

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE  
SISTEMAS AMBIENTAIS

JORGE LUIS COSTA PINTO

**MODELAGEM E ANÁLISE GEOGRÁFICA INTEGRADA DAS VARIÁVEIS  
AMBIENTAIS E SÓCIOECONÔMICAS PARA O MAPEAMENTO DA  
OCORRÊNCIA DE MORCEGOS EM BELO HORIZONTE**

Belo Horizonte  
2015

JORGE LUIS COSTA PINTO

**MODELAGEM E ANÁLISE GEOGRÁFICA INTEGRADA DAS VARIÁVEIS  
AMBIENTAIS E SÓCIOECONÔMICAS PARA O MAPEAMENTO DA  
OCORRÊNCIA DE MORCEGOS EM BELO HORIZONTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador : Dr. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

Co-Orientador : Dr. Robert John Young

Belo Horizonte  
Instituto de Geociências da UFMG  
2015

P649m  
2015

Pinto, Jorge Luis Costa.

Modelagem e análise geográfica integrada das variáveis ambientais e socioeconômicas para o mapeamento da ocorrência de morcegos em Belo Horizonte [manuscrito] / Jorge Luis Costa Pinto. – 2015.

75 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega.

Coorientador: Robert John Young.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2015.

Bibliografia: f. 55-64.

Inclui anexos.

1. Sistemas de informação geográfica – Teses. 2. Processo decisório por critério múltiplo – Teses. 3. Ecologia urbana (Biologia) – Teses. 4. Morcego – Belo Horizonte (MG) – Teses. I. Nóbrega, Rodrigo Affonso de Albuquerque. II. Young, Robert John. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. IV. Título.

CDU: 911:681.3 (815.1)



**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**MODELAGEM E ANÁLISE GEOGRÁFICA INTEGRADA DAS**  
**VARIÁVEIS AMBIENTAIS E SÓCIOECONÔMICAS PARA O**  
**MAPEAMENTO DA PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE**  
**MORCEGOS**

**JORGE LUIS COSTA PINTO**

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, área de concentração ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS

Aprovada em 03 de março de 2015, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nobrega - Orientador  
UFMG

Profa. Camila Palhares Teixeira  
UNIFEMM

Prof. Sergio Donizete Faria  
UFMG

Belo Horizonte, 3 de março de 2015.

“As oportunidades multiplicam-se à medida que são agarradas”.

Sun Tzu

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família pelo ensino através de exemplos e apoio incondicional.

À Luíza Ramos e família pela cumplicidade.

Aos meus amigos pelo companheirismo.

À equipe do mandato Viva o Novo Agora pela compreensão.

À Camila Teixeira por ser a grande responsável no meu ingresso ao mestrado, pela orientação e aprendizado.

Ao Rodrigo Nóbrega pelo acompanhamento em todo o curso, pela dedicação, orientação e aprendizado.

Ao Robert Young pela orientação e confiança.

Ao professor Sérgio Donizete pela orientação e propostas de mudanças no projeto.

À Valéria Roque pela recomendação e pelo grande apoio.

À Maria Do Carmo e toda equipe do Centro de Controle de Zoonoses pela parceria e confiança.

À Leila Alves, Eliane Campanelli e Ana Paula pelo compartilhamento da experiência profissional no Projeto Quirópteros.

À Ana Clara Mourão pelo apoio técnico.

À Cleuza Samai pela cooperação.

Aos amigos de sala do curso em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais pelo espírito de equipe nos desafios.

Aos professores e funcionários do curso em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais pelo aprendizado e convivência.

Aos professores Fabiana Faria e Júlio Giovanni pelo estímulo e conselhos.

À CEMIG e PRODABEL pela disponibilização de dados.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão desta etapa.

## RESUMO

O processo de urbanização possui conseqüências, uma delas refere-se à presença de animais silvestres no ambiente urbano. Dentre outros animais, os morcegos (Ordem Chiroptera) adaptaram-se à vida nas cidades. Assim como em seu habitat natural, nas cidades os morcegos também exercem importantes funções ambientais como a dispersão de sementes, polinização e controle de insetos, no entanto, os morcegos também podem ser transmissores de zoonoses. Investigar as relações entre esses animais e as variáveis que compõem o ambiente urbano faz parte da ecologia urbana, e faz-se necessário para que sejam produzidos dados capazes de auxiliar planos de manejo e conseqüentemente estabelecer uma relação harmônica entre homem e animal. Pouco se conhece sobre o comportamento espacial dos morcegos nas cidades, onde se concentram e o que favorece sua concentração ou dispersão. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou mapear a ocorrência de morcegos em Belo Horizonte considerando variáveis ambientais e socioeconômicas através de Sistema de Informações Geográficas e análise multicritério. O mapa gerado, apresentou acerto superior a 80% ao representar áreas de concentração média e alta de morcegos. Entre oito variáveis analisadas, as que apresentaram maior influência na composição das áreas onde os morcegos se concentram foram, rendimento médio mensal, densidade demográfica e cobertura vegetal e uso da terra. A modelagem desenvolvida para elaboração do mapa se mostrou eficaz para subsidiar ações de controle e vigilância dos morcegos na cidade. O modelo proposto é flexível e passível de ser aplicado para outras cidades ou espécies.

Palavras-chaves: Sistemas de Informações Geográficas, Análise Multicritério, Ecologia Urbana, Morcegos.

## **ABSTRACT**

The urban development process has consequences, one of which concerns to the presence of wild animals in the urban environment. Bats (Order Chiroptera), among other animals become adapted to live in cities. Just like in their natural habitat, the bats also have important environmental benefits to the city such as seed dispersal, pollination and insect controlling. However, bats can also retain and transmit zoonotic diseases. Thus, investigating the relationship between these animals and the urban environment is part of urban ecology, which is necessary in order to produce data that can assist management plans and, consequently, establish a harmonious relationship between human beings and animals. The spatial behavior of the urban bats remains not well explored. Questions such as the living area and what promotes the concentration or dispersion in an urban environment remains an open field for investigation. In this context, this study addresses a GIS-based framework for mapping probability of bat occurrences in Belo Horizonte. The model employed a sort of environmental and socio-economic variables in a spatial multi-criteria decision making. The map of probability produced reached up to 80% accuracy to represent clusters of medium and high concentration of bats. Between the eight variables analysed, those with the greatest influence to explain concentration and distribution are average income, population density and vegetation cover and land use. Findings show the solution for preparing the map is effective to support actions to control and surveillance of bats in the city. The model is flexible to be applied for other species and geographically transferable.

Key words: Geographic Information System, Multi-Criteria Analysis Urban Ecology, Bats.



## SUMÁRIO

|                                                                                                           | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| LISTA DE FIGURAS.....                                                                                     | xi   |
| LISTA DE TABELAS.....                                                                                     | xii  |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....                                                                      | xiii |
| 1 INTRODUÇÃO.....                                                                                         | 14   |
| 1.1 Objetivos.....                                                                                        | 16   |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....                                                                              | 16   |
| 2.1 Ordem Chiroptera .....                                                                                | 17   |
| 2.2 Projeto Quirópteros.....                                                                              | 19   |
| 2.3 Ecologia Urbana .....                                                                                 | 20   |
| 2.3.1 Interação entre os morcegos e as cidades.....                                                       | 21   |
| 2.4 Análise Espacial.....                                                                                 | 23   |
| 2.4.1 Análise Multicritérios aplicada ao Geoprocessamento .....                                           | 24   |
| 3 ÁREA DE ESTUDO .....                                                                                    | 27   |
| 4 METODOLOGIA .....                                                                                       | 29   |
| 4.1 Concentração de Morcegos .....                                                                        | 29   |
| 4.2 Construção da base de dados .....                                                                     | 30   |
| 4.2.1 Rendimento Médio Mensal .....                                                                       | 31   |
| 4.2.2 Densidade Demográfica.....                                                                          | 31   |
| 4.2.3 Cobertura Vegetal e Uso da Terra .....                                                              | 32   |
| 4.2.4 Densidade de Vias.....                                                                              | 32   |
| 4.2.5 Altura das Edificações.....                                                                         | 32   |
| 4.2.6 Tipo de Lâmpada e Potência da Iluminação Pública.....                                               | 33   |
| 4.2.7 Altitude.....                                                                                       | 33   |
| 4.3 Identificação da correlação entre concentração de morcegos e as variáveis utilizadas.....             | 33   |
| 4.4 Construção do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos através de análise multicritério ..... | 34   |
| 4.5 Validação do mapa probabilidade de ocorrências de morcegos.....                                       | 35   |
| 5 RESULTADOS .....                                                                                        | 35   |
| 5.1 Correlação entre concentração de morcegos e as variáveis utilizadas .....                             | 36   |
| 5.2 Mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos .....                                                | 50   |

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3 Validação do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos.....                                                       | 51 |
| 6 DISCUSSÃO.....                                                                                                             | 52 |
| 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                                                                 | 54 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                                                              | 55 |
| ANEXOS.....                                                                                                                  | 65 |
| Anexo I – Exemplo da tabela do banco de dados do Projeto Quirópteros.....                                                    | 65 |
| Anexo II– Exemplo da tabela de endereços georreferenciada e disponibilizada pela<br>PRODABEL.....                            | 66 |
| Anexo III – Exemplo da tabela Básica do Censo de 2010 utilizada para a construção<br>do mapa de rendimento médio mensal..... | 67 |
| Anexo IV – Matrizes utilizadas para construção do mapa de probabilidade de<br>ocorrência de morcegos .....                   | 68 |
| Anexo V – Proposta de colaboração internacional sobre ecologia urbana.....                                                   | 70 |
| Anexo VI - Resumo do trabalho apresentado no congresso ASPRS 2014.....                                                       | 72 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                    | Pág. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1 – Captura noturna em rede de neblina, (a) espécie hematófago; (b) espécie frugívoro ..... | 17   |
| Figura 2 – Função Kernel, (a) representação pontual; (b) sobreposição dos pontos...                | 25   |
| Figura 3 – Localização do município de Belo Horizonte.....                                         | 26   |
| Figura 4 – Fluxograma das etapas metodológicas utilizadas .....                                    | 27   |
| Figura 5 – Base de dados utilizada na investigação.....                                            | 29   |
| Figura 6 – Modelo conceitual usado na elaboração do trabalho .....                                 | 34   |
| Figura 7 – Mapa de concentração de morcegos: pontual e zonal. ....                                 | 35   |
| Figura 8 – Mapa de rendimento médio mensal e das áreas de concentração de morcegos .....           | 36   |
| Figura 9 – Mapa de densidade demográfica e das áreas de concentração de morcegos.....              | 38   |
| Figura 10 – Mapa de cobertura vegetal e uso da terra e das áreas de concentração de morcegos.....  | 39   |
| Figura 11 – Mapa de densidade de vias e das áreas de concentração de morcegos.....                 | 41   |
| Figura 12 – Mapa da altura das edificações e das áreas de concentração de morcegos.....            | 42   |
| Figura 13 – Mapa de potência de lâmpada e das áreas de concentração de morcegos.....               | 44   |
| Figura 14 – Mapa com os tipos de lâmpada e das áreas de concentração de morcegos.....              | 45   |
| Figura 15 – Mapa hipsométrico e das áreas de concentração de morcegos.....                         | 47   |
| Figura 16 – Mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos .....                                 | 49   |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                            | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabela 1- Escala de valores AHP para comparação pareada.....                                                                               | 24   |
| Tabela 2 – Correlação entre concentração de morcegos e rendimento médio mensal                                                             | 37   |
| Tabela 3 – Correlação entre concentração de morcegos e densidade demográfica ...                                                           | 38   |
| Tabela 4 – Correlação entre concentração de morcegos e cobertura vegetal e uso da terra .....                                              | 40   |
| Tabela 5 – Correlação entre concentração de morcegos e densidade de vias .....                                                             | 41   |
| Tabela 6 – Correlação entre concentração de morcegos e altura das edificações.....                                                         | 43   |
| Tabela 7 – Correlação entre concentração de morcegos e potência da lâmpada .....                                                           | 44   |
| Tabela 8 – Correlação entre concentração de morcegos e tipo de lâmpada .....                                                               | 46   |
| Tabela 9 – Correlação entre concentração de morcegos e altitude.....                                                                       | 47   |
| Tabela 10 – Pesos atribuídos na formação do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos.....                                          | 48   |
| Tabela 11 – Validação do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos em Belo Horizonte segundo pontos reservados aleatoriamente ..... | 50   |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|           |                                                                          |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|
| AHP       | Analytic Hierarchy Process                                               |
| ASPRS     | American Society for Photogrammetry and remote Sensing                   |
| CEMIG     | Companhia Energética de Minas Gerais                                     |
| ELECTRE   | Élimination Et Choix Traduisant la Réalité                               |
| IBAMA     | Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos recursos naturais renováveis |
| IBGE      | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística                          |
| INMET     | Instituto Nacional de Meteorologia                                       |
| LIDAR     | Light Detection and Ranging                                              |
| MAUT      | Multi Attribute Utility Theory                                           |
| OMS       | Oganização Mundial de Saúde                                              |
| OPAS      | Organización Panamericana de la Salud                                    |
| PMBH      | Prefeitura Municipal de Belo Horizonte                                   |
| PRODABEL  | Empresa de Informática e Informação de Belo Horizonte                    |
| PROMETHEE | Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations        |
| SAD       | South American Datum                                                     |
| SIG       | Sistemas de Informação Geográfica                                        |
| TOPSIS    | Techique for Order Preference by Similarity tp Ideal Situation           |
| UNIFEMM   | Fundação Educacional Monsenhor Messias                                   |
| UTM       | Universal Transversa de Mercator                                         |

## 1 INTRODUÇÃO

O ambiente natural vem sofrendo agressão em relação aos ecossistemas, devido aos impactos ambientais decorrentes do processo descontrolado de urbanização (FONSECA, 1985; MITTERMEIER et al., 1982). Na maioria dos casos o que resta são fragmentos naturais situados em áreas de difícil acesso (FONSECA, 1981). De acordo com Murcia (1995), a fragmentação do habitat causa alterações em várias esferas, por exemplo nos processos ecológicos como a predação, competição, herbivoria e a dispersão de sementes. Essas alterações podem afetar o ciclo alimentar dos animais (CARVALHO et al., 1999). Sabe-se que a fragmentação e a redução de habitat promovem a perda de espécies de todos os tamanhos; no entanto, para os pequenos mamíferos, as conseqüências desse impacto não são totalmente conhecidas (VOSS e EMMONS, 1996; LESSA et al., 1999).

Com a expansão urbana, e conseqüentemente, a fragmentação de habitats naturais, os ecossistemas urbanos vêm sendo utilizados por algumas espécies da vida silvestre que estavam associadas às zonas rurais. Hoje, muitas espécies de animais silvestres estão presentes nas cidades, Com alimentação e moradas disponíveis em áreas urbanas, alguns animais silvestres se adaptaram ao ambiente urbano, e continuam a se adaptar a dinâmica desse novo ecossistema. Pequenos mamíferos, aves e répteis são os ocupantes mais freqüentes das áreas urbanas. Nota-se na paisagem urbana uma infiltração por espécies animais que há pouco tempo eram consideradas intoleráveis para a presença humana.

Assim como a população humana, populações de animais silvestres usam as cidades como abrigo e para se alimentar. O aumento da concentração humana nas cidades acarreta na expansão das áreas urbanas, e conseqüentemente, no aumento da coexistência entre o ser humano e os animais silvestres adaptados a estas. A UNITED NATION (2008) prevê que de que no ano 2050, 70% das pessoas estarão vivendo nas cidades, o que demonstra a necessidade de estudos que busquem compreender a relação entre a população humana e os animais silvestres.

Animais silvestres em áreas urbanas podem trazer benefícios e problemas (conflitos) para os cidadãos. Como benefício, tome por exemplo o caso das aves de rapina que têm os roedores como base de sua cadeia alimentar, como também os pássaros de pequeno porte e morcegos que consomem insetos e frutos e espalham sementes. Por outro lado, há animais silvestres que podem levar consigo doenças que

podem ser transmitidas direta ou indiretamente ao ser humano, como é o caso dos pombos e morcegos, entre outros. Tais relações são estudadas pela Ecologia Urbana. Entretanto, a ecologia urbana estuda não só o comportamento da fauna e da flora presente nas cidades, mas também a interação, conservação e o manejo entre os elementos dos habitats naturais e antropizados.

Dentre as várias espécies de animais silvestres que se adaptaram à vida nas cidades, destacam-se os morcegos (quirópteros). Os morcegos são adaptáveis em relação a abrigos em áreas urbanas, sendo encontrados em pontes, forros, telhados, tubulações fluviais, pedreiras abandonadas, toldos de construções, interiores de churrasqueiras em quintais, e até em aparelhos de ar condicionado (REIS et al., 2002). No habitat urbano, o comportamento dos morcegos é afetado pela atividade humana. A presença de iluminação pública, por exemplo, altera as habilidades visuais de algumas espécies (DAVIES et. al., 2013). A iluminação artificial também possui relação com a existência de insetos, base da cadeia alimentar de alguns morcegos.

