FQC classificado como sonotipo 3 (C). Chamado FQC classificado como sonotipo 4 (D).

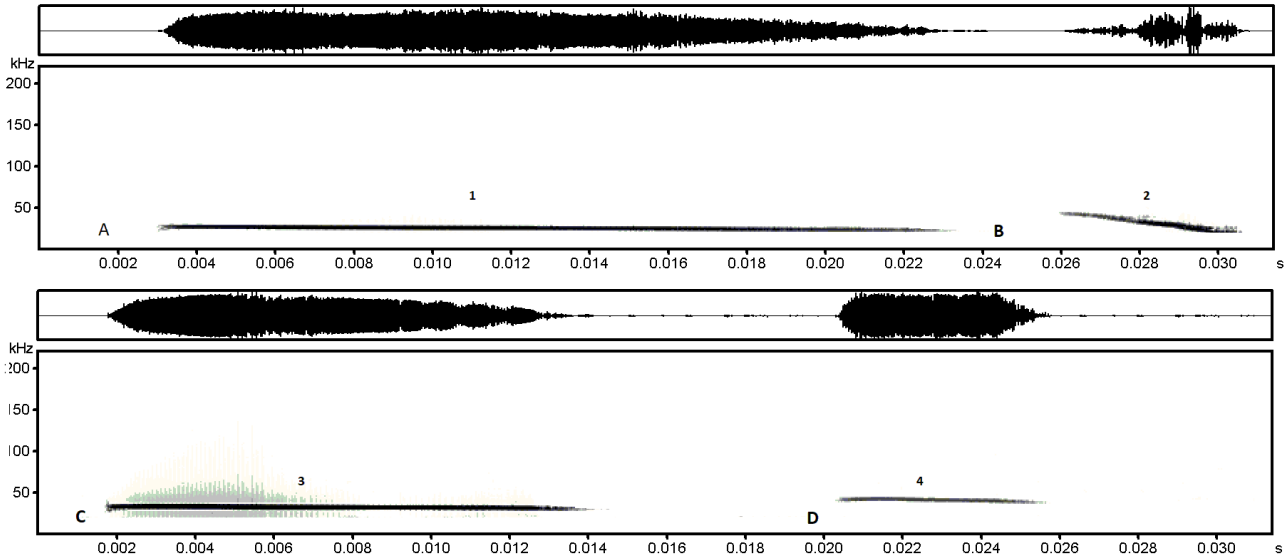


Figura 3: Sonotipos registrados para *Molossus coibensis*. Chamado FQC característico da espécie classificado como sonotipo 1 (A). Chamado FM classificado como sonotipo 2 (B). Chamado FQC classificado como sonotipo 3 (C). Chamado FQC classificado como sonotipo 4 (D).

