

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS**

**Sons de ecolocalização e preferência de habitat de
morcegos insetívoros aéreos do estado do Espírito Santo**

Marcio Henrique Almeida

Vitória, ES

Fevereiro, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS**

**Sons de ecolocalização e preferência de habitat de
morcegos insetívoros aéreos do estado do Espírito Santo**

Marcio Henrique Almeida

Albert David Ditchfield

Tese 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 Doutor
em Biologia Animal.

Vitória, ES

Fevereiro, 2016

Agradecimentos

Muitas pessoas e instituições tornaram este trabalho possível. Primeiramente, agradeço o meu orientador Albert David Ditchfield pela oportunidade que me concedeu de ser seu orientando e assim, poder realizar este estudo. Agradeço a professora Rosana Suemi Tokumaru por valiosas contribuições a este trabalho, tanto em relação a parte da bioacústica quanto nas análises estatísticas. Ao professor Emanuel Mora, Da Universidade de Havana, pelos valiosos ensinamentos a respeito de bioacústica e ecolocalização de morcegos, sobretudo do método de gravação e análise dos sons que empregamos neste trabalho. Aos professores Ludmilla Aguiar e Ricardo Machado, pela organização do Workshop de Bioacústica, o qual proveu valiosos conhecimentos que auxiliaram na condução desta pesquisa. A Professora Maria João Pereira pelo auxílio na identificação de uma passagem de morcego em uma de nossas gravações. Além de professores, vários estudantes foram fundamentais na execução deste trabalho. Agradeço a Francyne Lyrio Mischiatti por ter aderido ao trabalho com ecolocalização de morcegos, e por ter sido uma grande parceira em minhas pesquisas. Agradeço a dois novos estagiários que me acompanharam no ano de 2015, Renato Vanny e Thaís Amorim Alves. Estes se demonstraram bastante solícitos com as tarefas que lhes eram pedidas. Ainda, outros me auxiliaram durante os trabalhos de campo. Entre eles: João Paulo Hoppe, Ianna Sonegheti Borloti, Vinícius Pimenta e Bruna Fonseca. A todos eles, o meu muito obrigado. E é claro, em relação aos trabalhos de campo, não poderia de deixar de mencionar o meu pai, meu grande parceiro nas noites em que eu tinha que monitorar a atividade de morcegos. A ele o meu muito obrigado. Não poderia deixar de agradecer também a minha irmã, Marcelene Almeida, que sempre me auxiliou durante a minha vida acadêmica em situações diversas. Basicamente, ela sempre viu pra mim tudo o que eu precisava ver e não podia enxergar. E obviamente, agradeço a minha mãe Julieta Alice Almeida, por prover as condições necessárias para que eu pudesse seguir meus estudos e sempre me apoiar em meus objetivos. Agradeço a Raíza Leppaus, minha namorada, que com o seu otimismo fez com que os problemas típicos da vida acadêmica parecessem bem mais simples de se resolver. Agradeço ao Dr. José Henrique Ferreira pelo suporte com as análises estatísticas. Agradeço às secretarias de meio ambiente de Vitória e Vila Velha, ao IEMA e ao ICMBIO pelas autorizações de campo. Por fim, agradeço aos financiadores, FAPES e Bat Conservation International, por proverem a bolsa e o financiamento necessário para a compra de equipamentos que tornaram este trabalho possível.

Sumário

Resumo.....	5
Abstract.....	6
Capítulo 1: Importância das áreas verdes para a atividade de morcegos insetívoros aéreos na região da Grande Vitória, sudeste do Brasil.....	7
1.1. Introdução.....	8
1.2. Material e métodos.....	10
1.2.1. Área de estudo.....	10
1.2.2. Monitoramento da atividade.....	13
1.2.3. Identificação de espécies.....	15
1.2.4. Análises estatísticas.....	16
1.3. Resultados.....	17
1.3.1. Atividade geral.....	17
1.3.2. Atividade de alimentação.....	18
1.3.3. Diferença entre morcegos de espaço aberto e com obstáculos.....	18
1.3.4. Espécies identificadas.....	20
1.4. Discussão.....	22
1.5. Referências.....	26
Capítulo 2: Influência do tamanho corporal nos sons de ecolocalização de morcegos do gênero <i>Molossus</i> (família Molossidae).....	30
2.1 Introdução.....	31
2.2. Material e métodos.....	33
2.2.1. Local de estudo.....	33
2.2.2. Gravação e análises acústicas.....	33
2.2.3. Análises estatísticas.....	34
2.3. Resultados.....	35
2.3.1. Comparação dos pulsos FQC.....	35
2.3.2. Comparação dos pulsos FM.....	37
2.4. Discussão.....	39
2.5. Referências.....	43
Anexo I: Relatório completo das análises comparando a atividade geral entre os habitats.....	46

Anexo II: Relatório completo das análises comparando a atividade de alimentação entre os habitats.....	49
Anexo III Relatório completo das análises comparando a atividade geral entre morcegos que forrageiam em espaço aberto e em espaços com obstáculos.....	52
Anexo IV Relatório completo das análises comparando a atividade de alimentação entre morcegos que forrageiam em espaço aberto e em espaços com obstáculos.....	58

Lista de tabelas

Tabela 1.1: Média de atividade geral em cada habitat.....	17
Tabela 1.2: Média de atividade de alimentação em cada habitat.....	18
Tabela 1.3: Média da atividade geral de cada tipo de forrageador em cada habitat.....	19
Tabela 1.4. Média da atividade de alimentação de cada tipo de forrageador para cada habitat.....	20
Tabela 1.5: Lista de espécies por habitat.....	22
Tabela 2.1: Parâmetros dos pulsos de ecolocalização do tipo FQC de três espécies do gênero <i>Molossus</i>	36
Tabela 2.2: Parâmetros dos pulsos de ecolocalização do tipo FM de três espécies do gênero <i>Molossus</i>	38
Tabela 2.3: Porcentagem de pulsos de ecolocalização que são classificados corretamente para três espécies do gênero <i>Molossus</i>	38

Lista de figuras

Fig. 1.1: Mapa mostrando os pontos de amostragem.....	12
Fig: 1.2: Pulsos de ecolocalização de morcegos de espaço aberto e de espaço com obstáculos.....	14
Fig. 1.3:Pulsos de ecolocalização das espécies identificadas na Grande Vitória.....	21
Fig. 2.1: Pulsos de ecolocalização do tipo FQC de três espécies do gênero <i>Molossus</i>	36
Fig. 2.2: Pulsos de ecolocalização do tipo FM de três espécies do gênero <i>Molossus</i>	38

Resumo

Este trabalho se divide em duas partes. No primeiro capítulo avaliamos a importância de áreas preservadas para a atividade de morcegos insetívoros aéreos dentro de uma zona urbana. Vários trabalhos apontam que o processo de urbanização é negativo para morcegos. No entanto, o impacto da urbanização pode diferir entre morcegos que forrageiam em espaços abertos e aqueles que forrageiam em espaços ricos em obstáculos, sendo que estes últimos normalmente persistem apenas em áreas preservadas como parques e reservas. Nosso objetivo foi comparar a atividade de morcegos insetívoros aéreos entre áreas verdes de diferentes tamanhos e sítios urbanos distantes de fragmentos de vegetação dentro da região da grande Vitória, Espírito Santo, Brasil. Para tanto, monitoramos a atividade de morcegos com um detector de ultrassom durante dois anos em três habitats: área verde grande (> 30 ha), área verde pequena (< 5 ha), e área urbana distante de áreas verdes. A área verde grande apresentou o maior nível de atividade seguido da área verde pequena e da área urbana. A área verde grande apresentou um aumento maior de atividade de forrageadores de espaço com obstáculos que de espaço aberto quando esta é comparada aos demais habitats, enquanto a área verde pequena apresentou um aumento maior de atividade de morcegos de espaço aberto quando esta é comparada à área urbana. Dessa forma, na Grande Vitória, mesmo pequenos parques são importantes para a preservação da quiropterofauna. No entanto, morcegos que forrageiam em espaços com obstáculos, como *Myotis sp.* parecem depender de grandes áreas preservadas. No segundo capítulo, para que pudéssemos ter uma base de dados de referência para o reconhecimento das espécies do gênero *Molossus*, cujas vocalizações foram comumente registradas na Grande Vitória, comparamos as características dos sons de ecolocalização de três espécies deste gênero: *M. molossus*, *M. coibensis* e *M. rufus*. *M. rufus* apresentou pulsos com frequências mais baixas que as outras espécies. Este padrão pode ser explicado pelo fato de *M. rufus* ser notadamente maior que as outras espécies. Todavia, a duração de pulsos de *M. rufus* e *M. coibensis* não diferiu e foi mais longa nestas espécies que em *M. molossus* quando comparamos pulsos de frequência quase constante e mais curta quando comparamos pulsos de frequência modulada. Assim, outros fatores, que não o tamanho corporal, como o comportamento de voo ou de forrageio, devem explicar o padrão que encontramos para os parâmetros de tempo nestas espécies.

Palavras-chave: Ecolocalização, urbanização, uso de habitat, tamanho corporal, *Molossus*.

Abstract

This work is divided in two parts. In the first chapter we evaluated the importance of preserved areas for aerial insectivorous bat activity within an urban zone. Several studies point out that urbanization has a negative impact on bats. However, urbanization's impact might differ between bats that forage in open space and those that forage in cluttered space, with the latter usually persisting only in well preserved areas, such as parks and natural reserves. Our objective was to compare aerial insectivorous bat activity among green areas with different sizes and urban sites distant from vegetation fragments in greater Vitória region, Espírito Santo State, Brazil. For this purpose, we monitored bat activity with an ultrasound detector during two years in three habitats: large green areas ($> 30\text{ha}$), small green areas ($< 5\text{ ha}$) and non-green urban areas. The Large green area showed the greatest bat activity followed by the small green area and the non-green urban area. The large green area showed a larger increase in cluttered space forager activity than in open space forger activity when compared to the other habitats, whereas the small green area showed a larger increase in open space bat activity when compared to the urban area. Therefore, in Great Vitória region, even small parks are important for bat fauna conservation, whereas bats that forage in cluttered space, such as *Myotis sp.*, depend on large preserved areas to persist. In the second chapter, in order to create a reference data base for recognition of bats in the *Molossus* genus, whose vocalizations were regularly recorded in Greater Vitória, we compared the echolocation calls of three species of this genus: *M. molossus*, *M. rufus* e *M. coibensis*. *M. rufus* showed the lowest call frequency among the three species. This pattern can be explained by the fact that *M. rufus* are notably larger than the other species. However, pulse duration did not differ between *M. rufus* and *M. coibensis* and it was longer in these species than in *M. molossus* when we compared quasi-constant frequency calls and shorter when we compared frequency modulated calls. Therefore, other factors, not only body size, such as flight or foraging behavior must explain the pattern that we found for temporal parameters in these species.

Key-words: echolocation, urbanization, habitat use, body size, *Molossus*.

Capítulo 1:

Importância das áreas verdes para a atividade de morcegos insetívoros aéreos na região da Grande Vitória, sudeste do Brasil

Resumo

A urbanização é normalmente um processo negativo para morcegos. No entanto, o impacto da urbanização pode diferir entre morcegos que forrageiam em espaços abertos e aqueles que forrageiam em espaços ricos em obstáculos, sendo que estes últimos normalmente persistem apenas em áreas preservadas como parques e reservas. Nosso objetivo foi comparar a atividade de morcegos insetívoros aéreos entre áreas verdes de diferentes tamanhos e sítios urbanos distantes de fragmentos de vegetação dentro da região da grande Vitória, Espírito Santo, Brasil. Além disso, comparamos o efeito dos habitats entre morcegos adaptados a espaços abertos e a espaços com obstáculos. Para tanto, monitoramos a atividade de morcegos com um detector de ultrassom durante dois anos em três habitats: área verde grande (> 30 ha), área verde pequena (< 5 ha), e área urbana distante de áreas verdes. A área verde grande apresentou o maior nível de atividade seguido da área verde pequena e da área urbana. A área verde grande apresentou um aumento maior de atividade de forrageadores de espaço com obstáculos que de espaço aberto quando esta é comparada aos demais habitats, enquanto a área verde pequena apresentou um aumento maior de atividade de morcegos de espaço aberto quando esta é comparada à área urbana. Dessa forma, na Grande Vitória, mesmo pequenos parques são importantes para a preservação da quiropterofauna. No entanto, morcegos que forrageiam em espaços com obstáculos, como *Myotis sp.* Parecem depender de grandes áreas preservadas.

1.1. Introdução

As maiores alterações nos ecossistemas têm ocorrido em paisagens onde os habitats naturais são removidos e substituídos por diferentes formas de utilização da terra pelo homem, processo este que é particularmente evidente em áreas urbanas (van der Ree & McCarthy 2005). Entre as principais conseqüências do processo de urbanização estão a perda e a fragmentação de habitat (Loeb *et al.* 2009). Em uma paisagem de fragmentos de habitats naturais distribuídos em uma área extensa de matriz urbana, a capacidade de voar é considerada uma das principais características que permitem a adaptabilidade de vertebrados a ambientes urbanos. Uma vez que o voo é uma das formas de locomoção com menor custo energético por unidade de distância (McDonald-Maddem *et al.* 2005), tal característica permite que os animais transitem com facilidade entre fragmentos de habitat (Ávila-Flores & Fenton 2005; McDonald-Maddem *et al.* 2005; Jung & Kalko 2011). Sendo assim, a capacidade de voar dos morcegos faz com que estes animais sejam potencialmente bem sucedidos em ambientes urbanos. Além disso, algumas características dos ambientes urbanos podem favorecer os morcegos. Por exemplo, algumas espécies de morcegos utilizam construções urbanas como abrigos diurnos em substituição a cavernas e oco de árvores e outras fontes de abrigos naturais (Pacheco *et al.* 2010). Da mesma forma, a iluminação pública é considerada oportuna para os insetívoros, já que atrai insetos que são predados por estes morcegos (Gaisler *et al.* 1998; Ávila-Flores & Fenton 2005; Loeb *et al.* 2009; Jung & Kalko 2011).

Todavia, embora morcegos possam estar entre os mamíferos silvestres mais abundantes em áreas urbanas (Ávila-Flores & Fenton 2005), vários estudos apontam conseqüências negativas de altos níveis de urbanização para os morcegos insetívoros, acarretando na redução da riqueza e diversidade destes animais (Gaisler *et al.* 1998; Ávila-Flores & Fenton 2005; Loeb *et al.* 2009; Basham *et al.* 2011). Esse efeito negativo da urbanização se deve a diversos fatores. Um dos principais fatores é a menor disponibilidade de presas em áreas urbanas. Além disso, as estradas consistem em uma constante ameaça para os morcegos devido ao risco de colisões com veículos e interrompem as rotas de vôo dos destes animais fragmentando as áreas de forrageamento (Russo & Ancilloto 2014).

No caso de morcegos insetívoros aéreos, o impacto da urbanização pode diferir entre as espécies de acordo com as suas características de voo e de ecolocalização. Morcegos de

voo rápido que emitem sons de ecolocalização de longa duração (entorno de 10ms) com frequências relativamente baixas (entre 20 e 40KHz), como as espécies da família Molossidae (Norberg & Rayner 1987), são considerados mais aptos a explorar ambientes urbanos. Tais espécies são tipicamente forrageadoras de espaço aberto, uma vez que são capazes de detectar alvos distantes e percorrer longas distâncias (Norberg & Rayner 1987; Schnitzler & Kalko 2001), o que lhes permite explorar recursos dispersos em um espaço urbano (Ávila-Flores & Fenton 2005; Duchamp & Swihart 2008; Jung & Kalko 2011).

Em contra partida, morcegos de voo lento e manobrável que emitem pulsos de ecolocalização de curta duração (menos de 5ms) e de alta frequência (acima de 50kHz), como as espécies da família Vespertilionidae e algumas espécies da família Emballonuridae (Norberg & Rayner 1987), são adaptados a detectar presas a curtas distâncias em ambientes ricos em obstáculos, como borda de florestas (Schnitzler & Kalko 2001). Tais morcegos seriam mais afetados pela urbanização, ficando mais restritos a áreas preservadas (Ávila-Flores & Fenton 2005; Duchamp & Swihart 2008; Jung & Kalko 2011)

A Mata Atlântica, um dos biomas mais ameaçados do mundo, abriga aproximadamente 70% da população brasileira, além de possuir os maiores centros industriais e de silvicultura do Brasil (revisado em Oprea *et al.* 2009). Apesar da sua importância para conservação há poucos estudos que consideram o impacto da urbanização e a importância de áreas preservadas para morcegos em áreas de Mata Atlântica (p. ex.. Barros *et al.* 2006; Almeida *et al.* 2007; Oprea *et al.* 2009).