Contudo é necessário conhecer o ambiente e o comportamento das espécies silvestres que habitam as cidades para entender e promover a coexistência destes para com o ser humano. Para buscar compreender a relação entre homem e animal é necessário considerar diversos fatores ou variáveis, muitos deles ainda desconhecidos ou com alto grau de complexidade para serem analisados em conjunto. Dessa forma, o uso do Geoprocessamento pode auxiliar na compreensão porque fornece ferramentas de análise espacial, que esclarecem os fatores que influenciam nessas distribuições.

Para compreender a interação entre os elementos dos habitats naturais e urbanos, é necessário que haja desenvolvimentos em pesquisas que incluam em seu escopo a investigação da distribuição, das conexões ambientais bem como o levantamento de comunidades, fornecendo informações para planejamento de ações que aperfeiçoem o emprego de recursos e tempo para implementação de planos de manejo. As dificuldades ou limitações para a coleta dos dados para estudos de ecologia urbana podem ser parcialmente supridas pelo uso de dados coletados por órgãos públicos.

O presente projeto de pesquisa utilizou a base de dados do Projeto Quirópteros. O projeto Quirópteros, lotado no Centro de Controle de Zoonoses, subordinado a Secretaria Municipal de Saúde, é responsável pelo controle e vigilância dos morcegos em Belo Horizonte, e possui dentre os dados coletados, informações sobre a localização das ocorrências dos morcegos.

O trabalho parte da hipótese que análises dos dados de órgãos públicos, levantados de forma sistemática, aliadas ao uso de Sistemas de Informações

Geográficas, podem auxiliar na criação de planos de manejo das espécies. Que por sua vez, a informação espacializada, oriunda do processamento e análise dos dados geográficos, pode subsidiar políticas públicas ambientais eficientes.

Dessa forma, a proposta do presente projeto é, através dos dados existentes para o Município de Belo Horizonte, mapear a concentração dos morcegos e investigar o padrão de distribuição espacial e as componentes que influenciam nesse padrão. Para tanto, o trabalho utiliza Sistemas de Informações Geográficas de forma a integrar espacialmente um modelo composto por variáveis ambientais e socioeconômicas e com isso construir um mapa de probabilidades de ocorrências dos morcegos. A premissa é que o modelo possa subsidiar ações de política pública urbana nas áreas de saúde e meio ambiente, uma vez que pode auxiliar ações precisas de controle e vigilância dos morcegos na cidade.

### **1.1 Objetivos**

O objetivo do trabalho consiste em mapear as ocorrências de morcegos considerando condições ambientais e socioeconômicas do município de Belo Horizonte.

Para o alcance do objetivo principal, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- Integrar e analisar espacialmente as variáveis ambientais, socioeconômicas e elementos da infraestrutura do município visando sua interação com os dados de captura de morcegos do Centro de Controle de Zoonoses de Belo Horizonte;
- Prover o diagnóstico e a análise das áreas de concentrações de morcegos no município.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A fundamentação teórica foi construída para abordar os principais conceitos utilizados no trabalho, enfatizando os conceitos básicos relacionados à área de estudo (ecologia urbana) e ao objeto de estudo (morcegos), cuja investigação é pioneira para o presente programa de pós-graduação. Portanto este capítulo está dividido em Ordem Chiroptera, Projeto Quirópteros, Ecologia Urbana e Análise Espacial.



## 2.1 Ordem Chiroptera

Os morcegos são os únicos mamíferos que voam, razão de terem sido agrupados na ordem chiroptera, que significa mãos transformadas em asas. As atividades de alimentação ocorrem durante a noite. Vivem em média 15 anos e, a partir de 2 anos, têm início a vida reprodutiva, com um período de gestação de 2 a 7 meses, de acordo com a espécie, geralmente gerando um filhote ao ano (REIS et al., 2007). São divididos em duas subordens, Megachiroptera e Microchiroptera. Atualmente os registros contabilizam 18 famílias, 202 gêneros e 1120 espécies (SIMMONS, 2005), constituindo 22% das espécies de mamíferos do mundo (WILSON e REEDER, 2005). No Brasil são registrados morcegos apenas da ordem Microchiroptera, totalizando nove famílias, 64 gêneros e 167 espécies (TAVARES et al., 2008).

Segundo Reis et al. (2007), os morcegos são considerados um dos grupos entre os mamíferos mais diversificados em relação aos hábitos alimentares. Com exceção do grupo saprófago (seres que se alimentam de matéria orgânica), todos os outros níveis tróficos são observados. Os carnívoros registram os maiores tamanhos, predam pequenos vertebrados e grandes insetos. Existem morcegos predominantemente frugívoros e que podem incluir insetos em sua dieta, que no Brasil pertencem a família Pyllostomidae. Os hematófagos alimentam-se exclusivamente de sangue, nesta família existem apenas três espécies (BRASS, 1994). Os insetívoros em sua maioria se alimentam em vôo, dependendo da espécie podem capturar os insetos abaixo ou acima da copa das árvores. Ainda existem os onívoros, piscívoros, polinívoros e nectarívoros.

De acordo com Reis et al. (2007), há uma teoria de que os morcegos evoluíram juntamente com a diversificação das plantas com flores, trazendo consigo uma abundância de insetos, que é um de seus alimentos. Os morcegos insetívoros podem comer até uma vez e meia o seu peso em insetos em uma noite (GOODWIN E GREENHALL, 1961). Insetos que podem significar problema para o homem, uma vez que alguns insetos são nocivos para lavoura, ou vetor de doenças como a dengue. Segundo Cockrum (1969) a população de morcegos no México foi reduzida de 25 milhões para 30 mil entre 1963 e 1969 devido ao uso excessivo de agrotóxicos. O que destaca a importante função de equilíbrio no meio ambiente e cadeia trófica.

Segundo Vogel (1969), os morcegos contribuem na polinização de aproximadamente 500 plantas tropicais de 96 gêneros devido ao seu longo alcance de voo e área de vida. Desta forma, são considerados um dos principais dispersores de sementes entre os mamíferos.

Por apresentarem hábitos noturnos, possuem poucos cones na retina com a estrutura ocular voltado para percepção de cores. A maioria dos morcegos que vivem

no Brasil se orienta por um sistema de ecolocalização. É feita a transmissão de som de alta frequência pela boca ou pelo nariz, que são refletidos por superfícies do ambiente, o que indica a direção e distância dos objetos (FENTON, 1992). A interação dos morcegos e sua orientação sonar no complexo e heterogêneo ambiente urbano são assuntos que intrigam os cientistas. No entanto algumas espécies maiores de hábito alimentar frugívoro se orientam pela visão (REIS, et al., 2007).

Os morcegos podem ser transmissores de zoonoses, o que coloca o tema em posição de destaque frente as políticas públicas de saúde. No ano de 2014, foi noticiado por vários meios de comunicação que o início da epidemia do ebola ocorreu após o consumo da carne de morcegos em uma vila na Guiné. Uma equipe de pesquisa enviada para investigação do caso chegou a conclusão que o surto pode ter sido desencadeado pelo contato com morcegos (BAIZE et al., 2014) Embora ainda ocorram esforços para sanar e interromper a epidemia, restrita atualmente a pequenos povoados na África, não existe a certeza da origem e do meio de transmissão como fruta ou agulha contaminada.

Contudo, a principal doença relacionada aos morcegos é a raiva. De acordo com a Organização PanAmericana de Saúde, os morcegos ocupam o segundo lugar na transmissão do vírus rábico aos humanos, sendo ultrapassados somente pelos cães (OPAS, 2001). Atualmente os animais silvestres (principalmente os morcegos) vêm sendo considerados como importantes transmissores da raiva humana (SCHNEIDER, 2005 e FERRAZ, 2007).

A raiva é uma doença infecciosa causada por um *Lyssavirus* que pertence a família Rhabdoviridae. Todos os mamíferos são susceptíveis a raiva, uma doença que está sendo consideradas atualmente como uma zoonoses reemergente. Os principais reservatórios desta doença estão nas ordens *Carnivora* e *Chiroptera* (ROMIJN, 2003). No Brasil, o vírus rábico foi identificado em 36 espécies de morcegos em um total de 164, incluindo morcegos hematófagos e não-hematófagos (CASTILHO, 2008).

No entanto, segundo Pacheco et al. (2010), nas grandes capitais do Brasil, os índices de positividade para raiva em morcegos oscilam entre 0,5% e 0,8%, correspondendo aos indicadores de normalidade estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (entre 1-4%). À medida que os casos de raiva em morcegos começaram a ser registrados em áreas urbanas do Brasil, foram sendo implantados serviços especializados de vigilância epidemiológica desses animais (KOTAIT, 2003).

## 2.2 Projeto Quirópteros

Na cidade de Belo Horizonte, foi implantado pela Secretaria Municipal de Saúde, através do Centro de Controle de Zoonoses, o projeto Quirópteros. O projeto criado em 2002, é responsável pelo controle e vigilância epidemiológica dos morcegos na cidade. O projeto atende diversas solicitações dos munícipes como, dúvidas sobre adentramento nas residências e transmissão de doenças. As solicitações são atendidas via telefone ou pessoalmente com orientações técnicas.

Os morcegos considerados com comportamento anormal (caídos no chão ou impossibilitados de voar) são recolhidos, identificados e realizados exames de raiva. A identificação das espécies é feita com base em características morfológicas e morfométricas de acordo com as chaves de identificação de Vizotto e Taddei (1973), e Gregorin e Taddei (2002), realizadas por profissionais habilitados. Para o exame da raiva, é enviado ao laboratório de zoonoses o sistema nervoso central dos exemplares recolhidos. As técnicas utilizadas para o diagnóstico da raiva são: reação de imunofluorescência direta e isolamento viral através da inoculação em camundongos, ambas recomendadas pela Organização Mundial de Saúde.

Nas áreas com morcegos infectados pela raiva, são realizadas ações educativas com a população e vacinação dos cães e gatos. Quando localizado a colônia do morcego infectado, são realizadas capturas noturnas com rede de neblina conforme demonstra a Figura 1. Esse processo é realizado com a autorização do IBAMA para verificar a presença do vírus em outros exemplares da colônia.

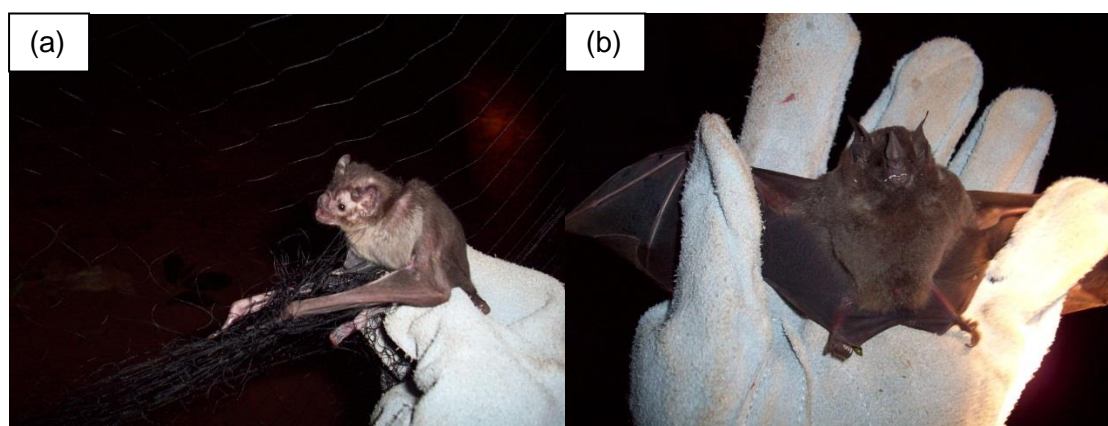


Figura 1 – Captura noturna em rede de neblina, (a) espécie hematófago; (b) espécie frugívoro.

Para o presente trabalho, foram utilizados dados do Projeto Quirópteros. O projeto possui um banco de dados com todas as solicitações atendidas. Neste banco são detalhados os tipos de abrigos, hábitos alimentares, identificação da espécie, potenciais atrativos para os morcegos no local, resultados dos exames para a raiva,

data e endereço. Dessa forma, é necessário espacializar o banco de dados para que possa auxiliar na gestão das ações propostas para controle e vigilância epidemiológica dos morcegos. Além de contribuir com ações mais precisas, por exemplo, em áreas com alta incidência de morcegos, o banco de dados geográfico pode indicar relações entre os morcegos e variáveis ambientais e socioeconômicas presentes no espaço urbano.

### **2.3 Ecologia Urbana**

A Ecologia Urbana possui como objeto de estudo as relações entre os moradores das cidades e suas interações com o meio ambiente. Como meio ambiente, entende-se os fatores dos meios físico, social e biológico presentes na matriz urbana (ALMEIDA, 2004). O seu principal objetivo é colaborar na melhoria das condições de vida nas cidades por meio de estudos multidisciplinares. Como exemplo tem-se a investigação das relações entre animais e o ambiente urbano.

Atualmente, com uma grande parcela da população vivendo em grandes centros urbanos, é comum que muitas pessoas não tenham tanto contato com a natureza. Essa falta de interação natural entre o homem e o meio ambiente pode trazer uma série de problemas em termos da necessidade de usar recursos naturais de forma sustentável. Segundo Barton e Pretty (2010), devido ao o crescimento urbano cada vez mais acentuado, o acesso à natureza é de extrema importância, especialmente devido a exposição regular de pressões na vida urbana.

Além das áreas centrais, o processo de urbanização exerce pressão pela ocupação de áreas no entorno das cidades. A urbanização é o processo onde áreas naturais, normalmente periferias rurais, tornam-se áreas urbanas (GASTON, 2010). Esse processo de urbanização é uma tendência demográfica dominante e um importante componente da transformação da terra (PICKETT et al., 2011). Possui como resultado o crescimento do tamanho das cidades. Atualmente há no mundo mais de 300 cidades com população acima de milhão de habitantes e 20 “megacidades” que ultrapassam 10 milhões de habitantes.

Cidades, além de consumir a terra, conseqüentemente reduzindo o ambiente disponível para os animais, também fragmentam o meio ambiente. Dessa forma, processos de urbanização impactam negativamente as populações de animais silvestres (PRIMACK, 2004; ALBERTI, 2008). Moller (2008) ressalta que, em virtude do aumento das áreas urbanizadas, animais e plantas na América do Norte, Europa e Ásia são forçados a se adaptarem as novas condições de ambiente, incluindo a proximidade com seres humanos, ou o seu desaparecimento. Ainda nesta linha, segundo Lizée et al (2011), os distúrbios antropogênicos e dispersão de espécies

exóticas pelo homem induzem mudanças na distribuição dos animais em áreas urbanas, sendo que muitos deles declinam, porém alguns tendem a ter sucesso nesse ambiente.

Pesquisas com vertebrados mostram que espécies diferentes podem ter respostas diferentes para o processo de urbanização. Existem espécies que não conseguem adaptar-se a este tipo de ambiente e, se ocorrerem em cidades, a densidade populacional é bem mais baixa que na natureza. Essas espécies são chamadas de “*urban avoiders*” (evitadoras urbanas), cujos exemplos incluem predadores grandes, herbívoros que pesam mais de 5 kg e espécies com dietas especializadas (McKINNEY, 2006).

Por outro lado, há espécies que vivem em cidades em densidades mais altas que a encontrada na natureza, que são chamadas “*urban exploiters*” (exploradoras urbanas). Por exemplo: roedores, gaivotas e meso-predadores. Ainda entre essas duas categorias, existem as espécies que vivem na mesma densidade, tanto na cidade quanto na natureza, que são chamadas de “*urban adapters*” (adaptadas urbanas). Por exemplo, pequenos passarinhos e os morcegos (McKINNEY, 2006).

Nas cidades da Europa, dos Estados Unidos e na Austrália os animais urbanos vêm sendo estudados, com destaque para estudos sobre aves (FERNÁNDEZ-JURICIC e JOKIMÄKI, 2001). No Brasil, os estudos são escassos e em sua maioria estão também relacionados, com o grupo de aves (VOTTO et al., 2006; VASCONCELOS et al., 2007; GUSSONI e GUARALDO, 2008; FRANCHIN, 2009), envolvendo principalmente levantamentos em parque urbanos, praças, lagos, rios e *campi* universitários, ocorrência de espécies, biologia reprodutiva e comportamento alimentar (FRANCHIN, 2009).

### **2.3.1 Interação entre os morcegos e as cidades**

De acordo com Pacheco et al. (2010), existem poucos estudos sobre a ecologia, comportamento, uso do habitat alterado, padrões de deslocamentos, preferências por abrigos e reprodução dos morcegos. Contudo é necessário ampliar estudos que enfoquem a interação entre os morcegos e o ambiente urbano.