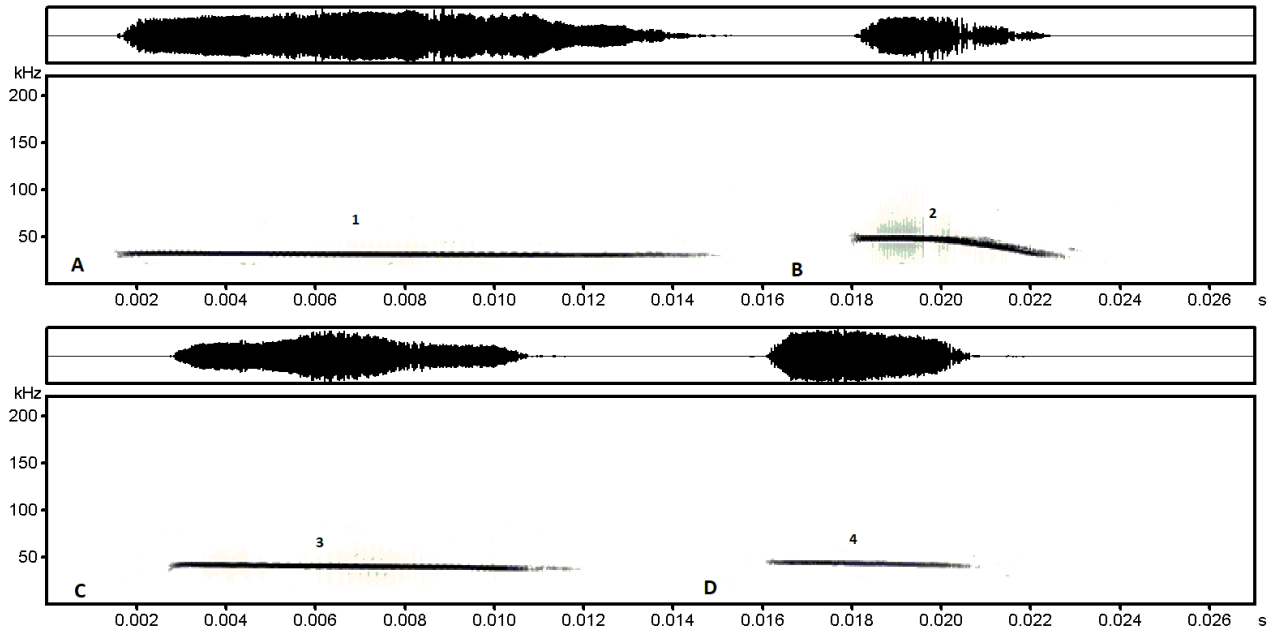


Figura 4: Representação da sequência de chamados durante as fases do trajeto de voo. *Molossus molossus* (A) ; *Molossus rufus* (B); *Molossus coibensis* (C). Os sonotipos classificados para cada espécie foram identificados na sequência. Os intervalos foram removidos e representados artificialmente.

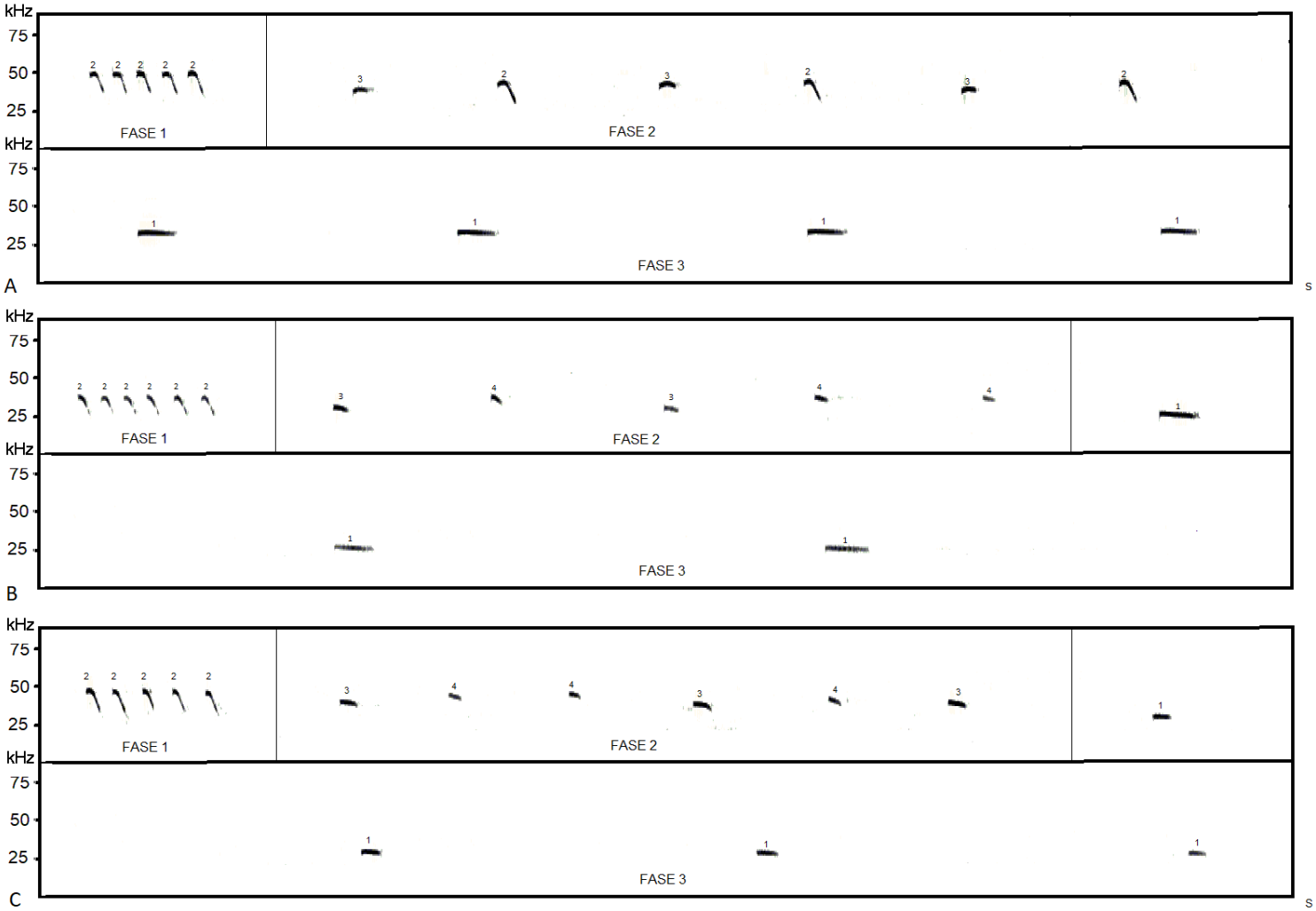


Figura 5: Diagrama com três centróides das espécies e a distribuição dos registros para as duas funções discriminantes dos chamados FQC. Função 1 definida pelos parâmetros: largura de Banda, frequência mínima e frequência pico. Função 2 definida pelos parâmetros: frequência Máxima, duração e intervalo.