Na região da Grande Vitória (Estado do Espírito Santo, Sudeste do Brasil) a urbanização se deu com a destruição de manguezais, restingas e da Mata Atlântica, ficando estes ecossistemas na maior parte restritos a parques urbanos ou a áreas verdes isoladas dentro das cidades (Oprea *et al.* 2009). Alguns trabalhos demonstraram que áreas verdes protegidas em espaços urbanos exercem um papel importante na conservação da diversidade regional de morcegos, embora este efeito possa variar de acordo com o tamanho destas áreas e as características do ambiente que as cercam (Ávila-Flores & Fenton 2005; Loeb *et al.* 2009). Almeida *et al.* (2007) encontraram maior nível de atividade geral e de forrageamento de morcegos em ambientes com vegetação comparados a habitats sem vegetação na região da Grande Vitória. Todavia, os autores não avaliaram possíveis diferenças na atividade de morcegos relacionadas ao tamanho do fragmento de vegetação e não fizeram distinção entre a atividade de espécies forrageadoras de espaço com obstáculos e de espaço aberto. Oprea *et*

al. (2009) demonstraram que parques urbanos favorecem uma maior riqueza e abundância de morcegos na cidade de Vitória, mas utilizando apenas redes de neblina para amostrar a fauna de morcegos, método este que não possibilita a amostragem eficiente de morcegos insetívoros aéreos (Kalko *et al.* 1996; Macswiney *et al.* 2008). Sendo assim, ainda não há informações suficientes sobre a preferência de habitat de morcegos insetívoros na região da Grande Vitória que permitam inferir a importância das áreas verdes protegidas como habitat de uso para estes animais.

Neste trabalho, tivemos como objetivo comparar os níveis de atividade de morcegos insetívoros aéreos encontrados em áreas verdes protegidas de diferentes tamanhos e áreas urbanas dentro da região da Grande Vitória. Testamos a previsão de que quanto maior a área verde, maior será o nível de atividade de morcegos como um todo. Além disso, uma vez que morcegos que forrageiam em espaços com obstáculos são menos adaptados a ambientes urbanos, acreditamos que o aumento no tamanho da área verde proporcione um aumento maior na atividade destes morcegos que na atividade daqueles que forrageiam em espaço aberto.

1.2. Material e métodos

1.2.1. Área de estudo

Monitoramos a atividade de morcegos nos municípios de Vitória, Vila Velha e Cariacica (Estado do Espírito Santo, sudeste do Brasil) entre outubro de 2012 e outubro de 2014. Medimos a atividade de morcegos em três habitats: área verde pequena (parques urbanos com menos de 5ha), área verde grande (parques ou fragmentos de vegetação em área urbana com mais de 30ha), área urbana distante de fragmento de vegetação (praças, calçadas, quintais de casas, distantes de áreas verdes). Monitoramos a atividade de morcegos em cada um dos habitats em cinco pontos de MONITORAMENTO com distância mínima entre eles de 100 m. Consideramos áreas verdes pequenas três pontos de MONITORAMENTO situados no Parque Pedra da Cebola (-20°16'36,6"S, -40°17'49,8"W; -20°16'37,2"S, -40°17'56,4"W; -20°16'39"S, -40°17'51"W), um ponto no Parque da Fazendinha (-20°14'29,4"S, -40°16'23,4"W) e um no parque Padre Alfonso Pastore (-20°16'31,8"S, -40°17'10,2"W). Todos eles situados na região norte do município de Vitória.

O parque Pedra da Cebola possui uma vegetação de transição entre restinga e Mata Atlântica compreendida em uma área com mais de 10 ha (Oprea *et al.* 2009), no entanto a área total de vegetação contida no parque não ultrapassa 1,4 ha, e por isso o consideramos como área verde pequena. O Parque da Fazendinha também possui uma vegetação de transição entre restinga e Mata Atlântica (Oprea *et al.* 2009), contida em uma área de 2,3 ha. O Parque Padre Alfonso Pastore é formado por cinco praças, das quais três são cobertas por vegetação cuja área total é de 1,4 ha, onde predomina uma cobertura vegetal remanescente da mata de restinga. Consideramos áreas verdes grandes, um ponto de MONITORAMENTO situado no Parque da Fonte Grande (-20°18'33,6"S, -40°20'29,4"W), três pontos no campus da Universidade Federal do Espírito Santo (-20°16'42,6"S, -40°18'15,6"W; -20°16'41,4"S, -40°18'19,8"W; -20°16'55,2"S, -40°18'21"W), ambos localizados no município de Vitória, e um ponto no Parque da Manteigueira (-20°19'50,4"S, -40°18'52,2"W), situado em Vila Velha. O Parque da Fonte Grande possui uma área de 260 ha, quase toda coberta por vegetação de Mata Atlântica. (descrição dos parques de Vitória disponível em <http://www.vitoria.es.gov.br/cidade/parques>). O campus da UFES é rodeado por todos os lados, exceto ao leste, por uma extensa área de manguezal. Ao todo a área de cobertura vegetal presente no campus é de aproximadamente 40 ha, incluindo vegetação característica de manguezal e de Mata Atlântica.

O Parque da Manteigueira situa-se no Município de Vila Velha, à margem do canal de Vitória. Possui uma extensão de 168 ha de cobertura vegetal que inclui vegetação de Mata Atlântica e de manguezal. Selecionamos os pontos de MONITORAMENTO da área urbana em locais nos municípios de Vitória (-20°15'19,2"S, -40°16'9"W), Cariacica (-20°19'58,2"S, -40°24'6,6"W; -20°20'21,6"S, -40°23'13,2"W; -20°20'15"S, -40°24'14,4") e Vila Velha (-20°19'46,2"S, -40°16'24"W). Consideramos área urbana aquela composta por edificações residenciais, comerciais ou industriais, com ruas pavimentadas ou calçadas, dotadas de iluminação pública.

Os pontos de MONITORAMENTO estiveram situados em locais próximos a lugares potencialmente mais visitados por morcegos como borda de floresta (Grindal 1995), margem de corpos d'água (Almeida *et al.* 2007; Macswiney *et al.* 2009) e próximo a postes de luz (Gaisler *et al.* 1998; Ávila-Flores & Fenton 2005), de modo a maximizar o número de espécies detectadas em cada um dos habitats. Em cada ponto o detector foi segurado pela mão em um ângulo de 45°. E apontado na direção da vegetação, dos postes de luz ou de lagos quando presentes. Os pontos dos habitats de área verde estiveram sempre situados em bordas

de fragmentos de vegetação e/ou na beira de lagos, mas nunca em locais encobertos por dossel. Dessa forma, tanto os morcegos forrageadores de espaço aberto e espaços com obstáculos poderiam ser detectados em todos os pontos de monitoramento. Os pontos de monitoramento da área urbana estiveram situados em locais arborizados, porém nunca em meio a fragmentos densos de vegetação como os pontos das áreas verdes. Tais pontos estiveram sempre circundados por prédios e por ruas trafegadas por veículos.

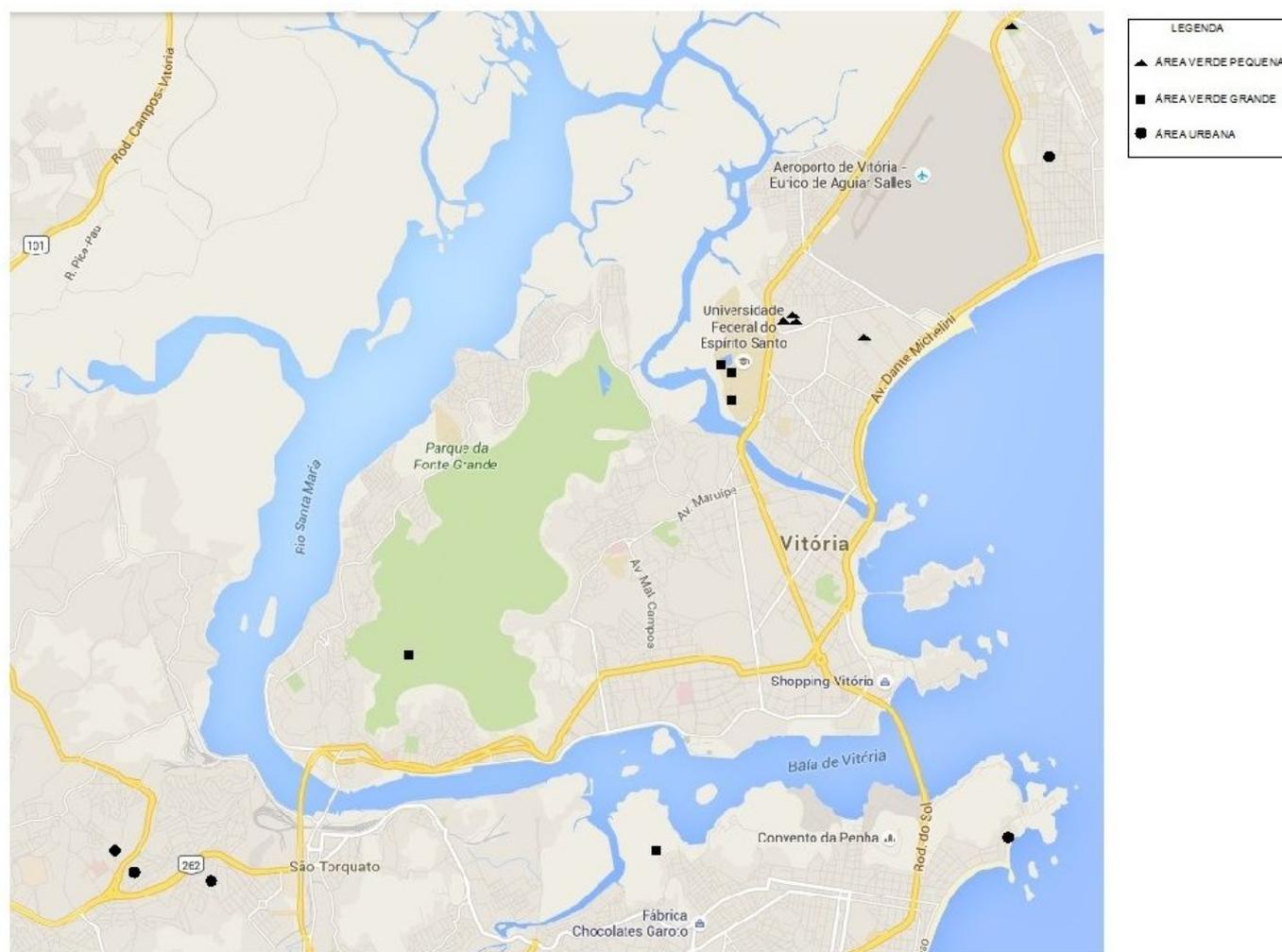
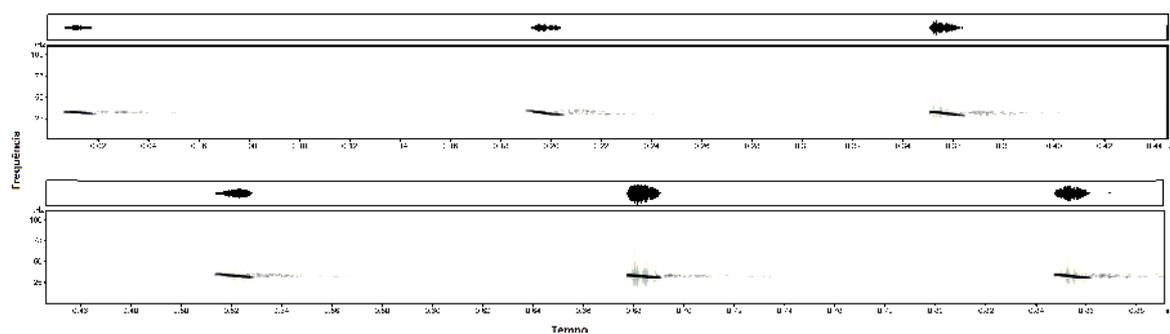


Fig. 1.1. – Mapa da grande Vitória mostrando os pontos dos habitats estudados.

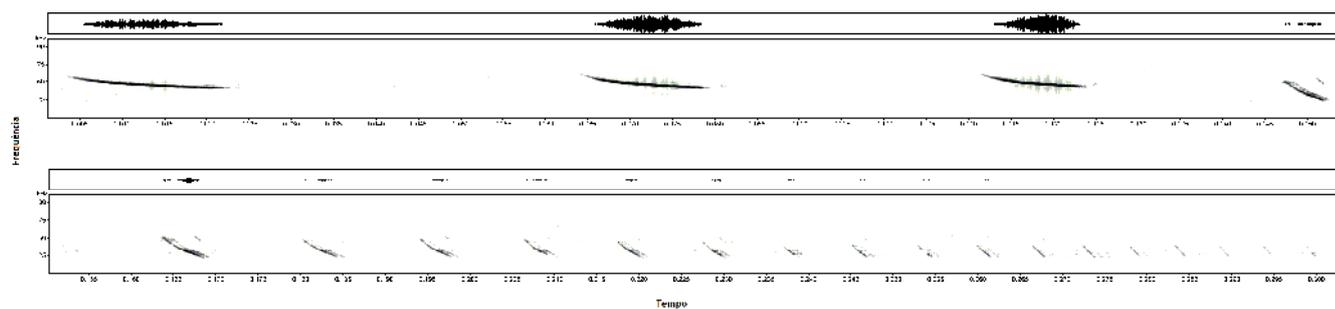
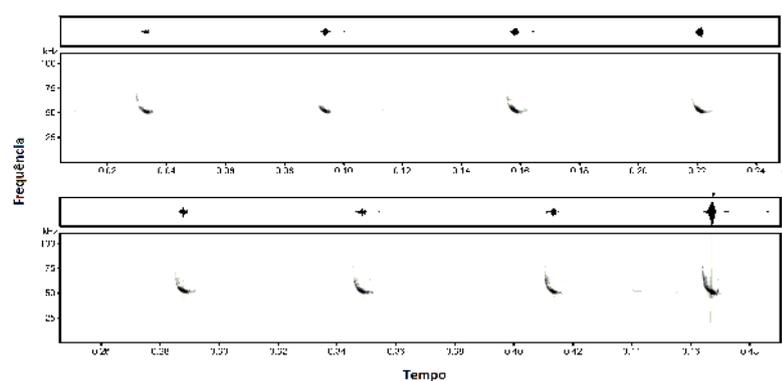
1.2.2. Monitoramento da atividade

Gravamos os sons de ecolocalização dos morcegos com o detector de ultrassom Griffin (Stag Electronics, Londres) no modo de expansão de tempo com taxa de amostragem de 441kHz e resolução de 16 bits, o que resulta em um fator de expansão de 10 vezes. Em cada noite monitoramos a atividade de morcegos por um período de três horas após o por do sol. Neste período foram realizadas 18 gravações com cinco minutos de duração com um intervalo de cinco minutos entre elas. Uma vez que a maioria dos pontos de monitoramento estão distantes entre si, apenas um local foi visitado por noite. Todos os habitats foram monitorados, uma vez cada um, em um período inferior a uma semana. No total foram monitoradas 12 noites por habitat, o que resultou em um total de 216 gravações para cada habitat.

Para estimar a atividade de morcegos, observamos os sons de ecolocalização gravados com o detector de ultrassom em sonogramas gerados com o programa Avisoft SASLAB Pro (Raimund Specht, Berlim) na Janela Hamming com FFT de 256 e sobreposição de 93,75%. Como medida de atividade geral dos morcegos, utilizamos o índice de atividade descrito por Miller (2001). Para tanto, contamos o número de blocos de um minuto de gravação em que houve registro de sons de ecolocalização. Por esse método medimos tanto a atividade de morcegos forrageadores de espaço aberto quanto de forrageadores de espaços com obstáculos. A distinção entre as vocalizações destes dois grupos de morcegos pôde ser facilmente feita pela simples observação dos sonogramas das vocalizações dos mesmos (Fig. 1.2). Morcegos que forrageiam em espaço aberto possuem sons de ecolocalização de banda estreita, de duração e intervalo entre pulsos longos quando comparados com aqueles que forrageiam em espaços com obstáculos (Schnitzler & Kalko 2001). Além disso, contamos o número de *feeding buzzes*, definidos como uma sequência de pulsos de ecolocalização com uma alta taxa de repetição emitidos pelos morcegos quando atacam uma presa (Schnitzler & Kalko 2001), para serem usados como estimativa da atividade de alimentação. Também fizemos distinção entre *feeding buzzes* emitidos por forrageadores de espaço aberto e espaço com obstáculos (Fig. 1.2), sendo que os pulsos destes últimos são mais curtos e mais modulados que os dos primeiros.



a) Morcego de espaço aberto

b) *Feeding buzz* espaço aberto

c) Morcego de espaço com obstáculos

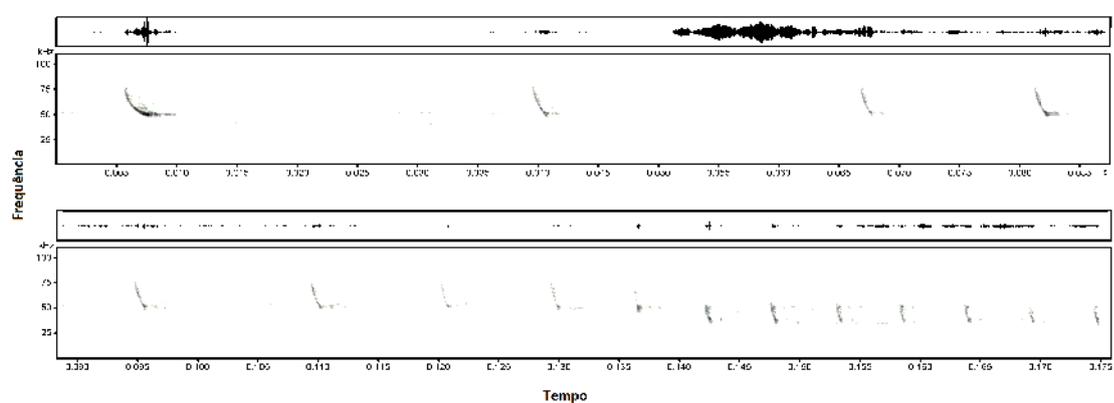
d) *Feeding buzz* espaço com obstáculos

Fig. 1.2. Sonogramas mostrando sequências de pulsos de ecolocalização da fase de busca e *feeding buzz* típicos de morcegos forrageadores de espaço aberto (a e b) e de morcegos forrageadores de espaço com obstáculos (c e d).