Segundo Pacheco et al. 2010, ambientes urbanos apresentam potenciais abrigos e alimentação para os morcegos. Os registros dos órgãos de controle apresentam como abrigos preferencias cobertura com ou sem lage ou forro, folhagem e ocos de árvores, edificações desabitadas e juntas de dilatação. Preferências que podem ser relacionadas com a variável altura das edificações presentes nas cidades.

Também são apresentados outros abrigos menos frequentes como chaminés, cômodos pouco frequentados, sótãos, beirais de coberturas, dutos de ventilação,

caixilhos para persianas, condicionadores de ar, poços de elevador, porões, garagens e galerias de águas pluviais. Como fonte de alimentação, são apontados os insetos, atraídos muitas vezes por pontos de luz da iluminação urbana, bem como frutos diversos, originários da vegetação original ou da arborização urbana.

Coleman e Barclay (2011) identificaram que prevalece o aumento dos abrigos de uma espécie de morcegos em áreas urbanas, quando comparadas com áreas rurais. Porém, o aumento dos abrigos desses animais em áreas com alta densidade demográfica pode gerar diminuição da condição corporal e queda da taxa de reprodução dos morcegos que vivem na cidade. Esses debates demonstram a importância da variável densidade demográfica em ecologia urbana.

Segundo Oprea et al. 2009, os parques urbanos indicam maior riqueza e abundância de morcegos em relação as ruas arborizadas e ruas não arborizadas. No mesmo estudo, os morcegos apresentam preferências semelhantes por ruas arborizadas e não arborizadas quando comparadas com os parques. O que indica falta de preferências destacadas entre os tipos de ruas, porém registram maior abundância e riqueza nos parques. Neste sentido, a cobertura vegetal influencia a diversidade dos morcegos e demonstra também pouca restrição que esses animais apresentam no ambiente urbano.

A identificação espectral do tipo e característica da iluminação determina o comportamento dos seres vivos (ELVIDGE et al., 2010). Como exemplo a atração de alguns insetos pelo espectro de determinadas luzes (LONGCORE e RICH, 2004).

A iluminação pública é apontada como um atrativo para os morcegos, a relação é estabelecida devido à atração de insetos, que servem de alimentação próxima aos pontos de luz (BLAKE et al., 1994 e RYDELL e RACEY, 1995). Davies et al. (2013) relacionou tipos de lâmpadas presente na iluminação pública com mudanças nas habilidades visuais de algumas espécies. O que destaca a importância da iluminação pública nos estudos sobre quirópteros que habitam ambientes urbanos.

Os ruídos também influenciam na presença de animais silvestres que vivem nas cidades. Grande parte dos morcegos detecta e intercepta insetos através da ecolocalização enquanto voam (SIEMERS e SCHNITZLER, 2000), outros acham presas ouvindo os sons que as mesmas reproduzem (Siemers e Swift, 2006). Schaub et al., 2008, observou que os morcegos evitam o estímulo “ruído”, preferindo o estímulo “silêncio” para o forrageamento. Portanto ambientes ruidosos como vias de alta densidade de fluxos podem alterar a presença desses animais no contexto urbano.

Assim como no presente trabalho, muitas pesquisas voltadas para a Ecologia Urbana utilizam como fonte de dados, arquivos dos órgãos responsáveis pela

vigilância dos animais silvestres nas cidades. Dessa forma, a literatura indica uma tendência no aumento dos chamados de recolhimento desses animais em áreas com maior densidade demográfica, e maior poder aquisitivo atrelado ao maior nível de informação da população (KRESTER et al., 2008 e KOLODINSKY e ALEONG, 1990). Neste sentido, as variáveis rendimento médio mensal e densidade demográfica, por estarem relacionadas a características sociais e econômicas da população, fortalecem a hipótese de que juntas fornecem subsídios para avaliar a distribuição dos morcegos nas cidades.

## **2.4 Análise Espacial**

Segundo Druck et. al. (2004), a ênfase das análises espaciais é mensurar propriedades e relacionamentos inserindo a localização espacial do fenômeno no estudo de forma explícita. A primeira análise espacial sistematizada foi realizada por John Snow em 1854 na Inglaterra, quando se passara por uma epidemia de cólera.

Londres foi a cidade onde ocorreram os casos que se destacaram pelo curto intervalo de tempo. Diante da situação o médico John Snow passou a mapear as moradias das vítimas e a localização das fontes de água, o que resultou em um mapa que marcou a análise espacial (SANTOS e BARCELLOS, 2006). Na época, a água consumida pela população era fornecida por bombas públicas pelas empresas Lambeth Company e a Southwark and Vauxhall Company. Snow listou 10 mil moradias em cada área de abastecimento das bombas e verificou moradias abastecidas pela Lambeth houve 37 mortes e na Southwark 315 mortes. Logo o esgoto foi apontado como causador da doença sem antes mesmo de conhecer seu agente patológico, o cólera, isto porque a Lambeth retirava água no Rio Tâmsa, localizado antes da cidade e a Southwark retirava em um ponto após a cidade, ou seja, após o curso d'água receber materiais advindos de atividades humanas. Determinou então o fechamento da bomba causadora, liquidando a epidemia (HINO et al., 2006).

Snow demonstrou que mesmo sem recursos computacionais avançados, foi possível investigar o fenômeno e sua relação espacial. Porém reconhece-se que o uso dos recursos tecnológicos permitiram avanços significativos em diversos setores da sociedade e das ciências. Relacionado ao estudo e análise de fenômenos ambientais, esse avanço possibilitou a criação de mapas digitais, banco de dados geográficos, softwares e novas metodologias de interpretação de imagens (DUARTE et al., 2004).

Nesse contexto, destaca-se o surgimento do Geoprocessamento. Disciplina que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação

geográfica. O processamento dos dados é feito com ferramentas computacionais, conhecido como Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Essas ferramentas permitem integrar dados de várias fontes, criar banco de dados georeferenciados e realizar análises espaciais (CÂMARA e DAVIS, 1996). Existem diversas formas de realizar uma análise espacial, o presente trabalho utiliza a técnica conhecida como análise multicritério, detalhada a seguir no contexto do geoprocessamento.

#### **2.4.1 Análise Multicritérios aplicada ao Geoprocessamento**

Análise multicritério, por definição, é uma solução que permite integrar conjuntos distintos de variáveis expressas por valores e ponderações, as quais representam interesses e opiniões convergentes ou divergentes, em uma solução comum (O'HARA et al., 2000).

Em geoprocessamento, a análise multicritério pode ser entendida como um conjunto de procedimentos com o objetivo de reunir diversos planos de informação espaciais juntamente com as suas variações internas, ou classes de legenda, que após atribuídos pesos e notas, irá gerar uma nova informação. Em outras palavras, a análise multicritérios permite a junção de vários mapas, aos quais são atribuídos ordem de importância entre eles (pesos) e o grau de impacto de cada classe de legenda (notas) para o objetivo final do estudo, com o pressuposto que o cenário final será originado do cruzamento de todas as informações inseridas. Portanto a técnica em primeiro momento gera o diagnóstico espacial vigente e posteriormente gera mapas prognósticos (MOURA, 2007).

Segundo Stich et al. (2011), apesar de ter fortes raízes com a economia e gestão de negócios, a análise multicritério pode ser aplicada na área de recursos humanos, gestão ambiental, planejamento energético e marketing. Freitas e Freitas (2011), por exemplo, empregaram a técnica para avaliar a diversidade de abelhas frente ao risco de desertificação em alguns municípios do Estado da Bahia. Outros exemplos podem ser observados em estudos relacionados ao planejamento em transportes (STICH et al., 2011); (NÓBREGA et al. 2009); (NÓBREGA, 2009), projeto de requalificação do espaço urbano (MOURA et al. 2011b), seleção de área para implantação de aterro sanitário (CALIJURI et al. 2002), intervenção em assentamento urbanos precários (MOURA et al. 2007), apoio para construção de plano diretor (MOURA et al. 2011), entre outros.

Os exemplos demonstram que a técnica pode contribuir em várias áreas. Segundo Nóbrega (2009), a análise multicritério pode auxiliar na seleção das melhores alternativas disponíveis segundo diversas opiniões ou prioridades, e ainda sistematizar no mesmo modelo valores conflitantes. Ainda é possível realizar simulações a partir



dos resultados com mudanças nas classes de legenda ou ponderações, o que destaca a função de proposições de intervenção na realidade.

De acordo com Moura (2007), para elaborar a análise multicritério em um SIG deve-se seguir as seguintes etapas:

- definição do objetivo do estudo – definição clara do objetivo do trabalho e levar em consideração a viabilidade do projeto;
- organização da base de dados cartográfica e alfanumérica - seleção dos planos de informação que serão utilizados ou construídos (formato vetorial ou matricial).
- análises e validação – escolha do modelo que será usado para a análise e o seu ajuste com a realidade, efetuando a calibração do modelo e retornando as etapas anteriores se necessário.

A atribuição dos pesos e notas podem ser realizada por vários métodos, nos quais podem ser divididos em procedimentos orientados por especialistas (knowledge driven evaluation) ou procedimento estatísticos de acordo com o comportamento dos dados (data driven evaluation). No procedimento guiado por especialistas, existem diferentes formas de chegar aos valores das ponderações. Munier (2011) destaca cinco dentre os métodos de análise multicritério mais populares: MAUT, ELECTRE, PROMETHEE, TOPSIS e AHP.

Segundo Munaier (2011), não tem sentido definir métodos superiores que outros, porém são apresentados os limites e potencialidades, o que fornece a possibilidade da escolha do método mais adequado para o modelo. Para o presente trabalho foi utilizado o método AHP (Processo Análítico Hierárquico), bastante difundido na literatura específica de SIG, e que também pode ser aplicado baseado no comportamento dos dados.

O método AHP, desenvolvido por Thomas Saaty em 1978, consiste em uma estrutura hierárquica montada para auxiliar a tomada de decisões. Sadasivuni et al (2009) explica que o método tem como base o desenvolvimento de comparações pareadas dos valores de entrada, seguido pela análise de consistência da solução. As variáveis são comparadas entre si de modo que, ao final do processo, são atribuídos pesos às mesmas. Contudo, para as comparações pareadas, Saaty (1991) descreve que o método AHP deve utilizar uma escala de critérios de importância variando entre 1 e 9, explicados na Tabela 1.

Posteriormente é definida a hierarquia de participação de cada variável, o que possibilita estruturar o modelo de pesos e notas em números ordinais, que podem ser transpostos nos pixels correspondentes de cada variável inserida, considerando que estas sejam representadas como dados matriciais.

Para utilizar o método baseado no comportamento dos dados, é necessário possuir uma superfície potencial de ocorrência do fenômeno, de modo a identificar as áreas que possuem alta e baixa correlação com a ocorrência, o que evita atribuir variáveis que contribuem da mesma forma para o fenômeno, que por sua vez gera perda no poder de explicação entre as variáveis.

Tabela 1 – Escala de valores AHP para comparação pareada.

| Intensidade de importância | Definição e explicação                                                                                        |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                          | Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.                                    |
| 3                          | Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro.                                   |
| 5                          | Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro.                                    |
| 7                          | Importância demonstrada - Um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática. |
| 9                          | Importância extrema - A evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível.                        |
| 2,4,6,8                    | Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais.                          |

Fonte: SAATY, 1991.

Uma das formas de avaliar o comportamento dos dados baseia-se no cruzamento da superfície potencial de ocorrência do fenômeno com as variáveis utilizadas por meio da leitura dos pixels correspondentes. Ao final da avaliação, é gerada uma nova superfície, sintetizada pela média ponderada de cada variável por meio de álgebra de mapas. Os resultados consistem em áreas em escala ordinal, que podem ser classificadas em escalas de intervalo ou nominal, e podem representar prioridades, conflitos, riscos etc, com base nas variáveis escolhidas.

Para avaliar o resultado da análise multicritério, é possível reservar uma parcela dos dados originais. Nesse caso, uma porcentagem dos dados usados para gerar a superfície potencial é reservada aleatoriamente para avaliar a capacidade de resposta do resultado final. Segundo Giannini et al. (2012), gerar dados independentes permite validar o modelo externamente. Essa técnica é conhecida como *holdout*. A porcentagem dos dados que será reservada pode variar de acordo com o objetivo do

trabalho, tamanho amostral e técnicas de processamento de dados (FIELDING e BELL, 1997; HIRZEL e GUIBAN, 2002; GIANNINI, 2012).

Para a construção da superfície potencial, podem ser usados interpoladores. No presente trabalho utilizou-se o interpolador Kernel. A técnica consiste em ajustar uma função bi-dimensional sobre pontos de ocorrência, o que permite gerar uma superfície onde os valores das células serão proporcionais à intensidade de amostras por unidade de área (DRUCK et. al., 2004).

A função emprega uma vizinhança circular ao redor de cada ponto e estima uma escala entre 0 e 1, onde 1 representa a posição do ponto e 0 a fronteira do ponto vizinho, ilustrado na Figura 2. Caso ocorra sobreposição de pontos no centro da célula, o valor será a soma dos valores Kernel sobrepostos dividido pela área de cada raio de pesquisa, definido pelo usuário.

Valores pequenos para o raio de pesquisa geram superfícies descontínuas com baixa distribuição do fenômeno. Raios grandes geram superfícies excessivamente conurbadas e superestimam o fenômeno.

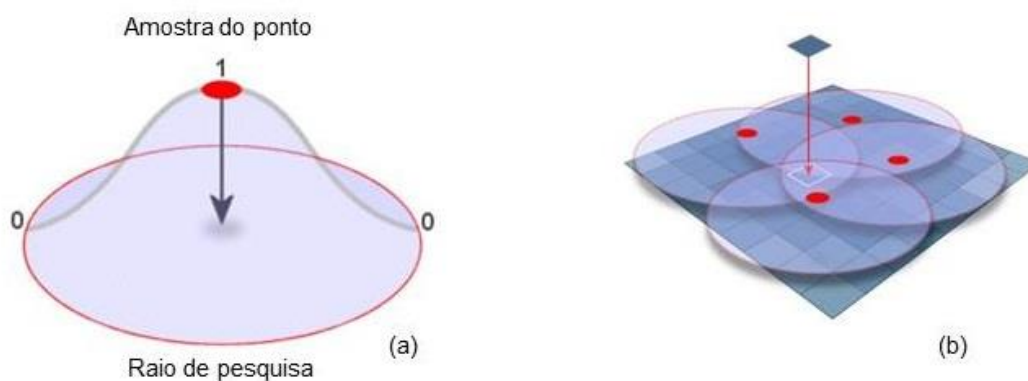


Figura 2 – Função Kernel, (a) representação pontual; (b) sobreposição dos pontos.  
Fonte: Universidade Federal do Espírito Santo, laboratório de topografia e cartografia, 2009.

### 3 ÁREA DE ESTUDO

O trabalho foi desenvolvido para a totalidade do Município de Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte está situada no centro-sul do Estado, entre as latitudes -19,775747 e -20,059564, e entre as longitudes - 44,062783 e -43,857728, ocupando uma área de 331 Km<sup>2</sup>. A cidade faz fronteira com 8 municípios, conforme ilustrado na Figura 3, e ocupa um contexto geográfico heterogêneo no que tange a cobertura vegetal e geomorfologia.

Belo Horizonte encontra-se em uma faixa de transição entre os biomas da Mata Atlântica e o Cerrado. Segundo Morelatto e Haddad (2000) e Oliveira e Marquis (2002), biomas que possuem alto índice de biodiversidade. No Brasil, a Mata Atlântica e o Cerrado são hotspots de conservação mundial (MITTERMEIER et al., 1999) e têm uma pequena proporção de suas áreas não perturbadas que são protegidas por unidades de conservação (KLINK e MACHADO, 2005; TABERELLI et. al., 2005). Em Belo Horizonte ainda podem ser identificadas vegetações de Campo Rupestre entre os afloramentos de rochas ferruginosas no limite Sul da cidade (PMBH, 2003).