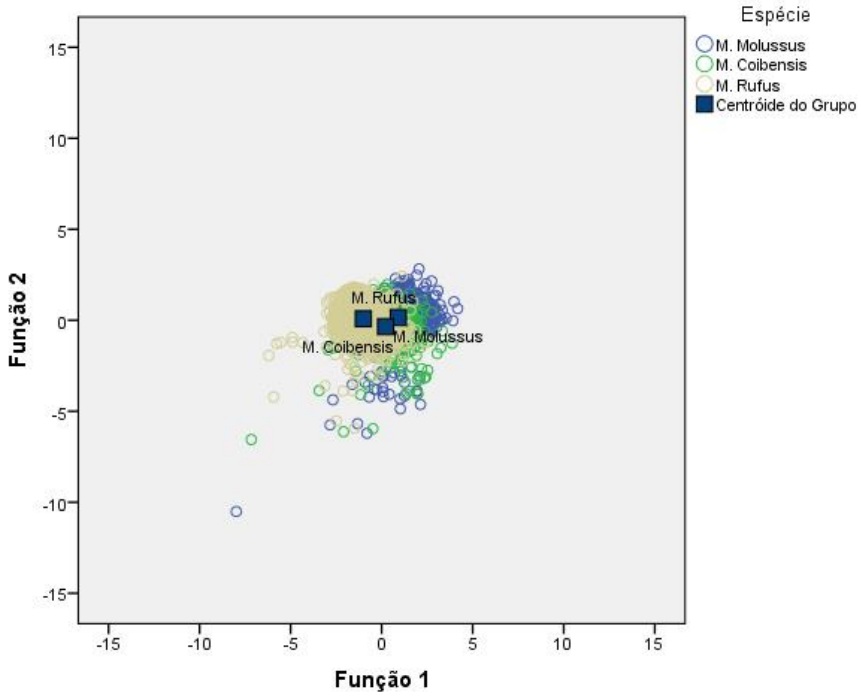
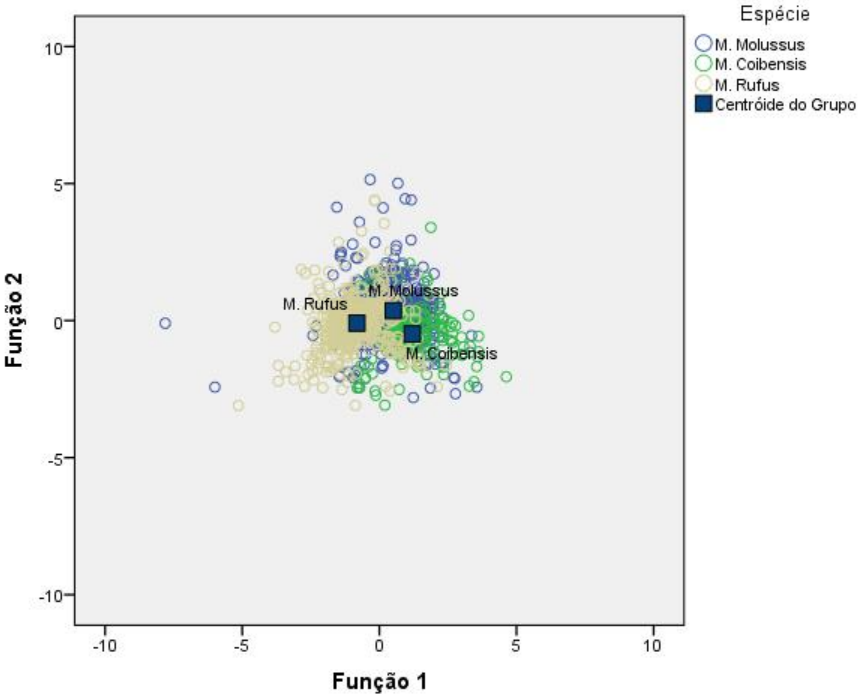


Figura 6: Diagrama com três centróides das espécies e a distribuição dos registros para as duas funções discriminantes dos chamados FM. Função 1 definida pelos parâmetros: parâmetros frequência máxima, frequência mínima e frequência pico. Função 2 definida pelos parâmetros: duração e intervalo.



6. Referências

BARCLAY, R.M.R; FULLARD J.H. & JACOBS D.S. Variation in the echolocation calls of the hoary bat (*Lasiurus cinereus*): influence of body size, habitat structure, and geographic location. **Canadian Journal of Zoology.** 77: 530-534, 1999.