1.2.3. Identificação de espécies

Numa tentativa de identificar as espécies registradas durante o monitoramento da atividade de morcegos, selecionamos os trechos de gravação com melhor razão sinal ruído para serem analisados. Tais fragmentos de gravação deviam conter o registro de uma passagem de morcegos com uma sequência de pelo menos cinco pulsos de ecolocalização da fase de busca. Uma vez selecionado o trecho a ser analisado, geramos o sonograma conforme os parâmetros descritos na seção anterior.

Para analisar as passagens selecionadas, utilizamos a função de análise automática do programa Avisoft empregando dois limiares, ambos selecionados a -20 db. O primeiro limiar detecta o pulso a ser analisado e o segundo determina o início e o final do mesmo. Foram medidos os seguintes parâmetros: Frequência máxima, frequência mínima, frequência dominante, duração do pulso, intervalo entre pulsos e largura de banda.

Identificamos as passagens de morcegos em espécies com base em comparações com descrições de sons de ecolocalização disponíveis na literatura. As passagens de morcegos analisadas que identificamos como sendo do gênero *Molossus* foram comparadas com análises realizadas a partir de gravações obtidas de indivíduos pertencentes a espécies deste gênero, que foram capturados em paralelo a este estudo (ver capítulo 2). As passagens de morcegos que não corresponderam a nenhum registro conhecido de ecolocalização, mas que foram claramente distintas das demais foram classificadas como sonotipo (de acordo com Ochoa *et al.* 2000). Não tentamos distinguir entre as espécies do gênero *Myotis*, uma vez que as espécies deste gênero possuem vocalizações com estrutura muito semelhante (Gehrt & Chelvig 2004). Conduzimos uma Análise de Função Discriminante (DFA), para atribuir um nível de confiança para as identificações. Para tanto, utilizamos os parâmetros analisados, mencionados acima.

1.2.4. Análises estatísticas

Utilizamos Modelos Lineares Hierárquicos (HLM) ou Modelos Lineares Mistos (LMM) para investigar diferenças na atividade geral e atividade de alimentação entre as categorias de habitat (Segundo método descrito por Marôco 2014). Este tipo de análise permite testar a interação entre diferentes níveis hierárquicos, como os morcegos (nível 1) e o seu ambiente (nível 2), considerando a existência de variação aleatória em cada um dos níveis (Bolker 2009). Pudemos, portanto, controlar efeitos aleatórios resultantes do processo de coleta e dos diferentes níveis de interação de informação existentes na pesquisa.

Em busca de encontrar o melhor modelo para a explicação dos dados, realizou-se a estratégia exploratória *Step-up*, de forma a ir incrementando a complexidade do modelo conforme o mesmo mostre melhor ajustamento dos dados, a partir de um modelo basal. No modelo basal assumimos que a Atividade Geral é estimada por um valor constante médio que varia por Noite (intercepto = β_0), um erro específico que traduz a variabilidade entre as noites ($s_{\mu_{01}}^2$) e por um erro aleatório associado a cada registro de atividade em cada noite ($s_{\epsilon_{ij}}^2$). Uma vez que cada habitat continha cinco pontos de amostragem e cada ponto foi monitorado por duas ou três noites, em uma primeira etapa, inserimos a variável noite e na segunda etapa, a variável ponto junto a variável noite como controle dos efeitos aleatórios e utilizamos a variável atividade geral ou de alimentação como variável dependente. Para melhor controlar o tamanho do efeito atribuído às variáveis noite e ponto, calculamos o Coeficiente de Correlação Interclasses (CCI). Na terceira e última etapa, adicionamos, A variável Habitat como uma variável preditora de segundo nível, cujo efeito foi considerado fixo, não sendo considerado o efeito aleatório do mesmo sobre a variável dependente (atividade geral ou de alimentação). O ajustamento do modelo foi realizado através do método de Máxima Verossimilhança, seguindo o procedimento realizado por Jung e Kalko (2011). A avaliação do progresso na qualidade foi realizada através da comparação entre os resultados do teste da razão de Verossimilhança de cada modelo (χ^2_{dif}). De forma a melhor identificar o efeito do Habitat na Atividade Geral, realizamos testes par a par usando a metodologia *Sidak*.

Para comparar a atividade das duas categorias de forrageadores, de espaço aberto e com obstáculos, utilizou-se uma estrutura de medidas repetidas, onde uma nova variável chamada observação foi criada para controle do efeito aleatório. Tais observações correspondem as gravações de 5 min. Nestas comparações as variáveis noite e ponto não se mostraram adequadas. Nas comparações entre as categorias de forrageadores envolvendo a

atividade de alimentação, não foi necessário efetuar o controle do efeito aleatório devido a baixa variabilidade dos dados, sendo que neste caso, usamos um Modelo Linear Geral (GLM). Aplicamos o teste de Cohen (d) para que pudéssemos comparar o tamanho do efeito da diferença encontrada nos habitats entre os morcegos forrageadores de espaço aberto e de espaço com obstáculos. As análises foram realizadas com o programa SPSS 21.

1.3. Resultados

1.3.1. Atividade geral

Ao investigarmos o efeito na Atividade geral, a variável tipo de Habitat em seu primeiro nível (Área Urbana) teve efeito significativo no modelo ($b_{Habitat_0} = -2,184$; $t_{(512,294)} = 10,953$; $p < 0,001$) e seu segundo (Área Verde Pequena) também ($b_{Habitat_1} = -0,699$; $t_{(512,294)} = 3,505$; $p < 0,001$), nos indicando que existe influência do Habitat na Atividade Geral, e que esta varia entre as diferentes áreas. Os testes par a par demonstraram que a área urbana apresentou menor atividade quando comparada a área verde pequena e área verde grande. A área verde grande apresentou maior atividade que a área verde pequena (Sidak, $p < 0,001$ para todas as comparações; Tabela 1.1).

Tabela 1.1 Média e desvio padrão de atividade geral por gravação para cada habitat. Todos os habitats diferem significativamente entre si ($p < 0,001$; $n = 216$ para cada habitat).

Habitat	Média	Desvio Padrão
Área Urbana	1,5880	1,62871
Área Verde Pequena	3,3241	1,80092
Área Verde Grande	3,9815	1,53400
Total	2,9645	1,93966

1.3.2. Atividade de alimentação

Ao investigarmos o efeito na Atividade de alimentação, a variável tipo de Habitat em seu primeiro nível (Área Urbana) teve efeito significativo no modelo ($b_{Habitat_0} = -0,398$; $t_{(416,453)} = 4,314$; $p < 0,001$) e também seu segundo (Área Verde Pequena) ($b_{Habitat_1} = -0,218$; $t_{(416,453)} = 2,358$; $p = 0,019$), nos indicando que existe influência do Habitat na Atividade de alimentação, e que esta varia entre as diferentes áreas.

Nas comparações par a par, não houve diferença entre as médias entre a área urbana e área verde pequena (Sidak, $p < 0,051$). As demais comparações apresentaram diferença significativa, sendo a atividade da área verde grande maior que a das áreas urbana (Sidak, $p < 0,001$) e verde pequena (Sidak, $p = 0,019$; Tabela 1.2).

Tabela 1.2. Média e desvio padrão da atividade de alimentação por gravação para cada habitat. Não houve diferença entre a área urbana e verde pequena. As demais comparações apresentaram diferença significativa ($n = 216$ para cada habitat).

Habitat	Média	Desvio Padrão
Área Urbana	0,0972	0,46734
Área Verde Pequena	0,3287	0,83433
Área Verde Grande	0,5324	0,92453
Total	0,3194	0,78714

1.3.3. Diferença entre morcegos de espaço aberto e com obstáculos

A interação entre a variável habitat e tipo de forrageador (de espaço aberto ou com obstáculos) apresentou resultado significativo ($F_{Tipo\ forrageador*Habitat\ (2,647,630)} = 14,97$; $p < 0,001$). As comparações par a par demonstraram que os forrageadores de espaço aberto apresentaram menor atividade geral na área urbana em comparação com a área verde pequena (Sidak, $p < 0,001$) e com a área verde grande (Sidak, $p < 0,001$). Área verde grande apresentou maior atividade de forrageadores de espaço aberto que a área verde pequena, no entanto a diferença não foi significativa (Sidak, $p = 0,061$). O mesmo padrão foi observado para os forrageadores de espaço com obstáculos, sendo que neste caso houve diferença

significativa em todas as comparações ((Sidak, $p < 0,001$ para todas as comparações). Em comparação aos forrageadores de espaço aberto, os forrageadores de espaços com obstáculos apresentaram um aumento menor na atividade ao se comparar a área urbana a área verde pequena ($d = 0,36$ para morcegos de espaço aberto; $d = 0,21$ para morcegos de espaço com obstáculos). Em contrapartida, a atividade dos forrageadores de espaço com obstáculos apresentou um aumento maior que a atividade dos forrageadores de espaço aberto ao se comparar a área verde grande com a área urbana ($d = 0,44$ para morcegos de espaço aberto; $d = 0,61$ para morcegos de espaço com obstáculos) e com a área verde pequena ($d = 0,07$ para morcegos de espaço aberto; $d = 0,41$ para morcegos de espaço com obstáculos).

Em relação a atividade de alimentação, as comparações par a par demonstraram que para os forrageadores de espaço aberto não houve diferença entre a Área Urbana e a Área Verde Pequena (Sidak, $p = 0,120$), entre a Área Urbana e a Área Verde Grande (Sidak, $p = 0,161$) e a Área Verde Pequena e a Área Verde Grande (Sidak, $p = 0,876$). Já, em relação aos forrageadores de espaço com obstáculos, não foi observada diferença significativa entre a Área Urbana e a Área Verde Pequena (Sidak, $p = 0,128$), mas foi observada diferença significativa entre a Área Urbana e a Área Verde Grande (Sidak, $p < 0,001$) e a Área Verde Pequena e a Área Verde Grande (Sidak, $p = 0,001$), sendo que a Área Verde Grande apresentou maior média em comparação às demais (a descrição completa dos resultados de cada etapa das análises se encontra nos anexos I, II, III e IV).

Tabela 1.3. Média e desvio padrão da atividade geral de forrageadores de espaço aberto e com obstáculos por gravação para cada habitat ($n = 216$ para cada habitat). As letras A e B ressaltam diferenças ou semelhanças das médias de atividade de forrageadores de espaço aberto. As letras a, b e c, ressaltam diferenças ou semelhanças das médias de atividade de forrageadores de espaço com obstáculos.

Tipo forrageador	Habitat	Média	Desvio Padrão
Aberto	Área Urbana	1,5787 -A	1,62918
	Área Verde Pequena	3,0694-B	1,83247
	Área Verde Grande	3,3704-B	1,73925
	Total	2,6728	1,90202
Com Obstáculos	Área Urbana	0,0185-a	,21487
	Área Verde Pequena	0,7628-b	1,72245
	Área Verde Grande	2,2176-c	2,10511
	Total	1,0000	1,81923

Tabela 1.4. Média e desvio padrão da atividade de alimentação de forrageadores de espaço aberto e com obstáculos por gravação para cada habitat (n = 216 para cada habitat). A letra A resalta a semelhança das médias de atividade de forrageadores de espaço aberto. As letras a e b ressaltam diferenças ou semelhanças das médias de atividade de forrageadores de espaço com obstáculos.

Tipo forrageador	Habitat	Média	Desvio Padrão
N_feeding_buzz_aberto	Área Urbana-A	.1343	.91780
	Área Verde Pequena-A	.2731	1.14300
	Área Verde Grande-A	.2593	.65230
	Total	.2222	.92701
N_feeding_buzz_obst	Área Urbana-a	.0000	.00000
	Área Verde Pequena-a	.1574	.67737
	Área Verde Grande-b	.4954	1.73070
	Total	.2176	1.09115

1.3.4. Espécies identificadas

Todos os parâmetros acústicos usados na análise discriminante contribuíram para diferenciar os tipos de chamados, sendo que a frequência dominante explicou 94,3% da variância entre os pulsos de ecolocalização e a frequência máxima 86,5% da mesma. A análise atribuiu 83% dos pulsos aos grupos previamente determinados. A validação cruzada mostrou resultado semelhante (82,3%). No entanto, a porcentagem de atribuição dos pulsos a cada grupo pré-determinado variou de 0% a 100%. Os seguintes taxa apresentaram 100% dos pulsos classificados corretamente: *Eumops glaucinus*, *Myotis sp.*, *Nyctinomops laticaudatus*, *Promops centralis*, sonotipos 1 e 3. 97% dos pulsos que identificamos como *Peropteryx macrotis* foram classificados corretamente, enquanto que a porcentagem de classificação correta para os pulsos que identificamos como *Molossus molossus* foi de 80%. No entanto, ao compararmos os pulsos que atribuímos a *M. molossus* com as análises das gravações obtidas a partir de indivíduos capturados de espécies do gênero *Molossus* (ver capítulo 2), observamos que tais pulsos podem ser classificados tanto como *M. molossus* (39,8%) como *M. rufus* (36,1%). Ainda, havíamos, classificado uma passagem como *Molossus rufus*, mas nenhum de seu pulsos foram classificados corretamente. Dessa forma, não foi possível fazer distinção entre as espécies do gênero *Molossus*, sendo todas as passagens atribuídas a este gênero identificadas apenas como *Molossus sp.*

Apenas 60% dos pulsos atribuídos a *Noctilio leporinus* e 67% dos pulsos do sonotipo 2 foram classificados corretamente. Devido a estrutura distinta dos pulsos de *N. leporinus* e do sonotipo 2 (Fig. 1.3), mantivemos sua classificação. Além disso, levamos em consideração o número pequeno de pulsos analisados para estes dois grupos (5 pulsos para *N. leporinus* e 9 pulsos para o sonotipo 2), o que contribui para um índice mais baixo de classificações corretas (Leech 2005).

A grande maioria dos registros de forrageadores de espaço aberto consistiu em morcegos do gênero *Molossus*, enquanto que quase a totalidade dos morcegos forrageadores de espaços com obstáculos pertenciam ao gênero *Myotis*. Entre as espécies identificadas, consideramos como forrageadores de espaço aberto os taxa *M. sp.*, *N. laticaudatus*, *E. glaucinus*, *P. centralis* e *P. macrotis* (este último, segundo Jung *et al.* 2007), juntamente com os sonotipos 1 e 2. Além de *Myotis sp.* consideramos *N. leporinus* (espécie predominantemente piscívora) e o sonotipo 3 como forrageadores de espaços com obstáculos. Um exemplo de um pulso típico de cada táxon identificado pode ser visualizado na figura 1. A tabela 1 mostra a relação de espécies ou sonotipos identificados para cada habitat.

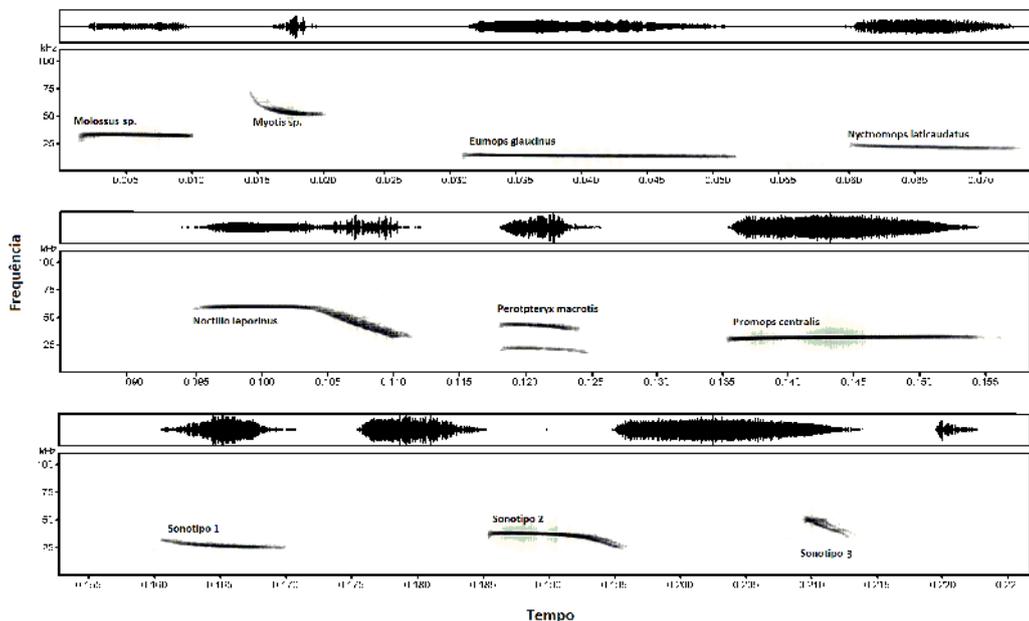


Fig.1.3 Sonograma mostrando pulsos de ecolocalização típicos das espécies e sonotipos identificados na Grande Vitória.