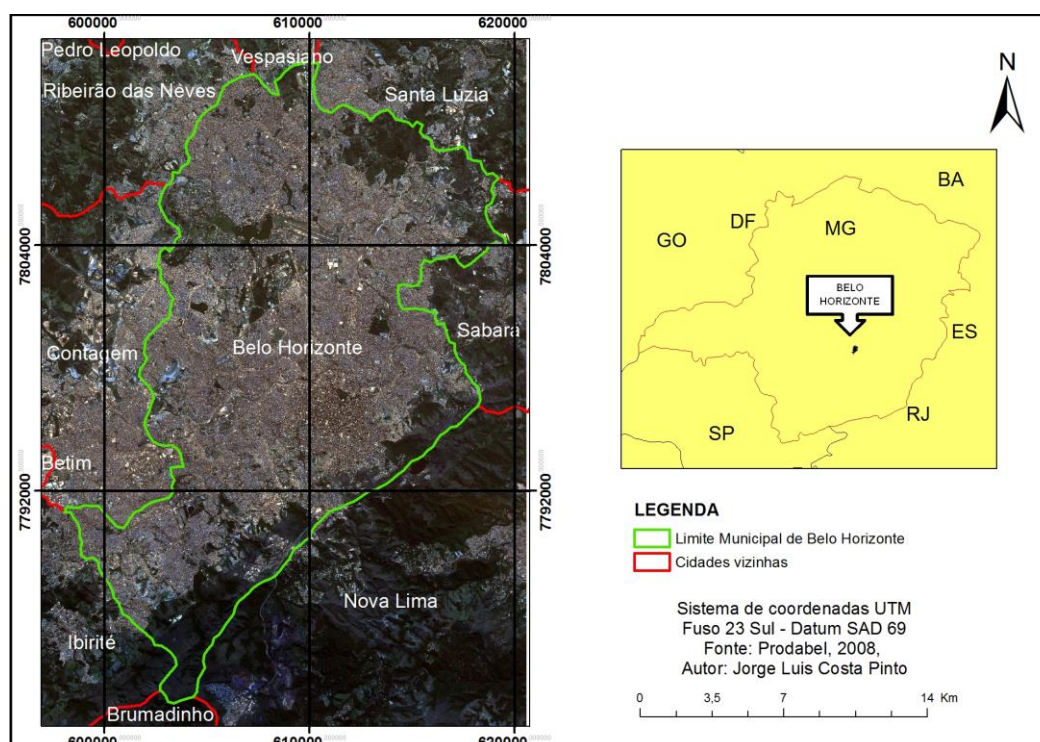


Figura 3 – Localização do município de Belo Horizonte.

De acordo com o INMET (2012), as normais climatológicas de 1961 a 1990 registraram temperatura média anual de 21 °C, com registros extremos de 36 °C e 3,1 °C. A precipitação total anual é 1.491,3 mm, de forma que os meses de novembro a janeiro registram os maiores índices de pluviosidade. A cidade pode ser dividida em duas unidade de climas naturais locais: clima tropical de altitude da depressão de Belo Horizonte e clima tropical de altitude das Serras do Quadrilátero Ferrífero.

O município possui avenidas arborizadas e diversas "áreas verdes" distribuídos por toda a cidade. Segundo Goulart et al. (2010), 150 dessas áreas são maiores do que dois hectares. Esta configuração favorece o contato entre a população humana, a flora e os animais silvestres.

Segundo o último levantamento do IBGE desenvolvido em 2010, a cidade possui uma população de 2.375.151 habitantes, com uma densidade demográfica de 7.175,68 hab./Km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Como efeitos da urbanização, destaca-se a disposição da ocupação da mancha urbana. Uma representativa parcela da ocupação localiza-se em regiões de topografia desfavorável, como fundos de vale ou áreas de topo com alta declividade, o que remete a riscos de inundações e deslizamentos (ASSIS, 2010).

#### 4 METODOLOGIA

No presente capítulo, são apresentadas as etapas metodológicas utilizadas para a elaboração do trabalho. As etapas apresentadas na Figura 4 estão detalhadas no texto a seguir.

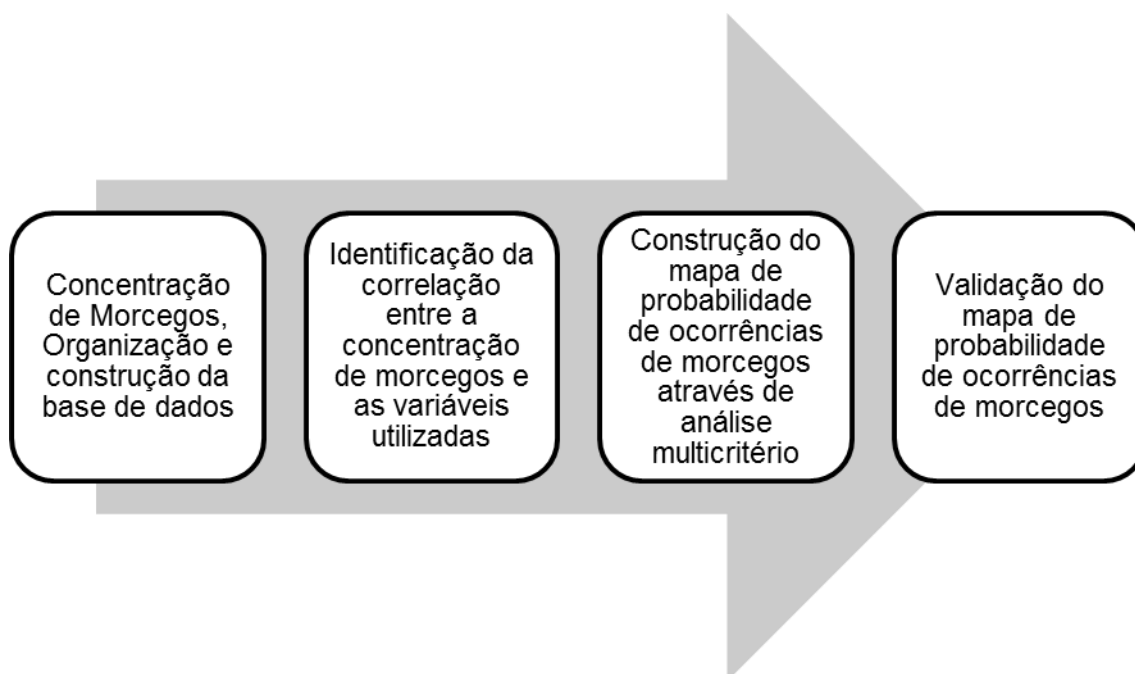


Figura 4 - Fluxograma das etapas metodológicas utilizadas.

##### 4.1 Concentração de Morcegos

O mapa de distribuição de ocorrências de morcegos é a base de todo o trabalho, da qual foram realizadas as análises e a correlação de cada variável para criação do modelo de predição de áreas de concentração de morcegos. Para construir o mapa foram utilizadas informações do banco de dados do Projeto Quirópteros, entre 2002 a 2011 (exemplificadas no ANEXO I). Foram selecionadas as ocorrências que possuíam as identificações das espécies e as localizações, contabilizadas em 2.213 registros.

Utilizou-se uma tabela com todos os endereços da cidade previamente georeferenciada pela PRODABEL (exemplificada no ANEXO II). As coordenadas geográficas dos pontos de ocorrências dos morcegos foram extraídas dessa tabela.

Com o auxílio da ferramenta *Hawths Tools*, (desenvolvido por BEYER, 2004, para o software ArcGis), foram selecionados aleatoriamente 85 % das ocorrências dos morcegos ,seleção necessária para reservar 15 % utilizados para avaliar a capacidade de resposta do mapa de probabilidade de ocorrência dos morcegos (ver *holdout*, seção 2.4.1).

Com o objetivo de transformar o mapa dos morcegos, então pontual, para o formato matricial (matricial ou *raster*), foi utilizado o estimador de densidade de Kernel. Para definir o raio de pesquisa aplicado na função Kernel, foram realizados diversos ensaios, sendo que o raio de pesquisa equivalente a 645 metros mostrou-se mais adequado para a presente análise.

Para estabelecer um limite das áreas onde os morcegos se concentram, foi utilizado o princípio da porcentagem de volume. Para cumprir o objetivo proposto neste trabalho, procurou-se concentrar esforços em áreas que apresentassem concentração de morcegos igual ou superior a 50%. Essas áreas foram definidas como sendo a menor área contendo 50% da distribuição de utilização (POWELL, 2000).

## **4.2 Construção da base de dados**

Para a construção da base de dados e criação dos mapas, foram utilizadas informações dos seguintes órgãos: Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PMBH), Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e Empresa de Informática e Informação de Belo Horizonte (PRODABEL).

Os mapas foram construídos com auxílio do *software* ArcGis 10.1, em sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), SAD 69, fuso 23, Hemisfério Sul, para o qual foi mantido o sistema de referência espacial comum a todos os dados de entrada. Os produtos foram trabalhados em formato matricial, para o qual foi padronizada a resolução espacial de 5 metros, valor este baseado na menor resolução espacial encontrada dentre o conjunto de dados. Os dados, que inicialmente apresentavam estavam em formato vetorial, foram transformados em formato matricial, condição necessária para aplicação da álgebra de mapas. Técnica utilizada em análises do presente trabalho. A Figura 5 apresenta a base de dados utilizada no trabalho.

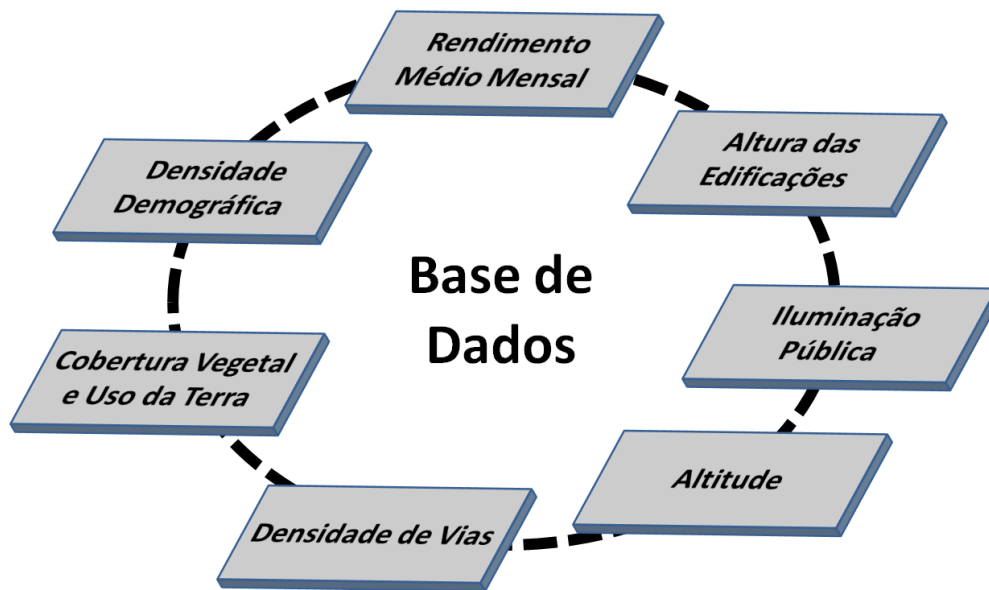


Figura 5 - Base de dados utilizada na investigação. Os dados fazem parte de um modelo utilizado para descrever a participação ou influência de cada variável na predição de áreas de concentração de morcegos.

#### 4.2.1 Rendimento Médio Mensal

O mapa de Rendimento Médio Mensal tem como fonte os dados do Censo do IBGE de 2010. Os arquivos vetoriais por setores censitários de Belo Horizonte foram transformados em raster segundo o valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas. Informação presente na tabela Básica, variável 005 do Censo (exemplificada no ANEXO III).

As classes de legenda foram definidas em cinco categorias de renda segundo o princípio utilizado pela Associação Brasileira de Empresa de Pesquisa (2012). As classes foram divididas em intervalos de renda de: Até R\$ 477, R\$ 478 a 714, R\$ 715 a 1.541, R\$ 1.542 a 4.418 e acima de R\$ 4.418 reais.

#### 4.2.2 Densidade Demográfica

O mapa da Densidade Demográfica é baseado em dados do Censo do IBGE de 2010. O arquivo em formato vetorial contendo os polígonos dos bairros e tabela de atributos foi disponibilizado pela PRODABEL.

Para gerar o arquivo raster foram usados os valores representativos de Habitantes por Km<sup>2</sup>/ bairro. As classes de legenda foram definidas em cinco densidades demográficas pelo método "Quebra Natural". As classes são: Baixa, Baixa a Média, Média, Média a Alta e Alta. Este método agrupa classes semelhantes de acordo as maiores diferenças em todo o conjunto amostral, de forma que os limites entre as classes são definidos pela máxima distância entre os valores dos dados.

### **4.2.3 Cobertura Vegetal e Uso da Terra**

O mapa da cobertura vegetal e uso da terra é baseado no mapa elaborado por Magalhães (2010). As classes de legenda foram definidas em Área Urbana, Área Aberta, Área Florestada e Corpos d'Água. Embora o título “cobertura vegetal e uso da terra” remeta a uma diversidade de classes, o mapa aqui trabalhado tem como objetivo retratar a cobertura do terreno numa perspectiva simples e unificada, como se fosse a visão qualitativa dos morcegos sobre as diferentes classes de cobertura da terra presentes em seu habitat.

Para a elaboração do mapa foram utilizadas imagens do satélite RapidEye, do ano de 2010, com resolução espacial de 5 metros.

### **4.2.4 Densidade de Vias**

O mapa de Densidade de Vias tem como base o mapa de ruas da cidade, disponibilizado pela PRODABEL. O arquivo vetorial datado de 2008, contendo 49.179 trechos de ruas, foi transformado em raster com o estimador de densidade Kernel. Após testes, definiu-se o valor de 100 metros para o raio de pesquisa. O valor verificou ser adequado com o pressuposto que não seria justificável representar áreas onde não registram arruamentos, nem tampouco concentrar vias paralelas de quadras adjacentes em um mesmo raio de busca.

Em seguida, gerou-se um arquivo raster com o tamanho do pixel de 5 metros. As classes de legenda foram definidas em cinco densidades de vias segundo o método “Quebra Natural”. As classes são: Baixa, Baixa a Média, Média, Média a Alta e Alta.

### **4.2.5 Altura das Edificações**

O mapa representativo das alturas das edificações, é baseado no aerolevanteamento utilizando perfilamento a laser, realizado pela Prefeitura de Belo Horizonte em 2007. O mapa foi gerado a partir das projeções horizontais das edificações. Os dados originais do levantamento LIDAR (Light Detection and Ranging) foram processados pela PRODABEL em formato .LAS, que de acordo com ASPRS (2008) combinam, e armazenam dados sobre o posicionamento e a atitude do sensor, além dos instantes de emissão e retornos dos pulsos laser para cálculo das coordenadas tridimensionais da superfície terrestre. Os dados em formato .LAS foram importados e processados, e tratados na forma de malha de pontos com espaçamento horizontal de 2 metros.

O arquivo em formato vetorial contendo os polígonos das edificações com as respectivas alturas em tabela de atributos foi disponibilizado pela PRODABEL, para o qual a altura das edificações foi determinada subtraindo a altitude média calculada



para o polígono das edificações, determinado em processo de restituição fotogramétrica pela vetorização das edificações pelas suas feições mais altas, da altitude média do terreno intersectado pela edificação.

Posteriormente gerou-se o arquivo em formato raster com o tamanho do pixel de 5 metros. As classes de legenda foram definidas em cinco intervalos de alturas pelo método “Quebra Natural”. As Classes são: 0 a 3, 4 a 9, 10 a 21, 22 a 43, 44 a 129 metros.

#### **4.2.6 Tipo de Lâmpada e Potência da Iluminação Pública**

Os mapas representativos dos tipos das lâmpadas e potência são baseados nos dados de iluminação pública cedidos pela CEMIG. Os mapas originais, em formato .PDF, foram georreferenciados em sistema UTM, SAD 69, fuso 23. Os mapas contém os pontos de cada poste de iluminação pública e as características das lâmpadas. Com isso foi possível geoposicionar os postes com a respectiva tabela de atributos e criar os mapas em formatos vetoriais. Para transformar em formato raster, cada poste tornou-se um pixel contendo a características das lâmpadas.

As classes de legenda para o mapa do tipo de lâmpada foram definidas em Vapor de Sódio, Vapor de Sódio Tubular, Vapor de Mercúrio e Vapor Metálico. As classes de legenda para o mapa de potência das lâmpadas foram definidas em 70 a 80, 100 a 125, 150 a 250 e 350 a 400 watts.

#### **4.2.7 Altitude**

O mapa hipsométrico contendo a informação altitude, tem também como base os dados LIDAR de 2007. De forma análoga ao mapa de altura das edificações, os dados LIDAR foram importados e processados na forma de uma malha de pontos com espaçamento regular de 2 metros, correspondente ao Modelo Digital de Elevação fornecido pela PRODABEL.

Posteriormente gerou-se um arquivo raster com o tamanho do pixel de 5 metros. As classes de legenda foram definidas em dez intervalos de altitude segundo o método “Quebra Natural”. As classes são: 553 a 762, 763 a 818, 819 a 870, 871 a 927, 928 a 986, 987 a 1.058, 1.059 a 1.136, 1.137 a 1.222, 1.223 a 1.331 e 1.332 a 1.503 metros.

### **4.3 Identificação da correlação entre concentração de morcegos e as variáveis utilizadas**

Após a construção e organização da base de dados, foram realizadas análises para identificar as características das áreas onde os morcegos se concentram segundo as variáveis utilizadas. As análises foram realizadas no aplicativo Vista SAGA 2007. Foram mantidos os metadados e a projeção cartográfica.

No processo de identificação da correlação, o mapa de concentração de morcegos é usado como referência, e os mapas com as variáveis são sobrepostos ao mapa referência. Dessa forma são gerados relatórios através dos cruzamentos dos pixels. Os relatórios informam a porcentagem de cada classe de legenda que estão presentes nas áreas onde os morcegos se concentram. Foram nomeadas como Padrão Combinado, as áreas comuns entre os mapas das variáveis utilizadas e a concentração de morcegos. O padrão combinado, também conhecido na literatura por assinatura ambiental (XAVIER-DA-SILVA e ZAIDAN, 2004), descreve a participação de cada variável na composição da classe.