BISCARDI, S.;ORPRECIO, J.; FENTON, M.B.; TSOAR, A.; RATCLIFFE, J.M.; Data, sample sizes and statistics affect the recognition of species of bats by their echolocation calls. **Acta Chiropterologica** 6: 347–363, 2004.

FARIAS, H.M. Monitoramento e identificação acústica de espécies de morcegos na Mata Atlântica por sinais de ecolocalização: Contribuições ecológicas e potencial para conservação. Dissertação de Mestrado**.** **Universidade Estadual de Santa Cruz** – Bahia, 2012.

FENTON, M.B. Emergence, echolocation, diet and foraging behavior of *Molossus ater* (Chiroptera: Molossidae). **Biotropica.** 30(2): 314-320, 1998.

GREGORIN, R. & TADDEI V.A. Chave artificial para a identificação de molossídeos brasileiros (Mammalia, Chiroptera). **Mastozoologia Neotropical** 9(1): 13–32, 2002.

GUILLEN-SERVENT, A. and IBANEZ, C. Unusual echolocation behavior in a small molossid bat, *Molossops temminckii*, that forages near background clutter. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, V.61, P.1599–1613, 2007.

JONES, G. Scaling of echolocation calls parameters in bats. **The Journal of Experimental Biology.** 202: 3359-3367, 1999.

JUNG, K; MOLINARI, J; KALKO E.K.V.Driving factors for the evolution of species-specific echolocation call design in new world free-tailed bats (Molossidae). **PLoS ONE** 9(1): e85279, 2014.

KALKO, E.K.V. Echolocations signal design, foraging habitats e guild structure in six Neotropical sheath-tailed bats(Emballonuridae), **Symposium of Zoological Society of London**. 67:259-273,1995.

KALKO, E.K.V., SCHNITZLER, H.U.; KAIPF, I.;GRINNELL A.D. Echolocation and foraging behavior of the lesser bulldog bat, Noctilio albiventris: preadaptation for piscivory? **Behaviour Ecological Sociobiology** 42: 305-319,1998.

KOSSL M.; MORA, E.; CORO, C. &VATER, M. Two toned echolocation calls from *Molossus molossus* in Cuba. **Jornal of Mammology.** V.31 p. 929-932,1999.

MORA, E.C.; IBAÑEZ, C.; MACÍAS, S.; JUSTE, J.; LÓPEZ, I. & TORRES, L. Plasticity in the echolocation inventory of *Mormopterus minutus* (Chiroptera: Molossidae). **Acta Chiropterologica** 13: 179–187, 2011.

MORA, E. C.; MACÍAS, S.; Vater, M.; CORO, F. & KOSSL, M. Specializations for aerial hawking in the echolocation system of Molossus molossus (Molossidae, Chiroptera). **Journal of Comparative Physiology. V.** 190: P. 561-574, 2004.

O'FARRELL, M.J.; MILLER, B.W. Use of vocal signatures for the inventory of free-flying **Neotropical bats. Biotropica** 31:507-516,1999.

O'FARRELL, M.J.; MILLER, B.W.; GANNON, W.L.Qualitative identification of free -flying bats using the anabat detector. **Journal of Mammalogy** V:80(1):P;11- 23,1999.

RYDELL J., ARITRA H.T., SANTOS M., GRANADOS J. Acustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatan, Mexico. **Journal of Zoology of London** V:257: P.27-36, 2002.

PIMENTA, V.; FONSECA B.S.; HOPPE, J.P.M. & DITCHFIELD, A.D. First occurrence of*Moiossus coibensis* Allen, 1904 (Chiroptera, Molossidae) in Atlantic Forest. **Acta Chiropterologica.** 20(1): 1237-1242, 2014.

SAFI, K., & SIEMERS, B. M. Implications of sensory ecology for species coexistence: biased perception links predator diversity to prey size distribution. **Evolutionary Ecology**, *24*(4), 703-713, 2010

SCHNITZLER, H. and KALKO, E.K.V. Echolocation by Insect-Eating Bats. **BioScience** V.51 N.7, 2001.

SIEMERS, B.M.; KALKO, E.K.V.; SCHNITZLER, H. Echolocation behavior and signal plasticity in the Neotropical bat Myotis nigricans (Schinz, 1821) (Vespertilionidae): a convergent case with European species of Pipistrellus. **Behavioral Ecology and Sociobiology.** V. 50, P.317–328, 2001.

XU, Z.; JING, W.; KEPING, S.; TINGLES, J.; YUNGLEI, J.; JIANG, F. Echolocation calls of Rhinolophus ferrumequinum in relation to habitat type and environmental factors. **Acta Ecologica Sinica** 28(11): 5248-5258, 2008.