Tabela 1.5 Lista de espécies ou sonotipos identificados em cada habitat.

Área urbana	Área verde pequena	Área verde grande
<i>Molossus sp.</i>	<i>Molossus sp.</i>	<i>Molossus sp.</i>
<i>Eumops glaucinus</i>	<i>Eumops glaucinus</i>	<i>Eumops glaucinus</i>
<i>Myotis sp.</i>	<i>Myotis sp.</i>	<i>Myotis SP.</i>
	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>
	<i>Peropteryx macrotis</i>	<i>Peropteryx macrotis</i>
	<i>Noctilio leporinus</i>	<i>Promops centralis</i>
	Sonotipo 1	Sonotipo 2
		Sonotipo 3

1.4. Discussão

Nossos resultados confirmam a nossa premissa inicial de que quanto maior a área verde maior é a atividade de morcegos insetívoros. Além disso, o número de espécies encontradas nas áreas verdes foi visivelmente maior que nas áreas urbanas distantes de fragmento de vegetação. No entanto, a nossa hipótese de que os morcegos forrageadores de espaço com obstáculos apresentariam um aumento maior na atividade nas áreas verdes que os de espaço aberto foi apenas parcialmente confirmada. De fato, o que encontramos para a atividade de alimentação está em conformidade com nossa hipótese, uma vez que um aumento nesta atividade nas áreas verdes foi observada apenas para os forrageadores de espaço com obstáculos. Ainda, observamos um aumento maior na atividade geral de forrageadores de espaços com obstáculos que de espaço aberto na área verde grande, quando esta é comparada aos outros habitats, mas observamos um aumento maior de atividade dos morcegos de espaço aberto que de espaço com obstáculos para a área verde pequena quando esta é comparada com a área urbana. Ou seja, comparado aos forrageadores de espaço aberto, os forrageadores de espaço com obstáculos se beneficiam pouco de pequenos parques e apresentam um aumento expressivo na atividade em relação à área urbana apenas em grandes extensões de áreas verdes.

Nossos resultados estão em consonância com outros trabalhos que demonstram que uma maior atividade de morcegos insetívoros está associada a áreas com vegetação, sobretudo de forrageadores de espaço com obstáculos, os quais raramente são encontrados em áreas urbanas e persistem apenas em grandes extensões de áreas protegidas (Ávila-Flores & Fenton 2005; Duchamp & Swihart 2008; Jung & Kalko 2011; Threlfall *et al.* 2011)). A presença da vegetação tem sido frequentemente apontada como o principal fator de sustentabilidade de populações de insetos (Ávila-Flores & Fenton 2005; Russo & Ancillotto 2014), o que consiste em uma explicação em potencial para a maior atividade de morcegos que encontramos nas áreas verdes.

Quase a totalidade dos morcegos que registramos na área urbana consistiram de forrageadores de espaço aberto, o que se assemelha aos resultados encontrados por outros autores (Duchamp & Swihart 2008; Jung & Kalko. 2011; Threlfall *ET AL.* 2011). Tal fato é justificado pelos autores destes estudos, por estes animais possuírem um voo mais rápido e energeticamente mais eficiente em comparação aos forrageadores de espaços com obstáculos (Norberg & Rayner 1987). Este voo mais eficiente lhes permitiria percorrer grandes áreas em busca de alimentos ou abrigos, o que seria vantajoso em um ambiente urbano onde os recursos estão dispersos. Além disso, Ávila-Flores & Fenton sugerem que estes morcegos evitam o uso de áreas urbanizadas por perceberem as cidades como ambientes hostis devido ao seu voo lento e próximo ao chão, normalmente a menos de 5 m de altura.

Em nosso trabalho, todavia, apesar de os forrageadores de espaço aberto representarem quase a totalidade dos morcegos registrados na área urbana, este também apresentaram maior atividade nas áreas verdes. Além disso, encontramos algumas espécies de espaço aberto, como *N. laticaudatus* e *P. macrotis*, apenas nas áreas verdes. Dessa forma, na Grande Vitória, mesmo que os morcegos de espaço aberto sejam mais adaptados às áreas urbanas que os de espaço com obstáculos, estes também se beneficiam de áreas verdes.

Todavia, em nosso estudo, os morcegos de espaço aberto não apresentaram diferença na atividade de alimentação entre os habitats. Portanto, ao menos no caso dos morcegos de espaço aberto, a maior preferência pelas áreas verdes na Grande Vitória não parece estar relacionada a uma maior abundância de insetos. Uma explicação alternativa seria que a vegetação poderia prover uma maior disponibilidade de abrigos a estes morcegos (Duchamp & Swihart 2008; Basham & Banks 2011; Coleman & Barclay 2012). Além disso, a

competição com aves urbanas poderia reduzir a disponibilidade de abrigo fora das áreas verdes (Basham & Banks 2011).

O nossos resultados também contrastam em parte com os de Ávila-Flores & Fenton (2005). Estes autores também compararam a atividade de morcegos insetívoros em áreas verdes de diferentes tamanhos com ambientes urbanos na Cidade do México. No entanto, ao contrário do que observamos na Grande Vitória, no estudo de Ávila-flores & Fenton (2005) parques pequenos não apresentaram maior atividade de morcegos que os ambientes urbanos. É possível que esta diferença entre os dois estudos se deva a características específicas os parques de Vitória e os da Cidade do México, como por exemplo, a presença de corpos d'água (Almeida *et al.* 2007). Lagoas estão presentes nos parques de Vitória e foram monitoradas neste estudo, mas no estudo da Cidade do México o monitoramento próximo a corpos d'água foi mencionado apenas para parques grandes. A diferença na fauna de morcegos entre as duas cidades consiste em outra explicação em potencial para a diferença de resultados entre os dois trabalhos, uma vez que a habilidade dos morcegos de persistir em paisagens alteradas pode ser espécie-específico (Jung *et al.* 2011). Em nosso estudo, por exemplo, a maior parte dos morcegos registrados pertenceram ao gênero *Molossus*, o qual não esteve presente no estudo de Ávila-Flores & Fenton (2005), enquanto que *Tadarida brasiliensis*, uma espécie comum na cidade do México, não é encontrada no Espírito Santo.

É importante ressaltar que as áreas verdes monitoradas em nosso trabalho não são ambientes completamente naturais. Em todos os parques visitados em nosso estudo haviam estruturas típicas de ambientes urbanos, como edificações e postes de luz, que também podem ser exploradas pelos morcegos (Russo & Ancillotto 2014). Em algumas noites pudemos observar morcegos do gênero *Myotis* voando ao redor de um poste de luz. Muitos morcegos caçam insetos que são atraídos por luzes artificiais (Ávila-flores & Fenton 2005; Jung & Kalko 2010). Dessa forma, apesar de nossos resultados indicarem que grandes áreas de vegetação são necessárias para a sobrevivência de algumas espécies na Grande Vitória, sobre tudo de *Myotis sp.*, estas ainda podem explorar estruturas feitas pelo homem que estejam próximas a vegetação.

Em nosso estudo identificamos três espécies que não foram capturadas no trabalho de Oprea *et al.* (2009), que comparou a riqueza de espécies de morcegos entre parques, ruas arborizadas e não arborizadas na cidade de Vitória, por meio de redes de neblina. As espécies são *E. gglaucinus*, *P. centralis* e *N. leporinus*, sendo que *Noctilio sp.* havia sido observado

por aqueles autores, mas não identificado ao nível específico. Ainda identificamos três sonotipos que podem se tratar de outras espécies. Além disso, Oprea *et al.* (2009) não capturaram morcegos insetívoros aéreos fora dos parques, enquanto que nós identificamos dois taxa em área urbana na cidade de Vitória, *M. sp.* e *E. glaucinus*, além de *Myotis sp.* Na cidade vizinha de Cariacica. Todavia, não pudemos fazer distinção entre as vocalizações das espécies dos gêneros *Molossus* e *Myotis*, enquanto que Oprea *et al.* (2009) identificaram uma espécie do gênero *Molossus*, *M. molossus*, e duas espécies do gênero *Myotis*, *M. nigricans* e *M. albescens*. De qualquer forma mesmo utilizando métodos diferentes que privilegia a amostragem de grupos distintos (filostomídeos no caso das redes de neblina e insetívoros aéreos no caso de detectores de ultrassom), ambos os trabalhos encontraram maior número de espécies dentro dos parques que em áreas urbanas distantes de fragmentos de vegetação.

Entre as espécies que conseguimos identificar destaca-se a presença de *P. centralis*, uma vez que a ocorrência desta espécie no Brasil é conhecida apenas para a Amazônia e pantanal (Paglia *et al.* 2012). Além disso, as passagens que classificamos como sonotipo podem ser tratar de outras espécies cuja ocorrência não é conhecida no estado do Espírito Santo. No Brasil, ainda são poucos os trabalhos que utilizam o método de monitoramento acústico em estudos envolvendo quirópteros (p. ex. Almeida *et al.* 2007; 2014). Tal método é mais eficiente na identificação de morcegos insetívoros aéreos em comparação com as comumente usadas redes de neblina (Kalko *et al.* 1996; Macswiney *et al.* 2008). Nosso trabalho reforça a importância de uma maior difusão do uso de detectores de ultrassom no Brasil para que se possa ter um melhor conhecimento da distribuição das espécies de quirópteros neste país. No entanto, descrições detalhadas dos sons de ecolocalização das espécies insetívoras que ocorrem no Brasil ainda se fazem necessárias para que possam ser identificadas por análises acústicas.

Apesar da urbanização usualmente exercer um impacto negativo sobre a diversidade da quiropterofauna, nossos resultados demonstram que este efeito pode ser mitigado pela manutenção de áreas verdes dentro de uma matriz urbana. Embora alguns taxa necessitem de áreas verdes extensas para a sua preservação, na cidade de Vitória, mesmo parques com pouca cobertura vegetal (menos de 5 ha) contribuem para a manutenção da riqueza de espécies de quirópteros. Nossos resultados também demonstram que o método de monitoramento acústico se faz necessário para expandir o conhecimento sobre a composição da quiropterofauna da região da Grande Vitória ou mesmo do Estado do Espírito Santo.

1.5. Referências

- Almeida M.H.; Ditchfield A.D. & Tokumaru R.S. 2007. Atividade de morcegos e preferência por habitat na zona urbana da Grande Vitória, ES. Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**. 9(1): 7-12.
- Almeida M.H.; Ditchfield A.D. & Tokumaru R.S. 2014. Habitat characteristics and insectivorous bat activity. **Chiroptera Neotropical**. 20(2): 1264-1270.
- Ávila-Flores R. & Fenton M.B. 2005. Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. **Journal of Mammalogy**. 86(6): 1193-1204.
- Barros R.S.M; Bisaggio E.L. & Borges R.C. 2006. Morcegos (Mammalia, Chiroptera) em fragmentos florestais urbanos no município de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. *Biota Neotropica*. 6(1): <http://www.biotaneotropica.org.br/v6n1/pt/abstract?inventory+bn02206012006..>
- Basham R.; Law B. & Banks P. 2011. Microbats in a 'leafy' urban landscape: are they persisting, and what factors influence their presence?. **Austral Ecology**. 36: 663-678.
- Bolker B.M.; Brooks M.E.; Clark C.J.; Geange S.W.; Polsen J.R.; Stevens M.H.H. & White J.-S.S. 2009. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. **Trends in Ecology & Evolution**. 24: 127-135.
- Coleman J.L. & Barclay R.M.R. 2012. Urbanization and the abundance and diversity of Prairie bats. **Urban Ecosystems**. 15(1): 87-102.
- Duchamp J.E. & Swihart R.K. 2008. Shifts in bat community structure related to evolved traits and features of human-altered landscapes. **Landscape Ecology**. 23(7): 849-860.
- Gaisler J.; Zukal J.; Rehak Z. & Homolka M. 1998. Habitat preference and flight activity of bats in a city. **Journal of Zoology**. 244: 439-445.
- Gehrt S.D. & Chelsvig J.E. 2004. Species-specific pattern of bat activity in an urban landscape. **Ecological applications**. 14(2): 625-635.

- Grindal S.D. 1995. Habitat use by bats in fragmented forest. **Bat Research News**. 36: 260-272.
- Jung K. & Kalko E.K.V. 2010. Where forest meets urbanization: foraging plasticity of aerial insectivorous bats in an anthropogenically altered environment. **Journal of Mammalogy**. 91(1):144-153.
- Jung K. & Kalko E.K.V. 2011. Adaptability and vulnerability of high flying Neotropical aerial insectivorous bats to urbanization. **Diversity and Distributions**. 17: 262-274.
- Jung K; Kalko E.K.V. & von Helversen O. 2007. Echolocation calls in Central American emballonurid bats: signal design and call frequency alternation. **Journal of Zoology**. 272: 125-137.
- Kalko E.K.V.; Handley C.O. & Handley D. 1996. Organization, diversity, and long-term dynamics of a Neotropical bat community. Pp. 503-553. In: Long-term studies of vertebrate communities. CODY M. & SMALLWOOD J. (eds). Academic Press, Inc., New York. 597p.
- Leech N.L.; Barrett K.C. & Morgan J.A. 2005. SPSS for intermediate statistics: Use and interpretation. 2nd. edition. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., New Jersey. 255p.
- Loeb S.C.; Post C.J.; Holl S.T. 2009. Relationship between urbanization and bat community structure in national parks of the southeastern U.S. **Urban Ecosystems**. 12: 197-214.
- Macswiney M.C.; Bolívar B.; Clarke F.M. & Racey P.A. 2009. Insectivorous bat activity at cenotes in the Yucatan Peninsula, Mexico. **Acta Chiropterologica**. 11(1): 139-147.
- Macswiney M.C.; Clarke F.M. & Racey P.A. 2008. What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. **Journal of Applied Ecology**. 45: 1364-1371.
- Maroco J. 2014. Análise de equações estruturais: Fundamentos teóricos, software e aplicações. 2^a edição. Recordnumber, Porto. 289p.

- Miller B. 2001. A method for determining relative activity of free flying bats using a new activity index for acoustic monitoring. **Acta Chiropterologica**. 3(1): 93-105.
- Norberg U.M.; Rayner J.M.V. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia: Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**. 316: 335-427.
- Ochoa J.G.; O'Farrel M.J. & Miller B.W. 2000. Contributions of acoustic methods to studies of insectivorous bats diversity in protected areas from Northern Venezuela. **Acta Chiropterologica**. 2(2): 171-183.
- Oprea M.; Mendes P.; Vieira T. & Ditchfield A.D. 2009. Do wooded street provide conectivity for bats in an urban landscape? **Biodiversity and Conservation**. 18: 2361-2371.
- Pacheco S.M.; Sodr  M.; Gama A.; Brecht A.; Cavallini-Sanches E.M.; Marques R.; Guimar es M.M. & Bianconi G. 2010. Morcegos urbanos: Estados do conhecimento e plano de a o para a conserva o no Brasil. **Chiroptera Neotropical**. 6: 630-647.
- Paglia A.P.; da Fonseca G.A.B.; Rylands A.B.; Herrmann G.; Aguiar L.M.S.; Chiarello A.G.; Leite Y.L.R.; Costa L.P.; Siciliano S.; Kierulff M.C.M.; Mendes S.L.; Tavares V.C.; Mittermeier R.A. & Patton J.L. 2012. Annotated checklist of Brazilian mammals. 2nd Edition. **Occasional Papers in Conservation Biology**. 6: 1-76.
- van der Ree R. & McCarthy M.A. 2005. Inferring persistence of indigenous mammals in response to urbanisation. **Animal Conservation**. 8: 308-319.
- Russo D. & Ancillotto L. 2014. Sensitivity of bats to urbanization: A review. **Mammalian Biology**. <http://dx.doi.org/10.1016/Zj.mambio.2014.10.003>.
- Rydell J.; Arita H.T.; Santos M. & Granados J. 2002. Acooustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatan, Mexico. **Journal of Zoology**. 257: 27-34.
- Schnitzler H.-U. & Kalko E.K.V. 2001. Echolocation by insect eating bats. **BioScience**. 51: 557-569.

Threlfall C.; Law B.; Penman T. & Banks P.B. 2011. Ecological processes in urban landscapes: mechanisms influencing the distribution and activity of insectivorous bats. **Ecography**. 34: 814-826.