#### **4.4 Construção do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos através de análise multicritério**

Uma vez identificada a correlação entre a concentração de morcegos e o grau de participação das variáveis utilizadas, foi possível construir o mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos. Esta etapa foi desenvolvida utilizando ferramentas do aplicativo Vista SAGA 2007.

A construção do mapa foi baseada no método de análise multicritério com todas as variáveis citadas. As notas e pesos atribuídos foram baseados na porcentagem de correlação do Padrão Combinado, método conhecido como *data driven evaluation*. As notas foram geradas com base na porcentagem do Padrão Combinado, normalizadas entre 0 e 10, devido a escala utilizada no aplicativo.

Para a atribuição dos pesos, foram utilizados os maiores valores das notas normalizadas de cada mapa. Para operar com pesos relativos, e com isso evitar atribuir pesos sem considerar a frequência total da classe de legenda no mapa, foi efetuada a divisão entre o percentual do Padrão Combinado pelo percentual da Frequência de cada classe de legenda. O resultado da divisão é identificado como percentual ponderado do padrão combinado.

O objetivo da divisão é levar em consideração a frequência de cada classe de legenda em todo o mapa. Operação que evitou atribuir alto peso para classes de legendas com grande percentual de Padrão Combinado, porém com alta frequência no mapa, ou baixo peso para classes de legenda com baixa porcentagem de Padrão Combinado, mas com baixa porcentagem de frequência no mapa.

Para avaliar a contribuição de cada variável, utilizou-se a lógica de avaliação hierárquica de pesos entre pares, método conhecido como AHP, apresentada por Saaty em 1991. Portanto foi necessário a construção da Matriz de Subtração, Matriz com valores AHP e Matriz com Colunas Normalizadas para se chegar aos pesos finais de cada variável inserida.

A Matriz de subtração é o resultado da subtração dos valores da porcentagem do padrão combinado entre cada par de variáveis. A Matriz com valores AHP é baseada na matriz de subtração, de acordo com os valores de intensidade de importância AHP, conforme apresentado no capítulo 2. A Matriz com Colunas Normalizadas é baseada na matriz com valores AHP normalizados entre 1 e 9. Os pesos finais de cada variável são os resultados das somas das linhas da matriz com colunas normalizadas, dividido pelo número de variáveis. As matrizes citadas encontram-se no Anexo IV.

Os respectivos pesos e notas foram processados através do processo de álgebra de mapas, sintetizada pela média ponderada dos valores. O resultado é gerado em arquivo raster. Classificado em baixa, baixa a média, média, média a alta e alta probabilidade de ocorrências de morcegos.

#### **4.5 Validação do mapa probabilidade de ocorrências de morcegos**

Após a construção do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos, seguiu-se para a validação do mesmo. Para avaliar a capacidade de resposta do mapa de probabilidade sem produzir viés no resultado, definiu-se utilizar dados que não fizeram parte de sua construção (técnica *holdout*).

Quinze por cento (15%) dos pontos de ocorrências de morcegos foram reservados para a validação. Esses pontos foram sobrepostos ao mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos. Os pontos reservados também foram usados para construir um arquivo matricial através do estimador Kernel. Para definir as áreas de influência dos pontos utilizou-se a mesma técnica da construção do mapa de concentração de morcegos. A área contendo 50% da distribuição de utilização.

Posteriormente foram gerados relatórios através da mesma técnica usada no item 5.2. Divididos por pontos e por áreas de influência dos pontos.

## **5 RESULTADOS**

Os resultados foram organizados em três itens: Correlação entre concentração de morcegos e as variáveis utilizadas; mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos; validação do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos. A Figura 6 apresenta o modelo conceitual utilizado para a construção do trabalho.

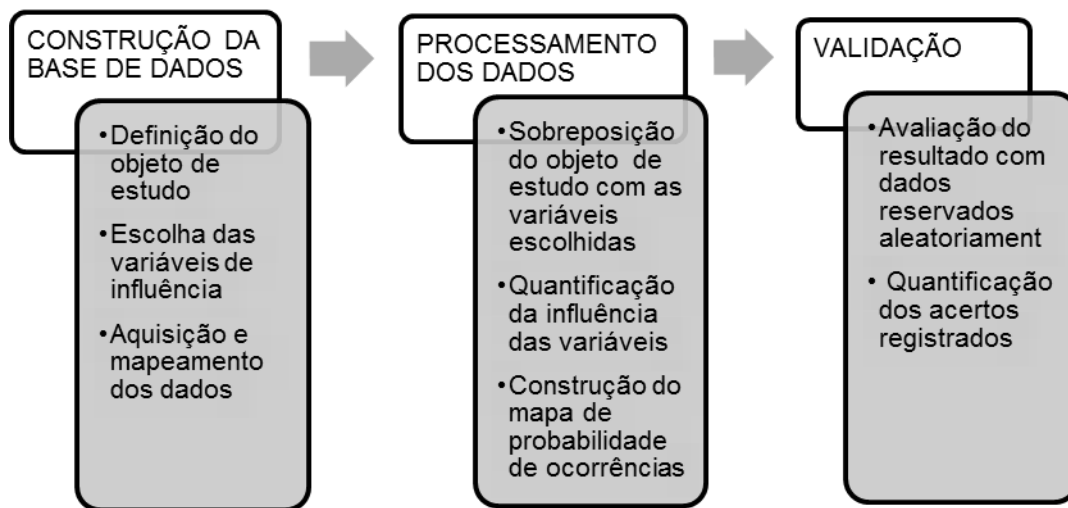


Figura 6 – Modelo conceitual usado na elaboração do trabalho.

### 5.1 Correlação entre concentração de morcegos e as variáveis utilizadas

A Figura 7 apresenta os pontos de ocorrências dos morcegos assim como as áreas que foram identificadas como áreas de concentração de morcegos. As áreas de concentração de morcegos somam 47,25Km<sup>2</sup>, o que representa 14,27% da área total da cidade, nas quais estão localizadas pelo menos 50% das ocorrências de morcegos.

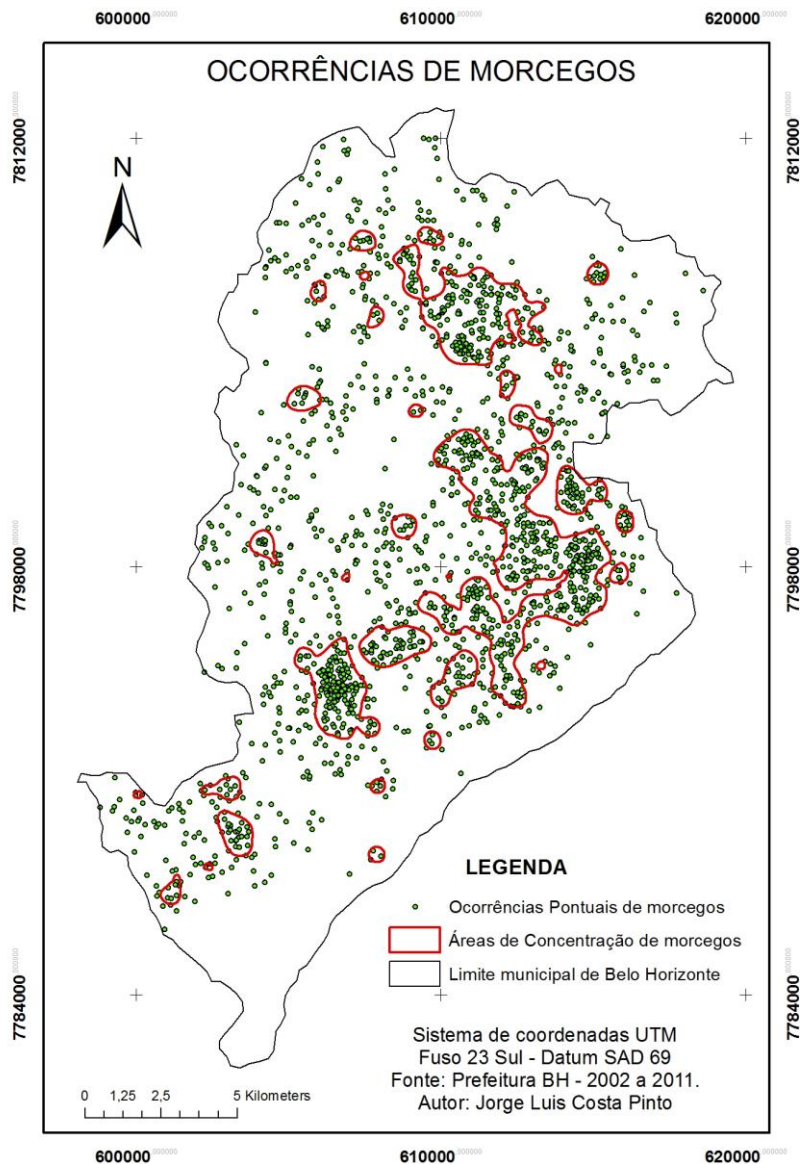


Figura 7 – Mapa de ocorrências de morcegos: pontual e zonal.

A Tabela 2 apresenta as classes de renda, a porcentagem de cada classe dentro das áreas de concentração de morcegos (*porcentagem do padrão combinado*), a porcentagem da frequência de cada classe no mapa (*porcentagem da frequência no mapa*) e a porcentagem do padrão combinado ponderado (*porcentagem do padrão combinado ponderado*). Para se chegar ao padrão combinado ponderado, é feito a divisão entre o padrão combinado e frequência no mapa, conforme apresentado no capítulo 4. A tabela é apresentada em tonalidades de cinza, para a qual quanto maior o valor da célula, mais escura será a tonalidade. A Figura 8 apresenta o mapa com o rendimento médio mensal de acordo com classes de rendas. O mapa também apresenta as áreas onde os morcegos se concentram.

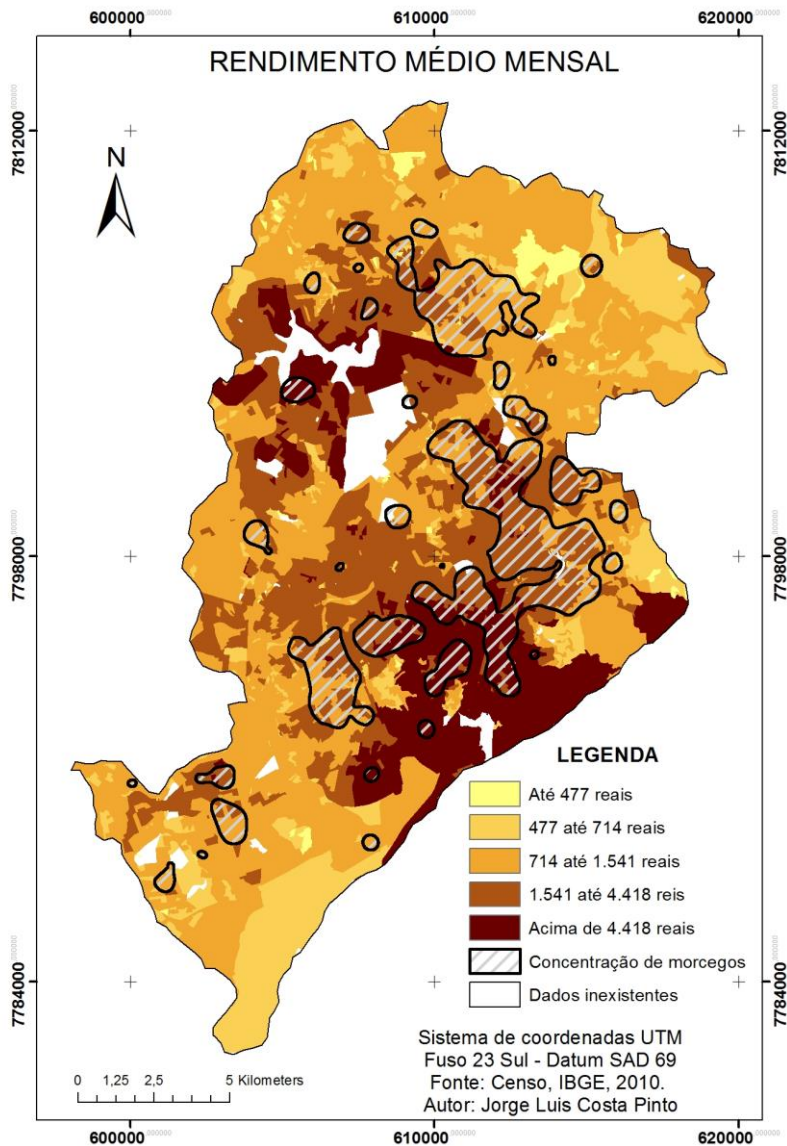


Figura 8 – Mapa de rendimento médio mensal e das áreas de concentração de morcegos.

A Tabela 2 demonstra que a classe de renda entre R\$ 1.541 e R\$ 4.418 reais é a mais representativa (47,79%) nas áreas onde os morcegos estão concentrados. Quando avaliado o padrão combinado ponderado, nota-se que a faixa citada se manteve com a maior participação. Mesmo não sendo a faixa de renda mais frequente na cidade, o que pode ser observado na coluna *porcentagem da frequência no mapa*, esta faixa de renda apresenta a maior participação nas áreas onde os morcegos se concentram.

Tabela 2 – Correlação entre concentração de morcegos e rendimento médio mensal.

| RENDIMENTO MÉDIO MENSAL |                       |                         |                                 |
|-------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Classes de renda        | % do padrão combinado | % da frequência no mapa | % do padrão combinado ponderado |
| Até 477 reais           | 0,14%                 | 1,38%                   | 2,54%                           |
| 477 até 714 reais       | 2,45%                 | 13,27%                  | 4,62%                           |
| 714 até 1541 reais      | 32,00%                | 43,68%                  | 18,36%                          |
| 1541 até 4418 reais     | 47,79%                | 27,02%                  | 44,34%                          |
| Acima de 4418 reais     | 17,61%                | 14,66%                  | 30,11%                          |
| Total                   | 100,00%               | 100,00%                 | 100,00%                         |

Tabela 3 apresenta a interação entre a concentração de morcegos e a densidade demográfica. De acordo com essa tabela, a faixa da média densidade demográfica apresenta maior participação (50,71%) nas áreas onde os morcegos estão concentrados. Porém, quando avaliado o padrão combinado ponderado, a maior participação está na faixa de densidade média a alta (44,26%), faixa esta que possui baixa frequência na cidade com apenas 6,16 da frequência no mapa.

A Figura 9 apresenta as áreas de concentração de morcegos sobrepostas ao mapa de densidade demográfica de Belo Horizonte.

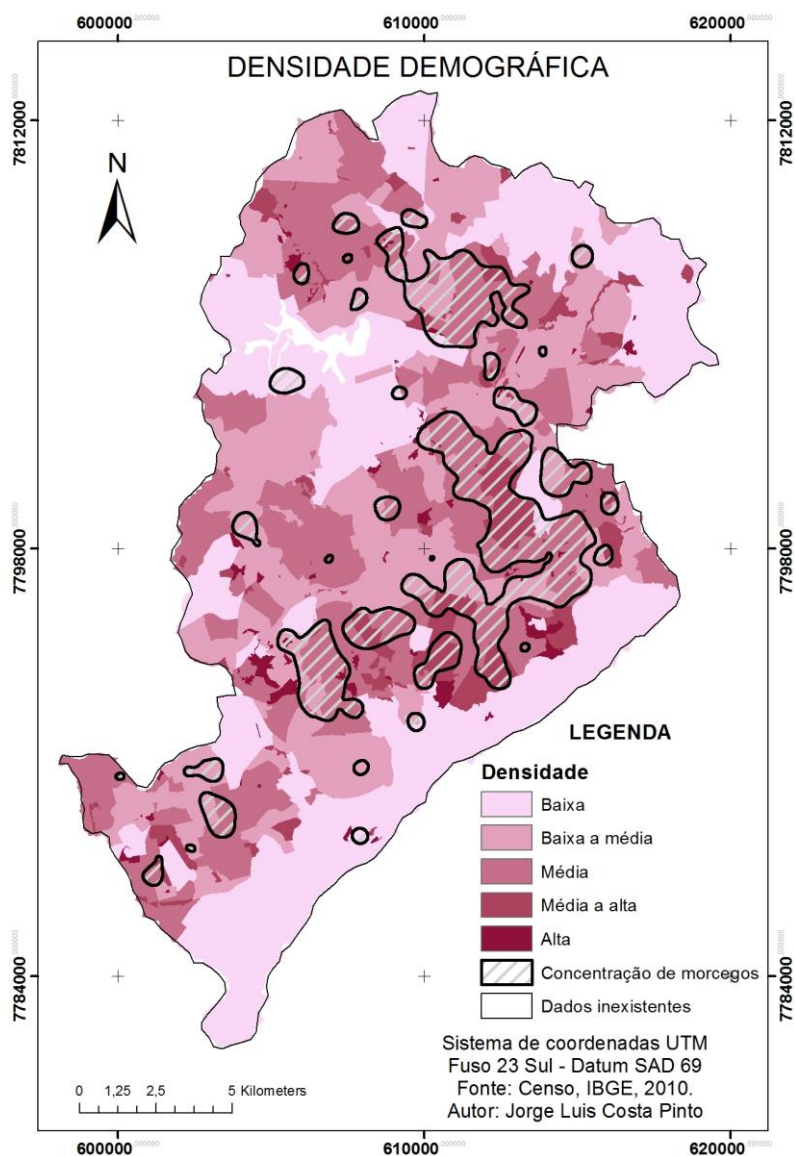


Figura 9 – Mapa de densidade demográfica e das áreas de concentração de morcegos.

Tabela 3 – Correlação entre concentração de morcegos e densidade demográfica.

| DENSIDADE DEMOGRÁFICA |                       |                         |                                 |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Densidade             | % do padrão combinado | % da frequência no mapa | % do padrão combinado ponderado |
| Baixa                 | 4,30%                 | 33,76%                  | 2,05%                           |
| Baixa a média         | 27,07%                | 29,40%                  | 14,85%                          |
| Média                 | 50,71%                | 29,14%                  | 28,07%                          |
| Média a alta          | 16,90%                | 6,16%                   | 44,26%                          |
| Alta                  | 1,02%                 | 1,53%                   | 10,76%                          |
| Total                 | 100,00%               | 100,00%                 | 100,00%                         |



A Tabela 4 apresenta a relação entre a concentração de morcegos e a cobertura vegetal e uso da terra. Nota-se que, 67,12% das áreas urbanas formam as áreas onde os morcegos estão concentrados. A prevalência das áreas urbanas sobre as outras classes também é notada na porcentagem do padrão combinado ponderado (41,72%), assim como a porcentagem da frequência no mapa com 59,52%.

A Figura 10 apresenta o mapa de cobertura vegetal e uso da terra de Belo Horizonte e os polígonos das áreas de concentração de morcegos.

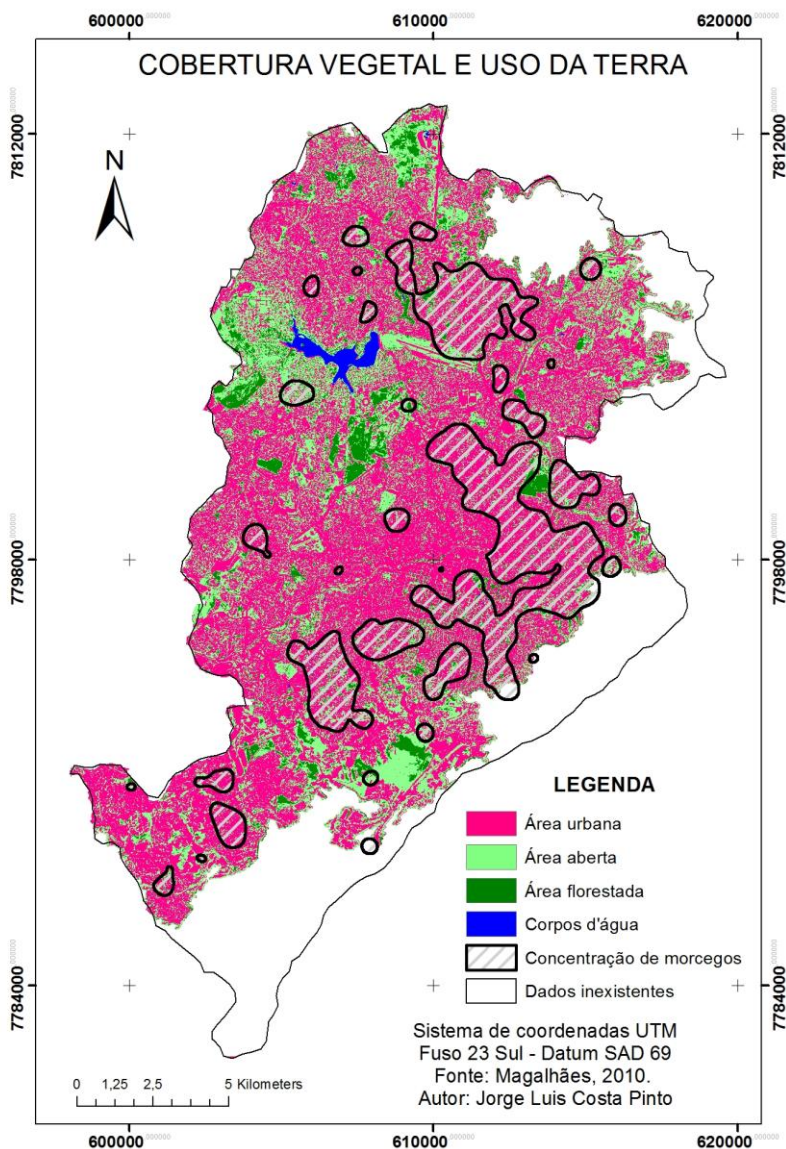


Figura 10 – Mapa de cobertura vegetal e uso da terra e das áreas de concentração de morcegos.

Tabela 4 – Correlação entre concentração de morcegos e cobertura vegetal e uso da terra.

| COBERTURA VEGETAL E USO DA TERRA |                       |                         |                                 |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Classes                          | % do padrão combinado | % da frequência no mapa | % do padrão combinado ponderado |
| Área urbana                      | 67,12%                | 59,52%                  | 41,72%                          |
| Área aberta                      | 28,93%                | 33,57%                  | 31,88%                          |
| Área florestada                  | 3,90%                 | 6,21%                   | 23,23%                          |
| Corpos d'água                    | 0,06%                 | 0,70%                   | 3,17%                           |
| Total                            | 100,00%               | 100,00%                 | 100,00%                         |

A Tabela 5 apresenta a interação entre a concentração de morcegos e a densidade de vias. De acordo com a tabela 5, a faixa média de densidade de vias apresenta a maior participação (43,36%) na formação das áreas onde os morcegos estão concentrados. Quando observado a porcentagem do padrão combinado ponderado, a maior participação (37,79%) está na faixa de alta densidade de vias, faixa esta que compõe apenas 4,01% da frequência da área estudada na cidade.

A Figura 11 apresenta o mapa de densidade de vias da cidade e os polígonos das áreas de concentração de morcegos.

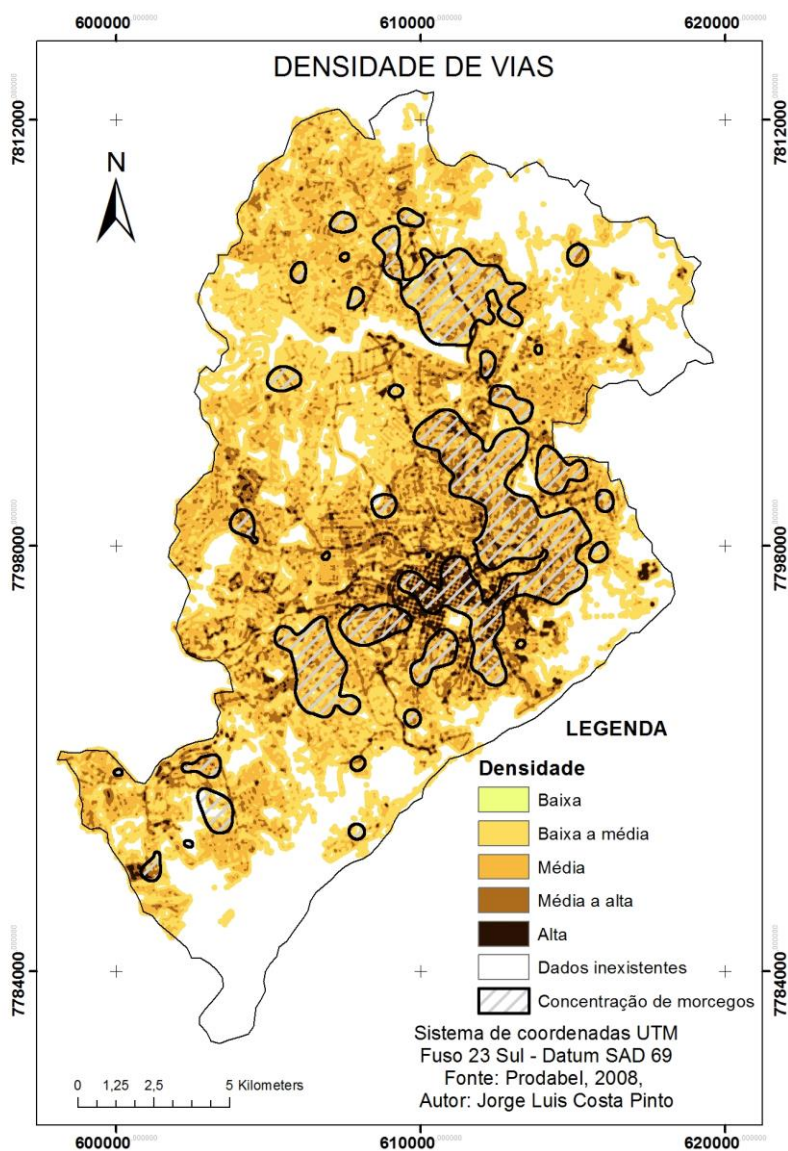


Figura 11 – Mapa de densidade de vias e das áreas de concentração de morcegos.

Tabela 5 – Correlação entre concentração de morcegos e densidade de vias.

| DENSIDADE DE VIAS |                       |                         |                                 |
|-------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Densidade         | % do padrão combinado | % da frequência no mapa | % do padrão combinado ponderado |
| Baixa             | 0,05%                 | 0,33%                   | 0,29%                           |
| Baixa a média     | 22,28%                | 41,98%                  | 10,02%                          |
| Média             | 43,36%                | 37,05%                  | 22,09%                          |
| Média a alta      | 26,28%                | 16,63%                  | 29,82%                          |
| Alta              | 8,03%                 | 4,01%                   | 37,79%                          |
| Total             | 100,00%               | 100,00%                 | 100,00%                         |

A Tabela 6 apresenta a relação entre a concentração de morcegos e altura das edificações. A Tabela 6 demonstra que a faixa de altura entre 4 a 9 metros possui a maior participação (70,12%) na composição das áreas onde os morcegos estão concentrados, faixa essa que apresenta a maior frequência na cidade com 75,57%. A tabela também demonstra que a faixa mais alta, entre 23 e 129 metros, quando avaliado o padrão combinado ponderado, representa uma participação de 35,33% nas áreas onde se concentram os morcegos.

A Figura 12 apresenta o mapa com as alturas das edificações e os polígonos das áreas de concentração de morcegos.

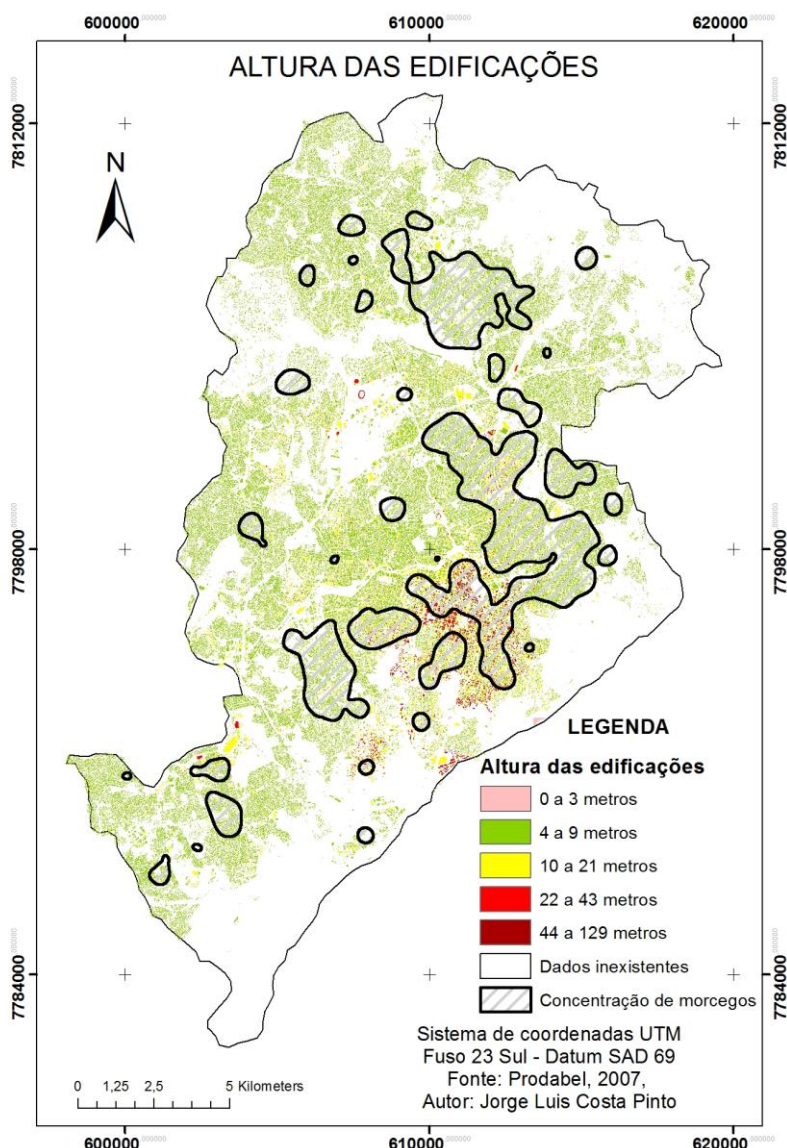


Figura 12 – Mapa da altura das edificações e das áreas de concentração de morcegos.

Tabela 6 – Correlação entre concentração de morcegos e altura das edificações.

| ALTURA DAS EDIFICAÇÕES |                       |                         |                                 |
|------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Classes de alturas     | % do padrão combinado | % da frequência no mapa | % do padrão combinado ponderado |
| 0 a 3 metros           | 2,42%                 | 3,56%                   | 9,68%                           |
| 4 a 9 metros           | 70,12%                | 75,57%                  | 13,21%                          |
| 10 a 21 metros         | 19,65%                | 16,78%                  | 16,67%                          |
| 22 a 43 metros         | 5,70%                 | 3,23%                   | 25,12%                          |
| 23 a 129 metros        | 2,11%                 | 0,85%                   | 35,33%                          |
| Total                  | 100,00%               | 100,00%                 | 100,00%                         |

A Tabela 7 apresenta a correlação entre a concentração de morcegos e potência das lâmpadas em watts. A tabela demonstra que a potência entre 100 a 125 watts possui a maior participação (55,11%) na composição das áreas onde os morcegos se concentram, essa mesma faixa de potência apresenta a maior frequência no mapa (57,79%). Para a porcentagem do padrão combinado ponderado, a faixa entre 150 a 250 watts, possui a maior influencia na formação das áreas de concentração da ordem.

A Figura 13 apresenta os polígonos das áreas de concentração de morcegos sobrepostos ao mapa de potência das lâmpadas.

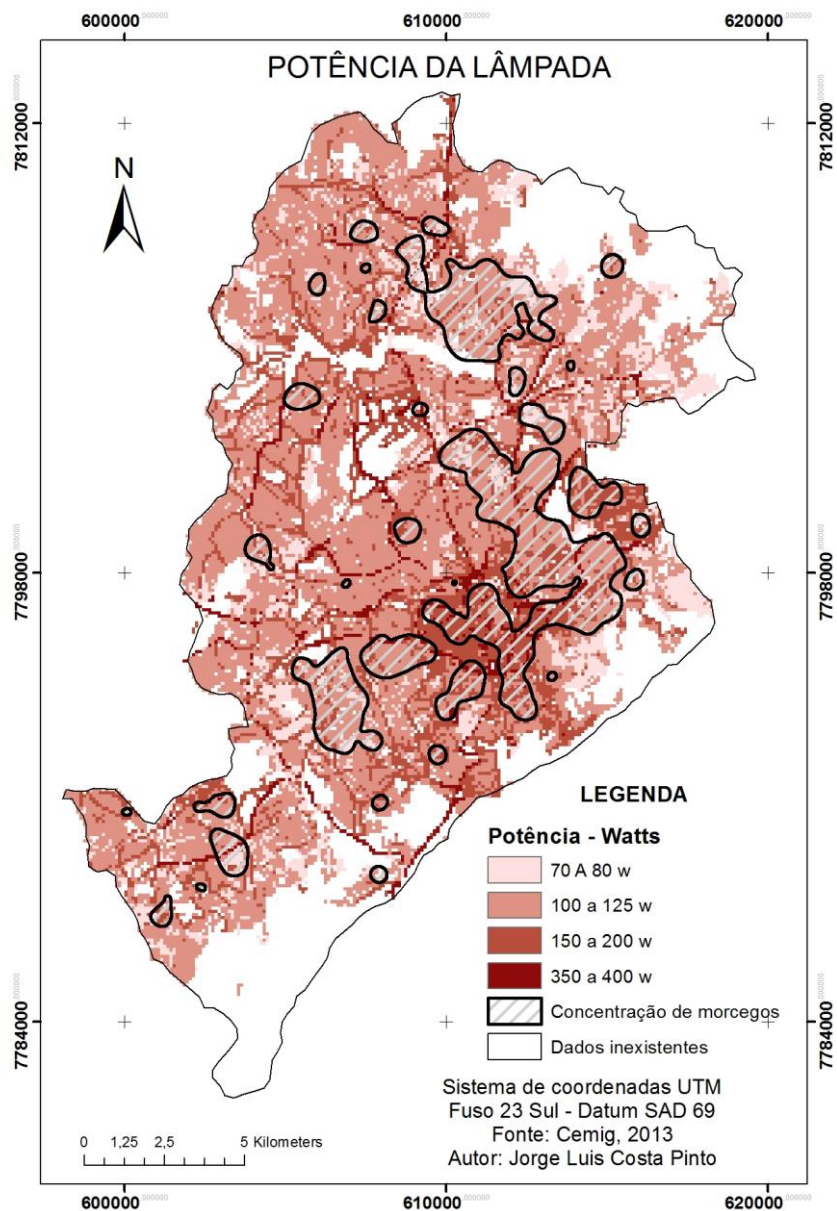


Figura 13 – Mapa de potência de lâmpada e das áreas de concentração de morcegos.