Capítulo 2:

Influência do tamanho corporal nos sons de ecolocalização de morcegos do gênero *Molossus* (família Molossidae)

Resumo

As características dos pulsos de ecolocalização de morcegos são afetadas pelo tamanho corporal. Espécies maiores emitem pulsos com frequências mais baixas e de maior duração. Todavia, essa premissa tem sido testada tendo como base apenas pulsos utilizados para forrageamento. Morcegos molossídeos utilizam pulsos de frequência quase constante (FQC) durante o forrageio e pulsos de frequência modulada (FM) ao alçarem vôo. Registramos os sons de ecolocalização de três espécies do gênero *Molossus*: *Molossus molossus*, *Molossus coibensis* e *Molossus rufus*. As duas primeiras espécies possuem tamanho corporal semelhante (± 15 g), visivelmente menor que a terceira (± 33 g). Os morcegos foram capturados com redes de neblina e suas vocalizações gravadas com um detector de ultrassom após voarem de uma plataforma de 3 m. Ao alçarem voo, os morcegos emitiram pulsos FM e mudaram para pulsos FQC após alguns segundos. Como esperado, as médias de frequência mais baixas entre as três espécies foram encontradas para *M. rufus*, a espécie maior. Todavia, a duração de pulso observada nesta espécie não diferiu de *M. coibensis* e foi mais curta na comparação entre pulsos FM. Dessa forma, o padrão que observamos para os parâmetros de frequência entre as três espécies estão de acordo com a hipótese da influência do tamanho corporal, porém outros fatores, como o comportamento de voo ou de forrageio, devem explicar o padrão que encontramos para os parâmetros temporais.

2.1. Introdução

Os morcegos utilizam ecolocalização para orientação no espaço, ou seja, para determinar a sua posição em relação ao ambiente que o cerca. Além disso, os morcegos insetívoros utilizam a ecolocalização para detectar, identificar e localizar presas (Schnitzler & Kalko 2001). Estes morcegos usam uma ampla variedade de tipos de sinais que se diferenciam quanto à estrutura de frequência, duração e intensidade, que varia de acordo com a espécie (Schnitzler & Kalko 2001). Além disso, os morcegos podem combinar essas variações para produzir chamados com estruturas diferentes. Tais estruturas podem ser descritas em termos dos componentes que as constituem, que são classificados em frequência constante (FC), frequência quase constante (FQC) e frequência modulada (FM; Russ 2012). O tipo de chamado utilizado pelos morcegos está relacionado com a tarefa perceptiva que estes animais confrontam (Schnitzler & Kalko 2001).

Como em outros animais, entre morcegos insetívoros, a frequência de seus chamados está negativamente correlacionada com o tamanho corporal (Jones 1999). Uma vez que as estruturas relacionadas com a produção de som produzem frequências mais baixas à medida que o tamanho linear aumenta, espécies maiores produzem chamados com valores de frequência menores (Pye 1979). Além disso, o tamanho corporal também determina o habitat de forrageamento, que por sua vez também influencia os parâmetros dos sons de ecolocalização (Barclay *et al.* 1999).

Espécies maiores possuem a área das asas relativamente pequena em relação ao corpo, uma vez que o volume aumenta mais rápido que a área da superfície corporal (Jones 1999), o que faz com que os morcegos maiores possuam voo rápido e pouco manobrável (Norberg & Rayner 1987). Dessa forma estes morcegos tendem a forragear em áreas abertas (Barclay *et al.* 1999). Estes animais buscam por alvos distantes, e para realizar tal tarefa eles utilizam chamados FQC de alta intensidade e baixa frequência (Schnitzler & Kalko 2001; Schnitzler *et al.* 2003). Tais chamados são eficientes para detecção e sofrem menos atenuação atmosférica e dessa forma viajam por distâncias maiores (Russ 2012). Além disso, tais espécies utilizam pulsos longos com intervalos grandes entre eles, uma vez que os ecos demoram em retornar de alvos distantes e não ocorre sobreposição eco-pulso (Jones 1999). Em contrapartida, morcegos menores podem voar mais lentamente e manobram com mais facilidade. Dessa forma, espécies menores podem voar mais próximas à vegetação e utilizam chamados com

alta frequência com um componente FM proeminente, o qual é eficiente para prover informações detalhadas sobre a estrutura dos alvos e são melhores para localizar presas pequenas (Barclay *et al.* 1999). Estes morcegos também emitem pulsos curtos com intervalo de tempo pequeno entre eles para evitar a sobreposição eco-pulso (Jones 1999). Assim, enquanto a frequência está negativamente correlacionada com o tamanho corporal, a duração se correlaciona positivamente.

A correlação entre o tamanho corporal e os parâmetros dos sons de ecolocalização tem sido reportada em várias famílias de morcegos insetívoros (Jones 1999; Jung *et al.* 2007; Mora & Torres 2008) incluindo a família Molossidae (Jung *et al.* 2014). Os molossídeos são considerados morcegos altamente adaptados e são caracteristicamente especializados em capturar insetos durante o voo em altitudes elevadas (Norberg & Rayner 1987). Estes morcegos tipicamente possuem asas longas e estreitas em relação ao tamanho corporal e, com exceção de algumas espécies, emitem sons de ecolocalização com longa duração e baixa frequência quando procuram por presas, o que faz destes animais bem adaptados ao forrageio em espaços abertos (Jung *et al.* 2014). Embora molossídeos sejam forrageadores exclusivamente de espaços abertos, eles podem adaptar sua ecolocalização a condições diferentes. Estes morcegos emitem pulsos FM quando são soltos em espaços confinados (Simmons *et al.* 1978) ou quando eles são soltos pela mão (Gillam & McCracken 2007). Pulsos FM também podem ser observados em condições naturais quando estes morcegos saem ou entram nos abrigos (Mora *et al.* 2004). Tais chamados FM são normalmente não considerados em estudos que investigam os fatores que estão correlacionados com a variabilidade da ecolocalização dentro da família Molossidae (Jung *et al.* 2014; Gillam & McCracken 2007; Mora & Torres 2008). Uma vez que os pulsos FM possuem função distinta dos pulsos FQC, suas características podem ser restringida por fatores diferentes.

O objetivo deste trabalho é comparar os chamados FQC e FM de três espécies de molossídeos do gênero *Molossus*, *M. molossus*, *M. coibensis* e *M. rufus*, para testar se diferenças nos parâmetros de ecolocalização destas espécies estão correlacionadas com diferenças no tamanho corporal entre as mesmas. *M. molossus* e *M. coibensis* são espécies morfologicamente semelhantes (pesando cerca de 15 g), sendo que esta última é em média ligeiramente menor que a primeira (Pimenta *et al.* 2014), enquanto que *M. rufus* é notavelmente maior que estas duas espécies (pesando cerca de 33 g; Fabian & Gregorin 2007). Nós esperamos que *M. molossus* e *M. coibensis* possuam parâmetros semelhantes de ecolocalização com frequências mais altas e duração de pulso mais curta que *M. rufus*.

2.2. Material e métodos

2.2.1. Local de estudo

Gravamos os sons de ecolocalização de *Molossus molossus*, *M. coibensis* e *M. rufus* entre agosto de 2014 e fevereiro de 2015 no Estado do Espírito Santo, Sudeste do Brasil. As gravações foram obtidas de indivíduos capturados na Reserva Biológica de Sooretama (18°54'15.3" - 19°04'20.3"S; 40°12'46.1" - 40°07'45.5"W) e de Duas Bocas (20°19'09.3" - 20°19'09.3"S, 40°29'14.6" - 40°29'14.6"W). A primeira se trata de uma reserva constituída de 250 ha de Mata Atlântica localizada no norte do Espírito Santo (para uma descrição mais detalhada, ver Pimenta *et al.* 2014). A Reserva Biológica de Duas Bocas Também é constituída de um fragmento de Mata atlântica com uma área de 2910 ha localizado no município de Cariacica na região central do estado do Espírito Santo (para uma descrição mais detalhada, ver Almeida *ET AL.* 2014). Os morcegos capturados estavam abrigados nos telhados do alojamento para pesquisadores de ambas as reservas, sendo que encontramos todas as três espécies no alojamento de Sooretama e a espécie *Molossus rufus* no alojamento de Duas Bocas.

Capturamos os morcegos por meio de redes de neblina armadas em frente aos alojamento das reservas. Apesar de *M. molossus* e *M. coibensis* serem morfologicamente semelhantes, estes puderam ser facilmente distinguidos por características externas descritas em Pimenta *et al.* (2014).

2.2.2. Gravação e análises acústicas

Acondicionamos Os indivíduos capturados durante a noite em sacos de algodão e os soltamos na manhã seguinte para gravação, quando a atividade de morcegos já havia cessado. Dessa forma, foi possível garantir que as vocalizações gravadas foram de fato emitidas pelos morcegos soltos e não por outros indivíduos voando nos arredores. Colocamos os morcegos capturados, um por vez, sobre uma pequena plataforma fixada na ponta de uma vara de aproximadamente três metros de altura, previamente posicionada próxima ao abrigo. Esperamos então até que os morcegos voassem espontaneamente para gravar suas

vocalizações. A maioria dos indivíduos voou de volta para o abrigo e alguns para uma árvore próxima.

Gravamos as vocalizações dos morcegos com um detector de ultrassom Griffin (Stag electronics, Londres) no modo de expansão de tempo (fator de expansão de 10x), com taxa de amostragem de 441 kHz e qualidade de 16 bits. Analisamos as gravações com o programa Avisoft (Raimund Specht, Berlim). Excluímos Pulsos fracos ou com fortes ecos das análises. Geramos os espectrogramas na janela Hamming, com FFT de 256 e 93,75% de sobreposição.

Analisamos as sequências de pulsos de ecolocalização por meio da função de análise automática do programa Avisoft empregando dois limiares, ambos selecionados a -20 db. O primeiro limiar detecta o pulso a ser analisado e o segundo determina o início e o final do mesmo. Analisamos os seguintes parâmetros: intervalo entre pulsos (intervalo de tempo entre o começo de um pulso e o começo do pulso subsequente), duração (espaço de tempo entre o começo e o fim do pulso), frequência máxima (maior frequência medida no começo do pulso a -20 dB em relação a amplitude máxima), frequência mínima (frequência medida no final do pulso a -20 dB em relação a maior amplitude), frequência dominante (frequência de maior amplitude) e largura de banda (diferença entre a frequência máxima e mínima medida no espectro médio do pulso inteiro). Também calculamos o declive de cada pulso dividindo a largura de banda pela duração.

2.2.3. Análises estatísticas

Uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal, estes foram normalizados em duas etapas de acordo com Templeton (2011). Após este procedimento, utilizamos análises de variância (ANOVA) e comparações Post-hoc (teste de Scheffé) para comparar os parâmetros acústicos das três espécies duas-a-duas. Também conduzimos análises de função discriminante para avaliar a atribuição dos pulsos a cada espécie considerando os parâmetros analisados em conjunto. O procedimento descrito foi realizado para duas categorias de pulsos, FQC (frequência quase constante) e FM (frequência modulada). Também averiguamos se houve diferença significativa entre estas duas categorias de pulsos para cada espécie.

2.3. Resultados

Ao todo gravamos 15 indivíduos de *M. molossus*, 15 indivíduos de *M. rufus* e cinco indivíduos de *M. coibensis*. Ao alçarem voo, os morcegos emitiram pulsos FM e mudaram para FQC após alguns segundos.

2.3.1. Comparação dos pulsos FQC

Ao todo analisamos 427 pulsos FQC de *Molossus molossus*, 401 pulsos de *M. rufus* e 42 pulsos de *M. coibensis*. Todos os parâmetros diferiram significativamente entre as três espécies (frequência máxima, $F = 220,344$; frequência mínima, $F = 203,922$; frequência dominante, $F = 383,718$; largura de banda, $F = 26,216$; duração, $F = 66,473$; intervalo entre pulsos, $F = 58,078$; declive, $F = 41,601$; $p < 0,01$ para todas as comparações). Não houve diferença significativa entre *M. Molossus* e *M. coibensis* em relação aos valores de frequência máxima ($p = 0,617$), mínima ($p = 0,08$) e dominante ($p = 0,292$) e estes foram significativamente mais altos nestas duas espécies que em *M. rufus* ($p < 0,01$). Em contrapartida, *M. rufus* e *M. coibensis* não apresentaram diferença significativa entre si em relação à duração ($p = 0,152$), ao intervalo de tempo ($0,933$) e à largura de banda ($p = 0,653$), e estes parâmetros foram significativamente maiores nestas duas espécies que em *M. molossus* ($p < 0,01$). *M. molossus* e *M. coibensis* não diferiram quanto ao declive ($P = 0,347$), sendo que *M. rufus* apresentou média inferior para este parâmetro em relação às outras espécies ($p = 0,05$ na comparação com *M. coibensis* e $p < 0,01$ na comparação com *M. molossus*). As médias de todos os parâmetros para as três espécies estão listadas na tabela 1 (ver também fig. 1).

A análise discriminante demonstrou que 86,5% dos pulsos de *M. molossus* e 81,1% dos pulsos de *M. rufus* foram classificados corretamente como sendo de suas respectivas espécies. No entanto, apenas 2,6% dos pulsos de *M. coibensis* foram classificados corretamente, 71,8% deles foi classificado como pulsos de *M. molossus* e 25,6%, como pulsos de *M. rufus*.

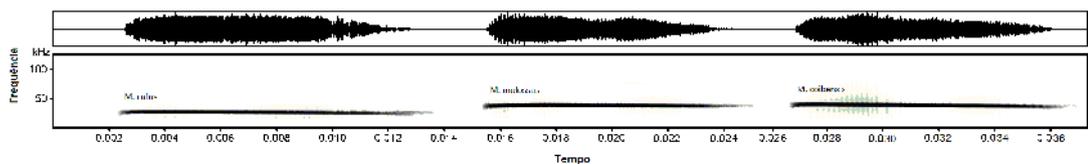


Fig. 2.1. Sonograma mostrando os pulsos de ecolocalização do tipo FQC para as espécies *Molossus molossus*, *Molossus rufus* e *Molossus coibensis*.

Tabela 2.1. Média e desvio padrão dos parâmetros medidos para os pulsos FQC de *Molossus molossus*, *M. rufus* e *M. coibensis*. As letras A e B ressaltam diferenças ou semelhanças dos parâmetros entre taxa.

Parâmetros	M. molossus	M. rufus	M. coibensis
Freq. Max. (kHz)	40,86(±4,53) A	35,49(±3,62) B	39,98(±3,41) A
Freq. Min. (kHz)	31,80(±4,38) A	26,68(±3,20) B	30,47(±3,32) A
Freq. Dom. (kHz)	36,28(±2,88) A	30,58(±3,11) B	35,46(±3,06) A
Largura de banda (kHz)	6,30(±0,96) A	6,60(±0,91) B	6,64(±0,39) B
Duração (MS)	8,66(±2,33) A	11,07(±3,89) B	10,08(±2,65) B
Intervalo entre pulsos (ms)	134,21(±63,97) A	182,25(±74,27) B	191,39(±96,28) B
Declive (Hz/MS)	778,54(±233,74) A	672,70(±267,60) B	703,42(±186,08) A
Número de pulsos	427	401	42

2.3.2. Comparação dos pulsos FM

Ao todo analisamos 151 pulsos FM de *M. molossus*, 151 pulsos de *M. rufus* e 68 pulsos de *M. coibensis*. Todos os parâmetros diferiram significativamente entre as três espécies, exceto o intervalo entre pulsos (frequência máxima, $F = 57,797$, $p < 0,01$; frequência mínima, $F = 3,402$, $p = 0,034$; frequência dominante, $F = 15,572$, $p < 0,01$; largura de banda, $F = 3,777$, $p = 0,024$; duração, $F = 11,531$, $p < 0,01$; intervalo entre pulsos, $F = 2,535$, $p = 0,081$; declive, $F = 3,166$, $p = 0,043$). *M. molossus* apresentou a frequência máxima mais alta das três espécies, seguido de *M. coibensis* e *M. rufus* ($p < 0,01$). *M. molossus* e *M. coibensis* não diferiram em relação a frequência dominante ($p = 0,396$), sendo que valor médio deste parâmetro foi mais alto nestas espécies que em *M. rufus* ($p < 0,01$). A frequência mínima emitida por *M. rufus* não diferiu significativamente das demais espécies ($p = 0,158$ na comparação com *M. molossus* e $p = 0,658$ na comparação com *M. coibensis*), enquanto que *M. molossus* apresentou média significativamente mais alta para este parâmetro comparada a *M. coibensis* ($p = 0,05$). A largura de banda não diferiu entre *M. molossus* e *M. rufus* ($p = 1,00$), e esta foi maior nestas espécies que em *M. coibensis* ($p = 0,05$ na comparação com *M. molossus* e $p = 0,039$ na comparação com *M. rufus*). A duração do pulso foi maior em *M. molossus* que nas outras espécies ($p < 0,01$), que por sua vez não diferiram entre si ($p = 0,558$). *M. molossus* não apresentou diferença para o declive em relação as outras duas espécies ($p = 0,278$ na comparação com *M. rufus* e $p = 0,605$ na comparação com *M. coibensis*) e *M. rufus* apresentou média significativamente superior para este Parâmetro comparado a *M. coibensis* ($p = 0,05$; Tabela 2).

A análise discriminante demonstrou que 69,1% dos pulsos de *M. molossus* e 92,3% dos pulsos de *M. rufus* foram classificados corretamente, mas apenas 3,3% dos pulsos de *M. coibensis* foram classificados de forma correta. 50,8% dos pulsos de *M. coibensis* foram classificados como de *M. rufus* e 45,9%, como de *M. molossus* (Tabela 3).

O teste de ANOVA demonstrou que todos os parâmetros variaram significativamente ao se comparar os pulsos FQC e FM de cada espécie ($p < 0,01$ para todas as comparações, exceto para frequência mínima de *M. rufus*, onde $p = 0,027$). Os pulsos FM possuíram maior frequência Máxima e dominante, menor frequência mínima, exceto para *M. rufus*, que emitiu pulsos FM com frequências mínimas mais altas, maior largura de banda, menor duração, menor intervalo entre pulsos e maior declive.

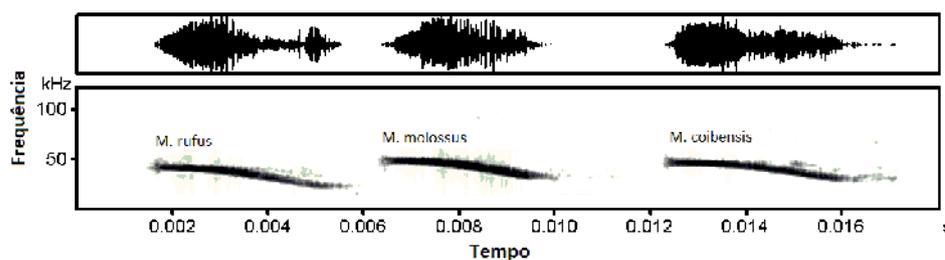


Fig. 2.2. Sonograma mostrando os pulsos de ecolocalização do tipo FM para as espécies *Molossus molossus*, *Molossus rufus* e *Molossus coibensis*.

Tabela 2.2. Média e desvio padrão dos parâmetros medidos para os pulsos FM para *Molossus molossus*, *M. rufus* e *M. coibensis*. As letras A, B e C ressaltam diferenças ou semelhanças dos parâmetros entre taxa.

Parâmetros	<i>M. molossus</i>	<i>M. rufus</i>	<i>M. coibensis</i>
Freq. Max. (kHz)	53,75(±4,18) A	47,21(±3,70) B	50,28(±6,13) C
Freq. Min. (kHz)	28,91(±9,45) A	27,94(±10,09) AB	25,78(±6,19) B
Freq. Dom. (kHz)	43,32(±6,44) A	39,27(±4,51) B	41,75(±7,02) A
Largura de banda (kHz)	17,16(±6,62) A	17,95(±8,32) A	14,52(±5,80) B
Duração (ms)	4,56(±1,15) A	4,01(±0,90) B	3,80(±0,60) B
Intervalo entre pulsos (ms)	64,20(±52,99) A	54,37(±28,48) A	59,34(±33,42) A
Declive (Hz/ms)	4175,00(±2,04) AB	4479,55(±1,71) B	3840,06(±1,42) A
Número de pulsos	119	151	68

Tabela 2.3. – Resultado da análise discriminante para os pulsos FM e FQC de *Molossus molossus*, *M. rufus* e *M. coibensis*, mostrando a porcentagem de pulsos de cada espécie que é classificada corretamente ou como sendo de outra espécie.

Tipo de pulso	<i>M. molossus</i>		<i>M. rufus</i>		<i>M. coibensis</i>	
	FQC	FM	FQC	FM	FQC	FM
<i>M. molossus</i>	86,5	69,1%	12,5%	27,3%	1,0%	3,6%
<i>M. rufus</i>	18,6%	7,0%	81,1%	92,3%	6,3%	6,7%
<i>M. coibensis</i>	71,5%	45,9%	25,6%	50,8%	2,6%	3,3%

2.4. Discussão

Observamos que os valores médios dos parâmetros de frequência dos pulsos FQC e FM das espécies *M. molossus*, *M. rufus* e *M. coibensis*, apresentaram o padrão esperado de acordo com a hipótese da influência do tamanho corporal nos sons de ecolocalização de morcegos, uma vez que *M. rufus*, a maior espécie das três, possui frequências mais baixas que as demais espécies. No entanto, os valores dos parâmetros temporais, duração e intervalo entre pulsos, não apresentaram o padrão esperado de acordo com a mesma hipótese, ou seja, as espécies menores, *M. molossus* e *M. coibensis* não emitiram pulsos com duração e intervalo de tempo mais curtos que *M. rufus*. Não houve diferença na média destes parâmetros ao se comparar os pulsos FQC de *M. rufus* e *M. coibensis*, enquanto que *M. molossus* apresentou média inferior a estas duas espécies.

A correlação negativa entre frequência e tamanho corporal é explicado por Jones (1999) como uma restrição fisiológica, uma vez que as estruturas responsáveis pela produção sonora, como pregas vocais, produzem frequências mais baixas a medida que o tamanho linear aumenta (Pye 1979). Enquanto que, de acordo com o mesmo autor, a correlação positiva entre duração e tamanho corporal se deve ao fato de espécies maiores forragearem em espaços mais abertos, por possuírem voo mais rápido e menos manobrável (Norberg & Rayner 1987). Dessa forma, as espécies maiores emitiriam pulsos mais longos com uma menor taxa de repetição, uma vez que os alvos estão mais distantes e o tempo de retorno do eco seria maior. É possível que em nossa pesquisa, *M. molossus* tenha voado mais próximo ao chão ou à vegetação que as outras espécies, e portanto, emitido pulsos FQC mais curtos com intervalos menores. Uma possível explicação para essa diferença de comportamento seria que *M. molossus* possuiria um voo mais manobrável que *M. coibensis* apesar destas duas espécies possuírem tamanho semelhante.

A emissão de frequências mais baixas também seria esperada para morcegos que voam em ambientes mais abertos, uma vez que estes morcegos necessitam detectar alvos mais distantes e pulsos de baixa frequência sofrem menos atenuação atmosférica (Russ 2012). Dessa forma, as frequências mais baixas emitidas por *M. rufus*, poderiam ser resultado de um ajuste ao ambiente em que esta espécie voa e não a uma restrição direta do tamanho corporal. Todavia, os pulsos FM, em comparação aos pulso FQC, foram emitidos em situação mais similar para as três espécies, uma vez que estes foram emitidos quando os morcegos alçaram

voo e todos os indivíduos voaram a partir da mesma altura. Este fato sugere, que as frequências mais baixas observadas para *M. rufus* em relação às outras espécies se deva a uma restrição relacionada a diferença de tamanho entre elas e não a altitude de voo. O fato de todos os indivíduos alçarem voo da mesma altura explicaria ainda, a ausência de diferença significativa entre as três espécies para intervalo entre pulsos, mas não explica porque *M. molossus* apresentou pulsos FM ligeiramente mais longos que as outras duas espécies. É possível que *M. molossus* tenha uma tolerância à sobreposição eco-pulso um pouco maior que as outras espécies, ou talvez não exista uma razão funcional para esta diferença de duração, uma vez que a diferença é muito pequena (menos de 1 ms).

Todas as espécies apresentaram diferenças significativas em todos os parâmetros analisados ao ser comparar os pulsos FQC com FM. Em relação aos pulsos FQC, todas as espécies emitiram pulsos FM com frequência máxima e dominante mais alta e frequência mínima mais baixa, exceto *M. rufus*, cuja frequência mínima foi mais alta nos pulsos FM. A ampla variação na frequência dos pulsos de ecolocalização destes animais indica que mesmo que o tamanho corporal restrinja a frequência que os morcegos possam emitir, esta restrição não é tão estrita. Sendo assim, espécies de tamanho semelhante poderiam emitir pulsos com frequências distintas, ao contrário do que observamos para *M. molossus* e *M. coibensis*. A descrição dos sons de ecolocalização de *Balantiopteryx io* e *B. infuscus* fornecida por Ibañes *et alL.* (2002) confirmam esta previsão. Apesar de semelhantes em tamanho, *B. io* apresenta frequência dominante notadamente mais baixa que *B. infuscus*.

O fato de *M. rufus* elevar a frequência mínima nos pulsos FM, ao invés de reduzi-la, como nas outras espécies, é provavelmente explicado por esta espécie já possuir uma frequência mínima muito baixa. Assim, uma frequência ainda mais baixa poderia não ser útil em uma situação em que o morcego está próximo ao chão, já que frequências baixas são favoráveis para detectar alvos distantes (Russ 2012).

Os morcegos apresentaram ainda pulsos FM com menor intervalo de tempo, menor duração, maior largura de banda e, conseqüentemente, maior declive em comparação com os pulsos FQC. Ao contrário dos pulsos FQC, que são empregados na detecção de presas, pulsos com maior largura de banda são mais eficientes para a exata localização e caracterização de alvos (Schnitzler & Kalko 2001). Estes tipos de pulsos são normalmente utilizados por morcegos que necessitam navegar próximos a obstáculos. Possivelmente, ao alçarem voo, os molossideos percebam o seu ambiente como sendo rico em obstáculos, uma vez que estão

próximos do chão ou de outras estruturas físicas que produzem eco. Mudança significativa na estrutura de pulsos de ecolocalização associada com o contexto é conhecida também em outras espécies como *Tadarida brasiliensis* (Simons *et al.* 1978), *E. serotinus* (Jensen & Miller 1999) e *E. fuscus* (Surlykke & Moss 2000). Estas espécies apresentam pulsos mais curtos com frequências mais altas e maior largura de banda, quando voam mais próximo ao chão e à vegetação ou em locais fechados, o mesmo padrão observado em nossa pesquisa quando comparamos pulsos FM com FQC. De acordo com Mora *et al.* (2004) pulsos FM são produzidos por *M. molossus* apenas quando estes animais voam em locais confinados ou a 4 m de distância de obstáculos.

Uma vez que os hábitos comportamentais dos morcegos, como tipo de presa e ambiente de forrageio, exercem forte pressão seletiva na estrutura dos sinais de ecolocalização, tipos de chamados espécie-específicos são favorecidos (Schnitzler *et al.* 2003; 2004). No entanto, tal premissa não parece se aplicar a *M. coibensis*. As análises de função discriminante demonstraram que os pulsos FQC de *M. coibensis* são confundidos com os de *M. molossus* e os pulsos FM desta mesma espécie são confundidos tanto com *M. molossus* quanto com *M. rufus*, enquanto que estas duas espécies podem ser mais facilmente distinguidas entre si. A estrutura dos pulsos de ecolocalização estão intimamente ligadas as condições ecológicas encontradas por morcegos enquanto estes buscam por alimento e/ou se orientam no espaço (Schnitzler *et al.* 2003). Sendo assim, nossos dados sugerem que existem uma sobreposição de nicho entre *M. coibensis* e as outras duas espécies. No entanto, acreditamos que as diferenças na frequência e na duração entre os pulsos FQC das três espécies poderiam permitir a repartição de nicho entre elas. Morcegos não são capazes de detectar alvos com dimensões menores que o comprimento de onda de seus chamados de ecolocalização (Barclay & Brigham 1991; Houston *et al.* 2004; Safi & Simers 2010). Além disso, morcegos que emitem pulsos mais longos estão restritos a detectar alvos mais distantes para evitar a sobreposição eco-pulso. Uma vez que alvos menores são mais difíceis de serem detectados a distâncias longas, devido a atenuação do eco, morcegos com pulsos mais longos estariam restritos a detectar alvos maiores (Houston *et al.* 2004). Assim, é esperado que morcegos que emitem pulsos mais longos e de frequências mais baixas (com comprimento de onda mais longo) se alimentem de presas maiores (Houston *et al.* 2004). Dessa forma, *M. molossus* e *M. coibensis*, por possuírem frequências mais altas que *M. rufus*, poderiam ter acesso a presas menores, não acessíveis a esta última espécie. Além disso, os pulsos mais curtos emitidos por *M. molossus* em comparação a *M. coibensis* poderia permitir a primeira

espécie a forragear por insetos que não podem ser detectados pela segunda. Assim, a diferença na duração do pulso Entre *M. coibensis* e *M. molossus*, e a diferença na frequência entre *M. rufus* e *M. molossus* e *M. coibensis* poderia permitir a repartição de recursos entre as três espécies. Além disso, outros mecanismos de divisão de nicho são possíveis, como por exemplo horários de atividade diferentes (Kunz 1973), o que não foi avaliado em nosso estudo.

Do nosso conhecimento, este é o primeiro trabalho que apresenta uma descrição para os chamados de ecolocalização de *M. coibensis*. Outras descrições para os chamados de ecolocalização as espécies *M. molossus* e *M. rufus* estão disponíveis na literatura (Fenton 1998; Mora *et al.* 2004; Jung *et al.* 2014). Os valores de frequência que encontramos para *M. molossus* se assemelha àqueles descritos por Mora *et al.* (2004) e Jung *et al.* (2014). No entanto, o valor médio da duração dos pulsos FQC de *M. molossus* em nosso estudo foram menores que os apresentados por estes autores, que relatam médias acima de 10 ms. Em relação a *M. rufus*, não apenas encontramos duração mais curta para os pulsos FQC comparada ao que está descrito na literatura, mas também valores de frequência expressivamente mais altos. As frequências descritas por Fenton (1998) e Jung *et al.* (2014) estão abaixo de 30 kHz. Mesmo os pulsos descritos por Jung *ET al.* (2014) como FQC de alta frequência estão abaixo deste valor. Estas diferenças podem estar relacionadas a uma variação geográfica existente nestas espécies ou a altitude de voo dos morcegos durante as gravações em cada trabalho (Linger *et al.* 2004).

Vários fatores, além do tamanho corporal, como distância de obstáculos e tipo de presa, podem exercer influência nos parâmetros dos sinais de ecolocalização dos morcegos, sendo que tais fatores estão normalmente interligados (Houston *et al.* 2004). Além disso, a características dos chamados de ecolocalização podem ser reflexo do parentesco filogenético e a relação entre tamanho corporal e os parâmetros dos sons de ecolocalização não ser observado ao se comparar grupos taxonômicos diferentes com adaptações distintas (Jung *et al.* 2014). Uma vez que comparamos espécies aparentadas, de hábitos de vida similares (todas forrageadores de espaço aberto), gravadas em circunstâncias semelhantes, acreditamos que a diferença nas frequências que observamos entre as três espécies se deva a uma restrição do tamanho corporal sobre a frequência dos chamados de ecolocalização dos morcegos. No entanto, a duração e o intervalo entre pulsos não parecem estar relacionados com o tamanho corporal entre as espécies que estudamos. Sendo assim, estudos futuros sobre o comportamento de ecolocalização destas espécies são necessários para averiguar a exata

relação destes parâmetros a proximidade do chão ou com obstáculos, ou ainda a influência do comportamento de forrageio e dieta alimentar das mesmas sobre as características de suas vocalizações.

2.5. Referências

- Almeida M.H.; Ditchfield A.D. & Tokumaru R.S. 2014. Habitat characteristics and insectivorous bat activity. **Chiroptera Neotropical**. 20(2): 1264-1270.
- Barclay R.M.R. & Brigham R.M. 1991. Prey detection, dietary niche breadth and body size in bats: why are aerial insectivorous bats so small? **America Naturalist**. 137: 693-703.
- Barclay R.M.R.; Fullard J.H. & Jacobs D.S. 1999. 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.
- Fabian M.E. & Gregorin R. 2007. Familia Molossidae. pp. 149-165. In: Morcegos do Brasil. Reis N.R.; Peracchi A.L.; Pedro W.A. & Lima I.P. (Eds). Biblioteca Central da Universidade de Londrina, Londrina. 253p.
- Fenton M.B. 1998. Emergence, echolocation, diet and foraging behavior of *Molossus ater* (Chiroptera: Molossidae). **Biotropica**. 30(2): 314-320.
- Gillam E.H. & McCracken G.F. 2007. Variability in the echolocation of *Tadarida brasiliensis*: effects of geography and local acoustic environment. **Animal Behavior**. 74: 277-286.
- Houston R.D.; Boonman A.M. & Jones G. 2004. Do echolocation signal parameters restrict bats' choice of prey? PP. 339-344. In: Echolocation in bats and dolphins. Thomas J.A.; Moss C.F. & Vater M. (eds). University of Chicago Press, Chicago and London. 631p.