Tabela 7 – Correlação entre concentração de morcegos e potência da lâmpada.

| POTÊNCIA DA LÂMPADA |                       |                         |                                 |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Potência - Watts    | % do padrão combinado | % da frequência no mapa | % do padrão combinado ponderado |
| 70 A 80W            | 11,26%                | 15,13%                  | 18,48%                          |
| 100 A 125W          | 55,11%                | 57,79%                  | 23,68%                          |
| 150 A 250W          | 28,74%                | 22,42%                  | 31,83%                          |
| 350 A 400W          | 4,88%                 | 4,66%                   | 26,01%                          |
| Total               | 100,00%               | 100,00%                 | 100,00%                         |

A Tabela 8 apresenta a relação entre a concentração de morcegos e os tipos de lâmpadas. Segundo a Tabela 8, a lâmpada vapor de sódio influencia em 72,81% na formação das áreas onde os morcegos se concentram, lâmpada essa que possui a maior frequência na cidade (77,54%). A tabela 8 também demonstra que, as lâmpadas vapor de mercúrio e vapor de sódio tubular apresentam a porcentagem do padrão combinado ponderado bem próximas, respectivamente 29,17 % e 28,59%.

A Figura 14 apresenta o mapa com os tipos de lâmpadas e os polígonos das áreas de concentração de morcegos.

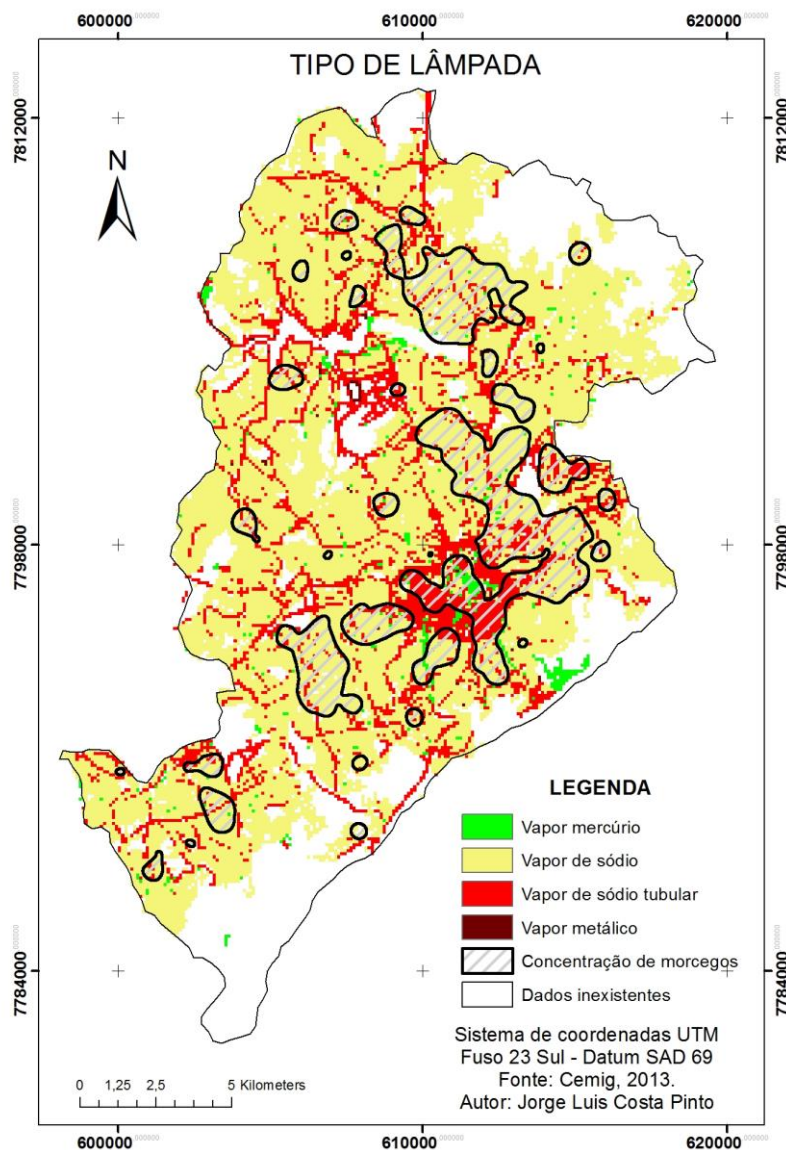


Figura 14 – Mapa com os tipos de lâmpada e das áreas de concentração de morcegos.

Tabela 8 – Correlação entre concentração de morcegos e tipo de lâmpada.

| TIPO DE LÂMPADA        |                       |                         |                                 |
|------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Lâmpadas               | % do padrão combinado | % da frequência no mapa | % do padrão combinado ponderado |
| Vapor de sódio         | 72,81%                | 77,54%                  | 22,15%                          |
| Vapor de sódio tubular | 24,60%                | 20,29%                  | 28,59%                          |
| vapor de mercúrio      | 2,35%                 | 1,90%                   | 29,17%                          |
| Vapor metálico         | 0,23%                 | 0,27%                   | 20,09%                          |
| Total                  | 100,00%               | 100,00%                 | 100,00%                         |

A Tabela 9 apresenta a correlação entre a concentração de morcegos e altitude. A Tabela 9 demonstra que a faixa compreendida entre 763 a 927 metros quando somadas compõe em 84,89% a formação das áreas onde os morcegos se encontram. Essa mesma faixa representa 63,82% de frequência no mapa, e ainda 71,91% do padrão combinado ponderado.



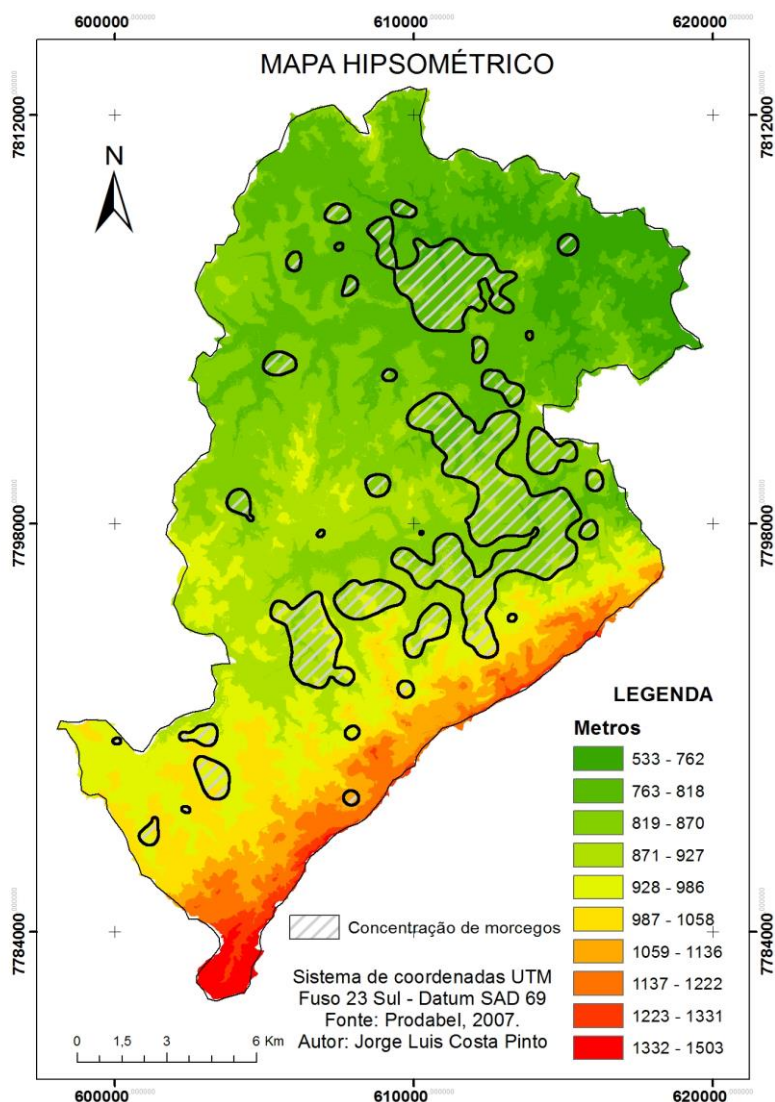


Figura 15 – Mapa hipsométrico e das áreas de concentração de morcegos.

Tabela 9 – Correlação entre concentração de morcegos e altitude.

| Faixas em metros | ALTITUDE              |                         |                                 |
|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|
|                  | % do padrão combinado | % da frequência no mapa | % do padrão combinado ponderado |
| 533-762          | 2,33%                 | 6,59%                   | 6,37%                           |
| 763-818          | 25,47%                | 23,77%                  | 19,32%                          |
| 819-870          | 37,99%                | 23,91%                  | 28,65%                          |
| 871-927          | 21,43%                | 16,14%                  | 23,94%                          |
| 928-986          | 10,70%                | 12,03%                  | 16,04%                          |
| 987-1058         | 1,67%                 | 7,54%                   | 3,99%                           |
| 1059-1136        | 0,41%                 | 4,47%                   | 1,65%                           |
| 1137-1222        | 0,00%                 | 3,46%                   | 0%                              |
| 1223-1331        | 0,00%                 | 1,08%                   | 0%                              |
| 1332-1503        | 0,00%                 | 1,00%                   | 0%                              |
| Total            | 100,00%               | 100,00%                 | 100,00%                         |

## 5.2 Mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos

O mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos, foi construído segundo as notas e pesos extraídos de cada variável utilizada. As notas foram baseadas na porcentagem do padrão combinado. Os pesos foram baseados na porcentagem do padrão combinado ponderado. A Tabela 10 apresenta os pesos de cada variável na formação do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos. De acordo com a Tabela 10, as três primeiras variáveis (rendimento médio mensal, densidade demográfica e cobertura vegetal e uso da terra), contribuíram significativamente para a formação do mapa de probabilidade. A Figura 16 apresenta o mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos em Belo Horizonte.

Tabela 10 – Pesos atribuídos na formação do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos.

| VARIÁVEIS UTILIZADAS             | PESOS      |
|----------------------------------|------------|
| Rendimento médio mensal          | 25         |
| Densidade demográfica            | 25         |
| Cobertura vegetal e uso da terra | 21         |
| Densidade de vias                | 10         |
| Altura das edificações           | 9          |
| Potência das lâmpadas            | 4          |
| Tipo de lâmpada                  | 3          |
| Mapa hipsométrico                | 3          |
| <b>Total</b>                     | <b>100</b> |

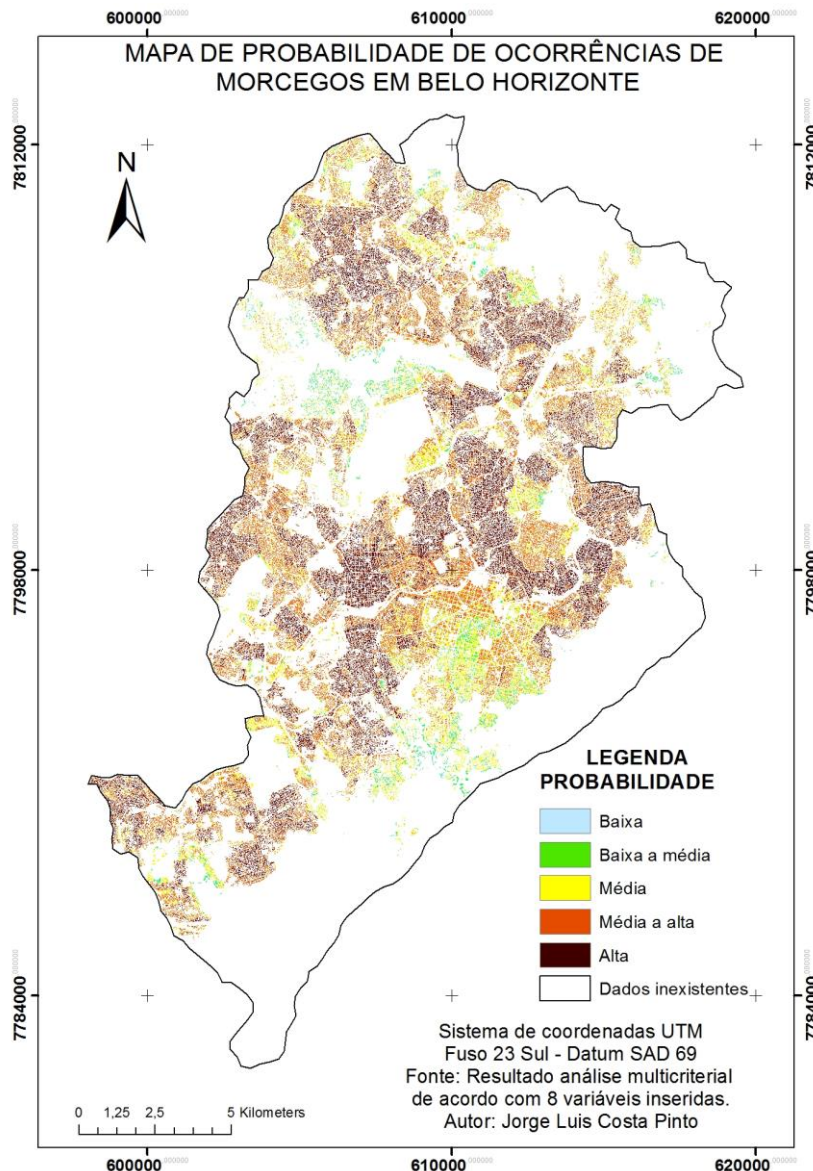


Figura 16 – Mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos.

### 5.3 Validação do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos

De forma a garantir a validação do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos produzido, foram reservados aleatoriamente para esta etapa 15% das amostras (332 do total de 2.213 pontos de ocorrência de morcegos). Esses pontos foram locados no mapa de probabilidade de ocorrência para verificar a qualidade do resultado da análise multicriterial. Também foram construídas áreas de influência de cada ponto reservado. A Tabela 11 apresenta a porcentagem de pontos (% pontos) que foram identificados dentro de cada faixa de probabilidade. A Tabela 11 também apresenta a porcentagem de áreas de influência (% áreas de influência) que foram identificadas em cada faixa de probabilidade.

Tabela 11 – Validação do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos em Belo Horizonte segundo pontos reservados aleatoriamente.

| Probabilidade | % pontos | % áreas de influência |
|---------------|----------|-----------------------|
| Baixa         | 0,01%    | 0,01%                 |
| Baixa a média | 3,06%    | 2,81%                 |
| Média         | 15,71%   | 17,08%                |
| Média a alta  | 45,08%   | 44,71%                |
| Alta          | 36,15%   | 35,39%                |
| Total         | 100,00%  | 100,00%               |

De acordo com a Tabela 11, quando somadas as probabilidades média a alta e alta, nota-se que 81,23% dos pontos ou 80,10% das áreas de influência estão sobrepostas ao mapa de probabilidade. Dos 332 pontos reservados para validação, 270 foram identificados em áreas com alta ou média a alta probabilidade.

## 6 DISCUSSÃO

Áreas com alto poder aquisitivo compõem substancialmente áreas onde os morcegos se concentram. De acordo com a literatura apresentada, esse fato é esperado uma vez que pessoas mais informadas procuram com maior frequência os serviços de recolhimento de animais silvestres em ambientes urbanos.