- Ibañez C.; Juste J.; Lopez-Wilchis R.; Albuja L.V. & Nuñez-Garduño A. 2002. Echolocation of tree species of sac-winged bats (*Balantiopteryx*). **Journal of Mammalogy**. 83(4): 1049-1057.
- Jensen M.E. & Miller L.A. 1999. Echolocation signals of the bat *Eptesicus serotinus* recorded using a vertical microphone array: effect of flight altitude on searching signals. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. 47: 60-69.
- Jones G. 1999. Scaling of echolocation calls parameters in bats. **The Journal of Experimental Biology**. 202: 3359-3367.
- Jung K; Kalko E.K.V. & von Helversen O. 2007. Echolocation calls in Central American emballonurid bats: signal design and call frequency alternation. **Journal of Zoology**. 272: 125-137.
- Jung K.; Molinari J. & Kalko E.K.V. 2014. Driving factors for the evolution of species-specific echolocation call design in new world free-tailed bats (Molossidae). **PLOS ONE**. <http://t.co/U4MAk0A45T>.
- Kunz T.H. 1973. Resource utilization: Temporal and spatial components of bat activity in central Iowa. **Journal of Mammalogy**. 54(1): 14-32.
- Mora E.C. & Torres L. 2008. Echolocation in the large molossid bats *Eumops glaucinus* and *Nyctinomops macrotis*. **Zoological Science**. 25: 6-13.
- Mora E.C.; Marias S.; Vater M.; Coro F. & Kossel M. 2004. Specializations for aerial hawking in the echolocation system of *Molossus molossus* (Molossidae Chiroptera). **Journal of Comparative Physiology**. 190:561-574.
- Norberg U.M.; Rayner J.M.V. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia: Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B**. 316: 335-427.
- Pimenta V.; Fonseca B.s.; Hoppe J.P.M. & Ditchfield A.D. 2014. First occurrence of *Molossus coibensis* Allen, 1904 (Chiroptera, Molossidae) in Atlantic Forest. **Acta Chiropterologica**. 20(1): 1237-1242.

- Pye J.D. 1979) Why ultrasound? **Endeavour**. 3: 57-62.
- Safi K. & Siemers B.M. 2010. Implications of sensory ecology for species coexistence: biased perception links predator diversity to prey size distribution. **Evolutionary Ecology**. 24(4): 703-713.
- Schnitzler H.-U. & Kalko E.K.V. 2001. Echolocation by insect eating bats. **BioScience**. 51: 557-569.
- Schnitzler H.-U.; Kalko E.K.V. & Desinger A. 2004. Evolution of echolocation and foraging behavior in bats. Pp. 331-338. In: Echolocation in bats and dolphins. Thomas J.A.; Moss C.F. & Vater M. (eds). University of Chicago Press, Chicago and London. 631p.
- Schnitzler H.U.; Moss C.F. & Denzinger A. 2003. From spatial orientation to food acquisition in echolocating bats. **Trends in Ecology and Evolution**. 18(8): 386-394.
- Simmons J.A.; Lavender W.A.; Lavender B.A.; Childs J.E.; Hulebak K.; Rigden M.R.; Sherman J. & Woolman B. 1978. Echolocation by free-tailed bats (*Tadarida*). **Journal of Comparative Physiology**. 125: 291-299.
- Surlykke A., Moss C.F. 2000. Echolocation behavior of big brown bats, *Eptesicus fuscus*, in the field and in the laboratory. **Journal of Acoustical Society of America**. 108: 2419-2429.
- Russ J. 2012. British Bat Calls. A guide to species identification. Pelagic Publishing, Exeter. 204p.
- Templeton G.F. 2011. A two-step approach for transforming continuous variables to normal: implications and recommendations for IS research. **Communications of the Association for Information Systems**. 28(4): <http://aisel.aisnet.org/cais/vol28/iss1/4>

Anexo I

Relatório completo comparando a atividade geral entre os habitats

No modelo basal assumimos que a *Atividade Geral* é estimada por um valor constante médio que varia por Noite (intercepto = β_0), um erro específico que traduz a variabilidade entre as noites ($s_{\mu_{01}}^2$) e por um erro aleatório associado a cada **registro de atividade** em cada noite ($s_{\varepsilon_{ij}}^2$).

Deste modo, inseriu-se a variável *Noite* como controle dos efeitos aleatórios e usou-se a variável *Atividade Geral* como variável dependente. Nesta primeira análise foi observado efeito significativo dos componentes aleatórios ($s_{\varepsilon_{ij}}^2=3,44$; $Z_{\text{Wald}} = 17,83$; $p < 0,001$ e $s_{\mu_{01}}^2 = 0,31$; $Z_{\text{Wald}} = 2,04$; $p = 0,042$), sendo que há variação média da atividade geral dos morcegos em cada noite. Podemos entender então, que a variância entre os conjuntos de observação e as noites não é desprezível. Na tentativa de melhor fundamentar esta conclusão, calculou-se o tamanho do efeito (ou variância total) atribuída à variável *Noite*, através do cálculo do Coeficiente de Correlação Interclasses ($ICC = 0,086$), este, no entanto, apresentou tamanho reduzido ($< 0,1$), sendo que apenas 8,6% da variância total é explicada pela diferença entre as noites.

Em **segunda etapa**, em busca de identificar e controlar os efeitos aleatórios, inseriu-se juntamente à variável *Noite* a variável *Ponto*, mantendo-se a variável *Atividade Geral* em seu lugar original. Assim como na etapa anterior, foi observado efeito significativo dos componentes aleatórios ($s_{\varepsilon_{ij}}^2 = 2,43$; $Z_{\text{Wald}} = 17,63$; $p < 0,001$ e $s_{\mu_{01}}^2 = 1,56$; $Z_{\text{Wald}} = 3,34$; $p = 0,001$). O cálculo do Coeficiente de Correlação Interclasses ($ICC = 0,39$) nos mostrou um efeito considerável dos componentes aleatórios, sendo que este é responsável por explicar 39% da variância total da atividade geral. Podemos considerar que o efeito da interação *Noite* e *Ponto* (**noite*ponto**) é de relevância para o nosso modelo. Além disto, foi observado um aumento significativo na qualidade de ajustamento do modelo ($\chi^2_{\text{dif}} = 175,44$; $p < 0,001$). Estas duas primeiras etapas validam a relevância do uso de uma análise multinível (hierárquica) para o presente teste de hipótese.

Numa **terceira** e última etapa, foi adicionada uma variável preditora de segundo nível, aqui representada pela variável *Habitat*, que tem como objetivo explicar e assim reduzir o componente de variância aleatória ($s_{\mu_{01}}^2$). Nesta etapa assume-se que os interceptos (médias) variam em cada um dos habitats. O efeito do tipo de habitat sobre a atividade geral é considerado fixo, não sendo considerado o efeito aleatório do mesmo sobre a variável dependente. Este novo modelo apresentou um aumento significativo na qualidade de ajustamento do modelo ($\chi^2_{\text{dif}} = 111,330$; $p < 0,001$). A variável tipo de *Habitat* em seu primeiro nível (Área Urbana) tem efeito significativo no modelo ($b_{\text{Habitat}_0} = -2,184$; $t_{(512,294)} = 10,953$; $p < 0,001$) e seu segundo (Área Verde Pequena) também ($b_{\text{Habitat}_1} = -0,699$; $t_{(512,294)} = 3,505$; $p < 0,001$), nos indicando que existe influência do *Habitat* na *Atividade Geral*, e que esta varia entre as diferentes áreas. Ao passarmos de uma área urbana para uma área verde grande observamos um acréscimo de 2,184 unidades de atividade e esse valor cai para 0,699 unidades quando comparamos a área verde pequena com a verde grande, ou seja, registros de atividade realizados na área verde grande apresenta em média estas unidades a mais que as outras áreas.

$$\begin{aligned}
 \textit{Atividade Geral} &= \beta_{0j} + \beta_1 \textit{Hábitat}_j \\
 &= 3,87 - 2,184 \text{ (Área Urbana)} \\
 &= 3,87 - 0,699 \text{ (Área Verde Peq.)} \\
 &= 3,87 \text{ (Área Verde Grande)}
 \end{aligned}$$

De forma a melhor identificar o efeito do *Habitat* na *Atividade Geral*, realizou-se testes *pairwise* usando a metodologia *Sidak*, sendo que foi observada em média significativamente menos atividade na Área Urbana em relação à Área Verde Pequena (*Sidak*, $p < 0,001$) e Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$). Em relação às duas áreas verdes, observou-se diferença significativa (*Sidak*, $p < 0,001$), sendo que entre a Área Verde Pequena em média apresenta menor *Atividade Geral* que a Área Verde Grande. A adição do preditor *Habitat* provoca uma redução no efeito do componente de variância aleatória ($s_{\mu_{01}}^2$), de 48,5%, no entanto, o mesmo continua significativamente diferente de zero ($s_{\mu_{01}}^2 = 0,80$; $Z_{\text{Wald}} = 3,17$; $p = 0,002$), indicando que outras variáveis de nível 2 podem ser introduzidas no modelo. No entanto, como não possuímos outras variáveis que caracterizem o ambiente destes

animais, não nos resta nenhuma outra a ser usada. A variância entre os registros de atividade permanecem praticamente inalterados e sua estimativa é significativa ($s^2 = 2,09$; $Z_{\text{Wald}} = 17,62$; $p < 0,001$).

Anexo II

Relatório completo comparando a atividade de alimentação entre habitats

No modelo basal assumimos que a *Feeding buzz* é estimada por um valor constante médio que varia por Noite (intercepto = β_0), um erro específico que traduz a variabilidade entre as noites ($s_{\mu_{01}}^2$) e por um erro aleatório associado a cada **registro de atividade** em cada noite ($s_{\varepsilon_{ij}}^2$).

Deste modo, inseriu-se a variável *Noite* como controle dos efeitos aleatórios e usou-se a variável *Feeding buzz* como variável dependente. Nesta **primeira** análise foi observado efeito significativo dos componentes aleatórios ($s_{\varepsilon_{ij}}^2 = 0,55$; $Z_{\text{wald}} = 17,83$; $p < 0,001$ e $s_{\mu_{01}}^2 = 0,63$; $Z_{\text{wald}} = 2,11$; $p = 0,035$), sendo que há variação média da *Feeding buzz* dos morcegos em cada noite. Podemos entender então, que a variância entre os conjuntos de observação e as noites não é desprezível. Na tentativa de melhor fundamentar esta conclusão, calculou-se o tamanho do efeito (ou variância total) atribuída à variável *Noite*, através do cálculo do Coeficiente de Correlação Interclasses ($ICC = 0,103$), este, no entanto, apresentou tamanho reduzido ($\sim 0,1$), sendo que apenas 10,3% da variância total é explicada pela diferença entre as noites.

Em **segunda etapa**, em busca de identificar e controlar os efeitos aleatórios, inseriu-se juntamente à variável *Noite* a variável *Ponto*, mantendo-se a variável *Feeding buzz* em seu lugar original. Assim como na etapa anterior, foi observado efeito significativo dos componentes aleatórios ($s_{\varepsilon_{ij}}^2 = 0,48$; $Z_{\text{wald}} = 17,63$; $p < 0,001$ e $s_{\mu_{01}}^2 = 0,14$; $Z_{\text{wald}} = 3,11$; $p = 0,002$). O cálculo do Coeficiente de Correlação Interclasses ($ICC = 0,228$) nos mostrou um efeito considerável dos componentes aleatórios, sendo que este é responsável por explicar 22,8% da variância total da *Feeding buzz*. Podemos considerar que o efeito da interação *Noite* e *Ponto* (**noite*ponto**) é de relevância para o nosso modelo. Além disto, foi observado um aumento significativo na qualidade de ajustamento do modelo ($\chi^2_{\text{dif}} = 57,29$; $p < 0,001$). Estas duas primeiras etapas validam a relevância do uso de uma análise multinível (hierárquica) para o presente teste de hipótese.

Numa **terceira** e última etapa, foi adicionada uma variável preditora de segundo nível, aqui representada pela variável *Habitat*, que tem como objetivo explicar e assim reduzir o componente de variância aleatória ($s_{\mu_{01}}^2$). Nesta etapa assume-se que os interceptos (médias) variam em cada um dos habitats. O efeito do tipo de habitat sobre a atividade geral é considerado fixo, não sendo considerado o efeito aleatório do mesmo sobre a variável dependente. Este novo modelo apresentou um aumento significativo na qualidade de ajustamento do modelo ($\chi^2_{\text{dif}} = 18,199$; $p < 0,001$). A variável tipo de *Habitat* em seu primeiro nível (Área Urbana) tem efeito significativo no modelo ($b_{\text{Habitat}_0} = -0,398$; $t_{(416,453)} = 4,314$; $p < 0,001$) e seu segundo (Área Verde Pequena) também ($b_{\text{Habitat}_1} = -0,218$; $t_{(416,453)} = 2,358$; $p = 0,019$), nos indicando que existe influência do *Habitat* na *Atividade de alimentação*, e que esta varia entre as diferentes áreas. Ao passarmos de uma área urbana para uma área verde grande observamos um acréscimo de 0,398 unidades de atividade e esse valor cai para 0,218 unidades quando comparamos a área verde pequena com a verde grande, ou seja, registros de atividade realizados na área verde grande apresenta em média estas unidades a mais que as outras áreas.

$$\begin{aligned} \text{Feeding buzz} &= \beta_{0j} + \beta_1 \text{Habitat}_j \\ &= 0,54 - 0,398 \text{ (Área Urbana)} \\ &= 0,54 - 0,218 \text{ (Área Verde Peq.)} \\ &= 0,54 \quad \text{(Área Verde Grande)} \end{aligned}$$

De forma a melhor identificar o efeito do *Habitat* na atividade de alimentação, realizou-se testes *pairwise* usando a metodologia *Sidak*, sendo que foi observada uma tendência de diferença de média de menor atividade na Área Urbana em relação à Área Verde Pequena (*Sidak*, $p < 0,051$). E foram encontradas diferenças significativas entre Área Urbana e Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$) e em relação às duas áreas verdes (*Sidak*, $p = 0,019$), sendo que a Área Verde Pequena em média apresenta menor atividade de alimentação que a Área Verde Grande. A adição do preditor *Habitat* provoca uma redução no efeito do componente de variância aleatória ($s_{\mu_{01}}^2$), de 15,6%, no entanto, o mesmo continua significativamente diferente de zero ($s_{\mu_{01}}^2 = 0,12$; $Z_{\text{Wald}} = 3,03$; $p = 0,002$), indicando que outras variáveis de nível 2 podem ser introduzidas no modelo. No entanto, como não possuímos outras variáveis que caracterizem o ambiente destes animais, não nos resta

nenhuma outra a ser usada. A variância entre os registros de atividade permanecem praticamente inalterados e sua estimativa é significativa ($s^2 = 0,47$; $Z_{\text{Wald}} = 17,63$; $p < 0,001$).

Anexo III

Relatório completo das análises comparando a atividade geral de morcegos que forrageiam em espaço aberto e em espaços com obstáculos

Neste caso usamos a estrutura de uma pesquisa de medidas repetidas para comparar a atividade dos morcegos que forrageiam em espaço aberto com os que forrageiam em espaço com obstáculos, que para simplificar serão referidos aqui como *Tipos de Espaços*. No modelo basal assumimos que a *Atividade Geral* é estimada por 3 parâmetros de variação aleatória (usando-se uma matriz de covariância do tipo *Unstructured*): a variação do intercepto por *Observação* (gravação de 5 min) ($s_{r_{0j}}^2$), uma variação dos declives associados à mudança na taxa de *Atividade Geral* entre os *Tipos de Espaço* por *Observação* ($s_{r_{1j}}^2$) e a covariância entre estes dois [$Cov(r_{0j}, r_{1j})$].

Deste modo, inseriu-se a variável *Observação* como controle dos efeitos aleatórios, *Tipo de Espaço* como controle de medida repetida (avaliando sua covariância pelo método *Diagonal*) e usou-se a variável *Atividade Geral* como variável dependente. Nesta **primeira** análise foi observado efeito significativo dos componente aleatório ($s_{r_{0j}}^2 = 4,40$; $Z_{Wald} = 15,96$; $p < 0,001$ e $s_{r_{1j}}^2 = 3,82$; $Z_{Wald} = 15,98$; $p < 0,001$), mas não em relação à covariância entre estes [$Cov(r_{0j}, r_{1j}) = 0,19$; $Z_{Wald} = 1,15$; $p = 0,251$]. Isto nos indica que há variação significativa no valor constante inicial e no tamanho do declive entre os dois *Tipos de Espaço* por *Observação*. No entanto, não há variação significativa do intercepto em relação ao declive.

Podemos entender então, que a variância entre os conjuntos de observação entre espaços abertos e com obstáculo não é desprezível. Na tentativa de melhor fundamentar esta conclusão, calculou-se o tamanho do efeito (ou variância total) atribuída à variável *Tipos de Espaço*, através do cálculo do Coeficiente de Correlação Interclasses ($ICC = 0,535$), sendo que representa 53,5% da variância total explicada pela diferença entre as *Observações*. Este resultado nos permite dar continuidade às nossas análises.

Em **segunda etapa**, foi adicionada uma variável preditora de segundo nível associada à variação entre as medidas repetidas, aqui representada pela variável *Tipos de Espaço*, que tem como objetivo de investigar o efeito na variação da *Atividade Geral* dependendo das características deste espaço. Sendo parte do componentes de medidas repetidas, a inserção desta variável deve explicar e reduzir o componente dos declives associados à variação de

Atividade Geral entre os *Tipos de Espaço* por *Observação* ($s_{r_{1i}}^2$) e o componente de variação do intercepto ($s_{r_{0i}}^2$). Nesta etapa assume-se que os interceptos (médias) variam em cada um dos *Tipos de Espaço*. O efeito do tipo de espaço sobre a atividade geral é considerado fixo, não sendo considerado o efeito aleatório do mesmo sobre a variável dependente. Este novo modelo apresentou um aumento significativo na qualidade de ajustamento do modelo ($\chi^2_{\text{dif}} = 280,945$; $p < 0,001$). A variável *Tipos de Espaço* em seu primeiro nível (Espaço Aberto) tem efeito significativo no modelo ($b_{\text{Espaço}_0} = 1,671$; $t_{(648,000)} = 18,753$; $p < 0,001$), nos indicando que existe influência do *Tipo de Espaço* na *Atividade Geral*, e que esta varia entre os diferentes espaços. Ao compararmos os morcegos de espaço aberto com os de espaço com obstáculos observamos um decréscimo de 1,671 unidades de atividade, ou seja, registros de atividade realizados pelos morcegos de espaço aberto apresenta em média estas unidades a mais que os espaços com obstáculo. A adição do preditor *Tipo de Espaço* provoca uma redução no efeito da variação do componente aleatório dos declives associados à variação de *Atividade Geral* entre os *Tipos de Espaço* por *Observação* ($s_{r_{1j}}^2$), de 13,6%, no entanto, o mesmo continua significativamente diferente de zero ($s_{r_{1j}}^2 = 3,30$; $Z_{\text{wald}} = 18,00$; $p < 0,001$). O mesmo é observado para a variação do componente aleatório do intercepto por *Observação* ($s_{r_{0j}}^2$), de 18%, no entanto, o mesmo continua significativamente diferente de zero ($s_{r_{0j}}^2 = 3,61$; $Z_{\text{wald}} = 18,00$; $p < 0,001$), indicando que outras variáveis de nível 2 podem ser introduzidas no modelo. A inserção desta variável levou a covariância entre as duas variáveis a tornar-se significativa [$\text{Cov}(r_{0j}, r_{1j}) = 0,88$; $Z_{\text{wald}} = 6,30$; $p < 0,001$], no indicando que observações que apresentaram maior número de registros de atividade de morcegos de espaço aberto apresentam uma maior taxa de registros de morcegos de ambiente com obstáculo.

Dando continuidade a este processo, em uma **terceira etapa**, foi adicionada a variável *Habitat*, preditora de segundo nível, que tem como objetivo, devido à estrutura de medidas repetidas, explicar e assim reduzir o componente de variância entre os registros ($s_{\varepsilon_{ij}}^2$), além de investigar o efeito da variação da *Atividade Geral* dependendo das características dos mesmos. O efeito do tipo de *Habitat* sobre a atividade geral é considerado fixo, não sendo considerado o efeito aleatório do mesmo sobre a variável dependente. Este novo modelo apresentou um aumento significativo na qualidade de ajustamento do modelo ($\chi^2_{\text{dif}} = 245,770$; $p < 0,001$). Apesar desta nova inserção, a variável *Tipos de Espaço* manteve seu efeito

significativo em seu primeiro nível ($b_{Espaço_0} = 1,673$; $t_{(647,414)} = 18,745$; $p < 0,001$). Ao mesmo tempo, a variável *Habitat* também apresentou em seu primeiro nível (Área Urbana), um efeito significativo no modelo ($b_{Habitat_0} = -2,017$; $t_{(646,884)} = 17,186$; $p < 0,001$) e no seu segundo (Área Verde Pequena) também apresenta efeito significativo ($b_{Habitat_1} = -0,939$; $t_{(647,637)} = 7,992$; $p < 0,001$), nos indicando que existe influência do *Habitat* na *Atividade Geral*, e que este varia entre as diferentes áreas. Ao passarmos de uma área urbana para uma área verde grande observamos um acréscimo em média de 2,017 unidades de atividade e esse valor cai para 0,939 quando comparamos a área verde pequena com a verde grande.

De forma a melhor identificar o efeito do *Habitat* na *Atividade Geral*, realizou-se testes *pairwise* usando a metodologia *Sidak*, sendo que foi observada em média significativamente menos atividade na Área Urbana em relação à Área Verde Pequena (*Sidak*, $p < 0,001$) e Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$). Também observou-se diferença significativa entre a Área Verde Pequena e a Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$), sendo que a média foi superior na Área Verde Grande. Os componentes de variância aleatório intercepto ($s_{r_{0j}}^2 = 3,068$; $Z_{Wald} = 17,80$; $p < 0,001$) e dos declives ($s_{r_{1j}}^2 = 2,51$; $Z_{Wald} = 17,79$; $p < 0,001$) tiveram respectivamente uma queda de 15% e 24%, no entanto, continuam significativamente diferente de zero, indicando que outras variáveis de nível 2 podem ser introduzidas no modelo. A covariância entre as duas variáveis apresentou uma queda, apresentando uma tendência de efeito significativo [$Cov(r_{0j}, r_{1j}) = 0,21$; $Z_{Wald} = 1,95$; $p = 0,051$], nos indicando que a variável *Habitat* deve explicar parte da variação encontrada nesta interação.

Na **quarta etapa**, devido à capacidade do LMM ou LHM permitir considerar a hipótese de que os declives associados aos preditores de nível 1 podem variar entre os grupos de nível 2, ou seja, o efeito do *Atividade Geral* entre os diferentes espaços podem depender do tipo de *Habitat*, controlou-se o efeito de interação entre as variáveis *Tipo de Espaço* e *Habitat*. Esta análise nos permite identificar de maneira mais clara qual é o efeito da variável *Habitat* na *Atividade Geral* entre os dois espaços. Este novo modelo apresentou um aumento significativo na qualidade de ajustamento do modelo ($\chi^2_{dif} = 29,27$; $p < 0,001$). A variável *Tipos de Espaço* manteve seu efeito significativo em seu primeiro nível ($b_{Espaço_0} = 1,15$; $t_{(647,129)} = 7,632$; $p < 0,001$). Ao mesmo tempo, a variável *Habitat* também apresentou em seu primeiro nível (Área Urbana), um efeito significativo no modelo ($b_{Habitat_0} = -2,20$; $t_{(646,995)} = 17,543$; $p < 0,001$) e no seu segundo (Área Verde Pequena) também apresenta efeito significativo ($b_{Habitat_1} = -1,45$; $t_{(647,025)} = 9,605$; $p < 0,001$), nos indicando que existe

influência do *Habitat* na *Atividade Geral*. A interação entre as duas apresentaram resultado significativo ($F_{\text{Tipo Espaço} * \text{Habitat}}(2,647,630) = 14,97; p < 0,001$).

De forma a melhor identificar o efeito do *Tipo de Espaço* e *Habitat*, realizou-se testes *pairwise* usando a metodologia *Sidak*, sendo que ao compararmos através do *Tipo Espaço*, observa-se que, os morcegos de espaço aberto apresentaram em média há menor atividade na Área Urbana em relação à Área Verde Pequena (*Sidak*, $p < 0,001$) e Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$), enquanto existe apenas uma tendência de diferença de média entre Área Verde Pequena e Área Verde Grande (*Sidak*, $p = 0,071$), sendo que a área pequena tende a apresentar média inferior. Em relação aos morcegos de espaço com obstáculos, em média, é observada menor atividade na Área Urbana em relação à Área Verde Pequena (*Sidak*, $p < 0,001$) e Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$), e também existe de diferença de média entre Área Verde Pequena e Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$), sendo que a área pequena tende a apresentar média inferior. Ao compararmos através do *Habitat*, observa-se que, na Área Urbana, em média há maior atividade de morcegos de espaço aberto (*Sidak*, $p < 0,001$). Este padrão se repete para a Área Verde Pequena (*Sidak*, $p < 0,001$) e Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$).

Os componentes de variância aleatória do intercepto ($s_{r_{0j}}^2 = 3,00; Z_{\text{Wald}} = 18,00; p < 0,001$) e dos declives permaneceram quase os mesmos ($s_{r_{1j}}^2 = 2,47; Z_{\text{Wald}} = 17,99; p < 0,001$) e da covariância entre os registros de atividade [$\text{Cov}(r_{0j}, r_{1j}) = 0,27; Z_{\text{Wald}} = 2,51; p = 0,012$] apresentaram pequena variação e continuam significativamente diferente de zero, indicando que outras variáveis podem ser introduzidas no modelo. No entanto, como não possuímos outras variáveis que caracterizem o ambiente destes animais, sobra somente a alternativa de inserção de variáveis de nível 1 (covariante).

Numa **quinta etapa**, adicionou-se um preditor de primeiro nível (covariante), aqui representada pela variável centrada, pela média de cada grupo, *Feeding buzz CG*. A introdução desta variável busca reduzir a variância encontrada no componente de variância aleatória dos declives ($s_{r_{1i}}^2$). Este novo modelo apresentou um aumento significativo na qualidade de ajustamento do modelo ($\chi^2_{\text{dif}} = 155,517; p < 0,001$). A variável *Feeding buzz CG* teve efeito significativo no modelo ($b_{\text{Feeding buzz CG}} = 0,546; t_{(1184,237)} = 12,917; p < 0,001$), nos indicando que a *Feeding buzz CG* covaria positivamente com a *Atividade Geral*. Este resultado nos indica que *Observações* que apresentam uma maior taxa de *Atividade Geral* de morcegos de espaço com obstáculo em relação aos de espaço aberto também apresenta maior taxa de *Feeding buzz*. A adição do preditor provoca uma redução no efeito do componente de

variação aleatória dos declives, de 15,8% ($s_{R_{1t}}^2 = 2,08$; $Z_{Wald} = 18,00$; $p < 0,001$), indicando que boa parte da variação é explicada pelas variáveis do modelo, mas ainda havendo espaço para a introdução de outras variáveis, interações ou efeitos no modelo.

A variável *Tipos de Espaço* manteve seu efeito significativo em seu primeiro nível ($b_{Espaço_0} = 1,15$; $t_{(646,817)} = 8,045$; $p < 0,001$), sendo que espaços abertos apresentam médias superiores. O mesmo ocorreu com a variável tipo de *Habitat*, mantendo seu efeito no primeiro nível (Área Urbana), tendo efeito significativo ($b_{Habitat_0} = -2,199$; $t_{(646,597)} = 15,810$; $p < 0,001$) e no segundo (Área Verde Pequena) também ($b_{Habitat_1} = -1,455$; $t_{(646,621)} = 10,449$; $p < 0,001$). Nos testes *pairwise* o resultado da comparação de atividade na Área Urbana em relação à Área Verde Pequena foi observada diferença significativa, sendo encontrada em média menor atividade na Área Urbana em relação à Área Verde Pequena (*Sidak*, $p < 0,001$) e Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$). Também observou-se diferença significativa entre a Área Verde Pequena e a Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$), sendo que a média foi superior na Área Verde Grande. A interação entre os *Tipo de Espaço* e *Habitat* manteve o efeito significativo ($F_{Tipo\ Espaço * Habitat (2,647,317)} = 166,86$; $p < 0,001$).

De forma a melhor identificar o efeito do *Tipo de Espaço* e *Habitat*, realizou-se testes *pairwise* usando a metodologia *Sidak*, sendo que ao compararmos através do *Tipo Espaço*, observa-se que, morcegos de espaço aberto, apresentam em média há menor atividade na Área Urbana em relação à Área Verde Pequena (*Sidak*, $p < 0,001$; $d = 0,36$) e Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$; $d = 0,44$), enquanto existe apenas uma tendência de diferença de média entre Área Verde Pequena e Área Verde Grande (*Sidak*, $p = 0,061$; $d = 0,07$), sendo que a área pequena tende a apresentar média inferior. Em relação aos morcegos de espaço com obstáculos, em média é observada menor atividade na Área Urbana em relação à Área Verde Pequena (*Sidak*, $p < 0,001$; $d = 0,21$) e Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$; $d = 0,62$), e também existe de diferença de média entre Área Verde Pequena e Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$; $d = 0,41$), sendo que a área pequena tende a apresentar média inferior. Ao compararmos através do *Habitat*, observa-se que, na Área Urbana, em média há maior atividade de morcegos de espaço aberto (*Sidak*, $p < 0,001$). Este padrão se repete para a Área Verde Pequena (*Sidak*, $p < 0,001$) e Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$).

Os componentes de variância aleatória dos declives permaneceram quase os mesmos ($s_{R_{1j}}^2 = 2,78$; $Z_{Wald} = 18,00$; $p < 0,001$) e a covariância entre os registros de atividade [$Cov(r_{0j}, r_{1j}) = 0,22$; $Z_{Wald} = 2,29$; $p = 0,022$] apresentaram pequena variação e continuam

significativamente diferente de zero, indicando que outras variáveis podem ser introduzidas no modelo.

Anexo IV

Relatório completo das análises comparando a atividade de alimentação de morcegos que forrageiam em espaço aberto e em espaços com obstáculos

Ao testar o modelo basal de LMM usando a variável *Feeding buzz* como variável dependente e a variável Observação (gravação de 5 min) como estimadora de componentes de variação aleatória, o seguinte alerta é apresentado pelo programa SPSS:

“The final Hessian matrix is not positive definite although all convergence criteria are satisfied. The MIXED procedure continues despite this warning. Validity of subsequent results cannot be ascertained”

Isto nos indica que o programa não foi capaz de conseguir uma estimativa estável, significando que por alguma razão, o modelo especificado não pode ser estimado corretamente com os dados que possuímos. Caso a melhor estimativa de variância for zero, isso significa que não existe variação nos dados que explique este efeito. Podemos pensar que apesar da inclusão de um componente aleatório, que mostrou-se importante na previsão da variável *Atividade Geral*, no presente caso, a baixa variabilidade de *Feeding buzz* entre as observações, espaços e áreas parece tornar desnecessário o controle do efeito aleatório.

Uma investigação mais detalhada nos mostra também que não foi observado emissão de *Feeding buzz* por morcegos de espaços com obstáculos em Áreas Urbanas, o que leva à existência de um parâmetro de valor zero na Matriz de Hessian, interferindo nos cálculos da mesma.

Desta forma, optou-se por usar um Modelo Linear Geral (GLM) de Medidas Repetidas para estimar as diferenças do comportamento de *Feeding buzz* entre os dois *Tipos de Espaço* (*forrageador de espaço aberto ou com obstáculos*).

Em uma **etapa inicial**, avaliamos a existência de diferença de média no comportamento de *Feeding buzz* entre os dois *Tipos de Espaço*, sendo que não foi observado variação entre os mesmos ($F_{(1,647)} = 0,007$; $p = 0,935$; $\eta^2 < 0,001$).

Com o intuito de investigar o efeito do *Habitat* nesta variação, em uma **segunda etapa**, inseriu-se esta variável como um efeito fixo. A introdução da variável *Habitat* ao modelo não modificou os parâmetros de variação entre os *Tipos de Espaço*, não sendo

observado variação entre os mesmos ($F_{(1,647)} = 0,007$; $p = 0,935$; $\eta^2 < 0,001$). Por outro lado, foi observado efeito do tipo de *Habitat* ($F_{(2,645)} = 4,407$; $p = 0,011$; $\eta^2 = 0,014$). De forma a melhor identificar o efeito do *Habitat* na atividade de alimentação, realizou-se testes *pairwise* usando a metodologia *Sidak*. Foi observada uma tendência de diferença significativa entre a Área Urbana e a Área Verde Pequena (*Sidak*, $p = 0,080$) e uma diferença significativa entre a área urbana e a Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$), em ambos os casos a área urbana apresentou menor variação média do comportamento de *Feeding buzz* entre o os morcegos de espaço aberto e de espaço com obstáculos. Também observou-se diferença significativa entre a Área Verde Pequena e a Área Verde Grande (*Sidak*, $p = 0,047$), sendo que a média foi superior na Área Verde Grande.

Testes *pairwise* complementares nos mostram que entre os *Habitats* em relação à atividade de morcegos de espaço aberto, não é observada diferença significativa entre a Área Urbana e a Área Verde Pequena (*Sidak*, $p = 0,120$), entre a Área Urbana e a Área Verde Grande (*Sidak*, $p = 0,161$) e a Área Verde Pequena e a Área Verde Grande (*Sidak*, $p = 0,876$). Já, em relação aos morcegos de espaço com obstáculos, não é observada diferença significativa entre a Área Urbana e a Área Verde Pequena (*Sidak*, $p = 0,128$), mas é observada diferença significativa entre a Área Urbana e a Área Verde Grande (*Sidak*, $p < 0,001$) e a Área Verde Pequena e a Área Verde Grande (*Sidak*, $p = 0,001$), sendo que a Área Verde Grande apresenta maior média em comparação às demais.

Ao controlarmos o efeito de variação entre os dois espaços independente para cada *Habitat*, observamos que não há variação significativa da média de *Feeding buzz* entre os espaços para as Áreas Urbana (*Sidak*, $p = 0,171$) e Verde Pequena (*Sidak*, $p = 0,238$), no entanto observa-se variação significativa entre os espaços para a Área Verde Grande (*Sidak*, $p = 0,016$), sendo que em média são observados um maior número de ocorrências de morcegos de espaços com obstáculos.