A faixa de densidade demográfica média compõe cerca da metade das áreas onde os morcegos estão concentrados. Esta representatividade pode ser consequência dos chamados de recolhimentos desses animais, uma vez que essa faixa está distribuída em aproximadamente 30% do território municipal avaliado no estudo. Entretanto, quando considerado a frequência de todas as faixas na cidade, nota-se na faixa de média a alta densidade demográfica a maior participação em áreas onde os morcegos se concentram. O que vai ao encontro das informações apresentadas nas referências citadas no capítulo 2, onde existem prevalências de ocorrências em áreas com maior densidade demográfica.

As áreas urbanas apresentaram a maior representatividade na formação das áreas onde os morcegos estão concentrados. Esse fato pode ser explicado devido à natureza amostral dos dados, uma vez que o serviço de recolhimento possui maior alcance nessas áreas. No entanto, é possível notar significativa presença de áreas florestadas e áreas abertas (55,11% somadas) quando avaliado a frequência em toda a cidade na composição das áreas onde os morcegos se concentram. Dessa forma, os resultados indicam corroborar com as referências apresentadas no capítulo 2 em que áreas urbanizadas fornecem diversos abrigos para esses animais, que aliado às áreas

caracterizadas como florestadas ou abertas, que podem ser semelhantes aos parques urbanos, indicam alta adaptação da ordem Quiróptera na cidade.

A variável densidade de vias pode representar os ruídos existentes nas cidades, neste sentido os dados do presente trabalho demonstraram que áreas onde os morcegos se concentram estão associadas com áreas de média densidade de vias. Em partes, esse fato pode ser influenciado pela significativa frequência dessas áreas na cidade. Porém, quando considerado a frequência de cada classe de densidade na área de estudo, notou-se que áreas com alta densidade se destacam na composição das áreas onde os morcegos se concentram. Em referências apresentadas, estímulos de ruídos são evitados pelos morcegos, porém as análises do trabalho apontam associação por ambientes ruidosos, o que pode ser mais um indicativo de adaptação da ordem no ambiente urbano. Cabe aqui alertar para a necessidade do aprimoramento das técnicas usadas para mapear os ruídos, uma vez que o mapeamento indireto como a densidade de vias, adotado no presente trabalho, pode confrontar com outras variáveis.

De acordo com a literatura apresentada, os locais de abrigos preferenciais para os morcegos são coberturas de laje ou forro, espaços diversos e coberturas sem laje ou forro, seguido de folhagens, edificações desabitadas e juntas de dilatação. Abrigos estes que podem indicar alturas semelhantes à faixa entre 4 a 9 metros, faixa essa identificada como a mais significativa na formação das áreas de concentração de morcegos. Notou-se também que, a maior faixa de altura, entre 23 a 129 metros, foi apontada como significativa quando avaliado a frequência da classe na área de estudo. Fato esse que pode ser explicado pela pouca frequência dessa faixa na cidade, apenas 0,85 %.

Quanto a iluminação pública, regiões iluminadas por lâmpadas com a faixa de potência entre 100 a 125 watts apresentaram ser significativas na formação das áreas onde os morcegos estão concentrados. No entanto, essa faixa representa a maioria das lâmpadas da cidade. Quando considerado a frequência das classes na cidade, essa faixa sobe para 150 a 250 watts, o que possibilita assimilar os resultados a grande presença dessas duas faixas de potência na cidade (80,21 % quando somadas).

As lâmpadas do tipo vapor de sódio foram identificadas como as mais frequentes na cidade, esse fato pode ter influenciado sua significativa participação na composição das áreas onde estão concentrados os morcegos. Porém quando considerado a frequência das classes, as lâmpadas vapor de sódio tubular e vapor de mercúrio são mais representativas. A discussão aponta para um indicativo de adaptação da ordem com relação à iluminação pública, porém cabe uma abordagem

mais detalhada sobre o assunto. Vale também mencionar a necessidade de uma investigação mais profunda sobre a relação entre potência e tipo de lâmpada e atração de insetos, uma vez que o presente trabalho indicou uma adaptação significativa em ampla faixa de potência e tipos de lâmpadas, assim como investigações orientadas pelo hábito alimentar dos morcegos.

Quanto a altitude, o mapa hipsométrico possibilitou identificar expressiva influencia na faixa entre 763 a 927 para a formação das áreas onde os morcegos se concentram, posto que o município apresenta altitudes que variam de 533 a 1503 metros. A influencia pode ser explicada em parte pela expressiva presença dessa faixa de altitude na cidade e ainda na ausência de áreas urbanizadas nas outras faixas, o que impossibilita o recolhimento de animais nessas áreas.

As variáveis rendimento médio mensal, densidade demográfica e cobertura vegetal e uso da terra apresentaram os maiores pesos (71 % quando somados) para a construção do mapa de probabilidade de ocorrências de morcegos. As variáveis também são apontadas na literatura como importantes componentes na distribuição desses animais no ambiente urbano.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A proposta geral do trabalho em desenvolver um mapa de probabilidades de ocorrência de morcegos foi atendida com sucesso. O resultado foi um mapa de fácil interpretação que pode munir a administração pública para concentração de esforços em campo, bem como canalizar as ações de políticas públicas. O produto foi apresentado ao Centro de Controle de Zoonoses, que o classificou como de grande importância para suas atividades.

O modelo proposto se mostrou eficiente no auxílio de políticas públicas para a gestão de morcegos na cidade. Em primeiro momento contribui para que as ações do órgão responsável pelo controle e vigilância sejam voltadas para áreas prioritárias. O interesse é motivado pela economia de tempo e recursos em suas atividades de rotina.

Em segundo momento, o modelo fornece um diagnóstico das relações que os morcegos estabelecem com a cidade através de algumas condições ambientais e socioeconômicas. Esse diagnóstico fornece subsídios para o poder público planejar em médio e longo prazo o espaço urbano sob a ótica da ecologia urbana. Levando em consideração a presença de animais silvestres, seus abrigos, alimentação e potenciais atrativos.

A solução foi desenvolvida através de modelagem e análise de dados espacializados. O modelo integrou variáveis ambientais e físicas, bem como, elementos da infraestrutura urbana e variáveis socioeconômicas. A integração das variáveis utilizou uma estrutura multicriterial. A análise combinada resultou na quantificação da participação de cada uma das variáveis para explicar a ocorrência de morcegos.

A modelagem foi validada com 332 pontos amostrais, e os resultados foram satisfatórios. O mapa de probabilidade de ocorrência de morcegos obteve sucesso superior a 80% ao representar as áreas de concentração média e alta de morcegos. Contudo, o modelo gerado é passível de ser replicado em outras localidades, a depender da disponibilidade de variáveis para alimentar o processo. O modelo mostrou-se robusto quanto ao desempenho das etapas, mesmo considerando a interoperabilidade de dados entre diferentes aplicativos.

Considerando a disponibilidade dos dados de captura dos morcegos, o modelo apresentou baixo custo financeiro uma vez que pode ser construído com dados e plataformas SIG gratuitas. O modelo é flexível, podendo ser editado quanto a participação e pesos das variáveis, e também transferível, pois pode ser aplicado à outras cidades, espécies e variáveis disponíveis, portanto pode auxiliar pesquisas e ações em ecologia urbana.

Vale ressaltar que o presente trabalho estimulou uma proposta de colaboração internacional em pesquisa sobre ecologia urbana entre as instituições de ensino superior: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Fundação Educacional Monsenhor Messias (UNIFEMM), University Salford UK e Mississippi State University. A proposta intitulada “Developing a spatially-explicit integrate framework for study and decision analysis of bat populations and zoonotic diseases in an urban landscape of Brazil, objetiva integrar esforços para elaboração de um sistema dedicado a gestão e operacionalização de um banco de dados voltado à ecologia urbana (Anexo V). A investigação também estimulou a participação no congresso da American Society for Photogrammetry Remote Sensing (ASPRS) em 2014 com o trabalho intitulado “A geospatial framework for supporting spatial analysis in urban ecology” (Anexo VI).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTI, M. **Advances in urban ecology: integrating humans and ecological processes in urban ecosystems.** Seattle: Springer, 2008. 366p.

ALMEIDA, M. **Ensaio Ecologia Urbana.** 8.ed. Lazuli, 2004. 106p.

ASPRS. American Society for Photogrammetry and remote Sensing. **LAS Specification version 1.2**. ASPRS Technical Report, Bethesda, 2008. Disponível em [http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/asprs\\_las\\_format\\_v12.pdf](http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/asprs_las_format_v12.pdf) Acesso em 01, Fev, 2015.

ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva t moro-espacial**. 2010. 299 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESA DE PESQUISA. **Cr rio de classifica o econ mica Brasil**. ABEP: 2012 4p.

BAIZE, S.; PENNETIER, D.; OESTEREICH, L.; RIEGER, T.; KOIVOGUI, L.; MAGASSOUBA, N.; SOROPOGUI, B.; SOW, M.S.; KEITA, S.; CLERK, H.; TIFFANY, A.; DOMINGUEZM G.; LOUA, M.; TRAOR , A.; KOLI , M.; MALANO, E.R.; HELEZE, E.; BOCQUIM, A.; M LY, S.; RAOUL, H.; CARO, V.; CADAR, D.; GABRIEL, M.; PAHLMANN, M.; TAPPE, D.; SCHMIDT-CHANASIT, J.; IMPOUMA, B.; DIALLO, A.K.; FORMENTY, P.; HERP, M.V.; GUNTHER, S. Emergence of zaire ebola virus disease in Guinea. **The New England Journal of Medicine**. v.371, p. 1418 – 1425, 2014.

BARTON, J.; PRETTY, J. What is the Best Dose of Nature and Green Exercise for Improving Mental Health? A Multi-Study Analysis. **Environmental Science and Technology**, Washington, n. 44, p. 3947 – 3955, 2010.

BEYER, H.L. Hawth's Analysis Tools for ArcGIS. 2004. Disponível em <<http://www.spatial ecology.com/htools>>. Acesso em: 04 out, 2014.

BLAKE, D.; HUTSON, A. M.; RACEY, P. A.; RYDELL, J.; SPERAKMAN, J.R.. Use of lamplit roads by foraging bats in southern England. **Journal of Zoology** 234:453-462, 1994.

BRASS, D.A. **Rabies in bats, natural history and public health implications**. Ridgefield: Livia Press, 1994, 352 p.

CALIJURli, M. L.; MELO, A. L. O.; LORENTZ, J. F. Identifica o de áreas para impanta o de Aterros Sanitários com Uso de Análise Estratégica de Decisão. **Informática Pública**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 231 – 250, 2002.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Fundamentos de Geoprocessamento**. 1996. Livro on-line: Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>. Acesso em 24, Nov. 2013.



- CARVALHO, F.M.V.; PINHEIRO, P.S.; FERNANDEZ, F.A.S.; NESSIMAN, J. Diet of small mammals in Atlantic Forest fragments in southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoociências**, Juiz de Fora, v. 1, p. 91 - 101, 1999.
- CASTILHO, J.C.; CANELLO, F.M.; SCHEFFER, K.C.; ACHKAR, S.M.; CARRIERI, M.L.; KOTAIT, I. Antigenic and genetic characterization of the first rabies virus isolated from the bat *Eumops perotis* in Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 50, n.2, p. 95-99, 2008.
- COCKRUM, E. L. Inseticides and Arizona bat population. **Journal of the Arizona Acadamey of Sciences**, v.5, n.4, p. 1 – 198, 1969.
- COLEMAN, J. L.; BARCLAY, R.M.R. Influence os urbanization on demography of little brow bats (*Myotis lucifugus*) in the Prairies of North America. **PLoS ONE**, v. 6, n.5 e. 20483, 2011.
- DAVIES, T. W.; BENNIE, J.; INGER, R.; IBARRA, N. H.; GASTON, K. J. Artificial light pollution: are shifting spectral signatures changing the balance of species interactions? **Global Chance Biology**, v. 19, p. 1417 – 1423, 2013.
- DRUCK, S.; C, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: Embrapa, 2004. 209p.
- DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y. E.; RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, M. A.; SBRUZZI, R. S. **Mapeamento da vegetação do estado de São Paulo, por meio do uso do sensoriamento remoto e geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE, 2004. 13 p.
- ELVIDGE, C. D.; KEITH, D. M.; TUTTLE, B. T.; BAUGH, K. E.. Spectral identification of lighting type and character. **Sensors**, v. 10, n. 4, p. 3961-3988, 2010.
- FENTON, M.B. **Bats**. New York: Facts OnFile, 1992. 207p.
- FERNÁNDEZ-JURICIC, E.; JOKIMAKI, J. A habitat island approach to conserving birds in urban landscapes: case studies from southern and northern Europe. **Biodiversity Conservation**, v. 10, p. 2023 – 2043, 2001.
- FERRAZ, C.; ACHKAR, S.M.; KOTAIT, I. First report of rabies in vampire bats (*Desmodus rotundus*) in an urban area, Ubatuba, São Paulo state, Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v.6 p. 389-390, 2007.
- FIELDING, A.H.; BELL, J.F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. **Environmental Conservation**, v. 24, p. 38 – 49, 1997.

FONSECA, G. A. B. Biogeografia insular e aplicada à conservação. **Revista Brasileira de Geografia**, v, 48, n. 3, p. 383 - 398, 1981.

FONSECA, G. A. B. The Vanishing Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 34, p. 17-34, 1985.

FRANCHIN, A.G. **Avifauna em áreas urbanas brasileiras, com ênfase em cidades do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba**. 2009. 147 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, 2009.

FREITAS, G. P.; FREITAS, F. O. Análise multicritério para construção de cenários de risco à desertificação: Qual a relação destes ambientes com a diversidade de Abelhas? In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, n. XV, 2011, Curitiba. **Anais do XV SBSR**. Curitiba: INPE, 2011. p. 3135 – 3141.

GASTON, K.J. Urbanization. In: Gaston KJ. **Urban ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, p. 10-34, 2010.

GIANNINI, T. C.; SIQUEIRA, M. F.; ACOSTA, A. L.; BARRETO, F. C. C.; SARAIVA, A. M.; SANTOS, I. A. D. Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. **Rodriguesia**, v. 63, n. 3, p. 733 – 749, 2012.

GOODWIIN, G.G.; GREENHALL, A.M. A review of the bats of Trinidad and Tobago: descriptions, rabies infection and ecology. **Bulletin of the American Museum of Natural History**. v122. n.3 p. 187 – 302, 1961.

GOULART, V. D. L. R.; TEIXEIRA, C. P.; YOUNG, R. J. Analysis of callouts made relative to wild urban marmosets (*Callithrix penicillata*) and their implications for urban species management. **European Journal of Wildlife Research**, v. 56, p. 641 – 649, 2000.

GREGORIN, R.; TADDEI, V.A.; Chave artificial para a identificação de molossídeos brasileiros (Mammalia, Chiroptera). **Jornal Neotropical Mammal**, v. 9, p. 13 – 32, 2002.

GUSSONI, C.O.A.; GUARALDO, A.C. Aves do Campus da UNESP em Rio Claro. Rio Claro: IBGE, 2008. 174 p.

HINO, P.; SCATENA, T. C. V.; SASSAKI, C. M.; NOGUEIRA, J. de ALMEIDA; SANTOS, C. B. Geoprocessamento Aplicado à área de Saúde. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, São Paulo, v.14, n.6. p. 939 – 943, 2006.

HIRZEL, A.; GUISAN, A. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modeling. **Ecological Modeling**, v. 157, p. 331 - 341, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. 2010.

INMET . INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas: Brasil – de 1961 a 1990** Ministério da Agricultura e Reforma Agrária – Departamento Nacional de Meteorologia.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservação do cerrado. **Megadiversidade**, v.1, p. 147 – 155, 2005.

KOLODINSKY, J.; ALEONG, J. Na integrated model of consumer complaint action applied to service: a pilot study. **Journal Consum Satisf Dissatisf Complain Behavior**, v. 3, p. 61 – 70, 1990.

KOTAIT, I. **Manejo de quirópteros em áreas urbanas**: Manual Técnico do Instituto Pasteur. São Paulo: Instituto Pasteur, 2003. 45p.

KRESTER, H.E.; SULIVAN, P. J.; KNUTH, B. A. Housing density as an indicator of spatial patterns of reported human-wildlife interactions in Northern New York. **Landscape and Urban Planning**, v. 84, p. 282 – 292, 2008.

LONGCORE, T; RICH, C. Ecological light pollution. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, n. 4, p. 191-198, 2004.

LESSA, G.; GONÇALVES, P. R.; MORAIS, J. M. M.; COSTA, F. M.; PEREIRA, R. F.; PAGLIA, A. P. Caracterização e monitoramento da fauna de pequenos mamíferos terrestres de um fragmento de mata secundária em Viçosa, Minas Gerais. **Bios**, v.7, n.7, p. 41 - 49, 1999.

LIZÉE, M.H.; MAUFFREY, J.F.; TATONI, T.; DESCHAMPS-COTTIN, M. Monitoring urban environments on basis of biological traits. **Ecological Indicators**, v. 11, p. 353 – 361, 2011.

MAGALHÃES, D. M. **Análise dos espaços verdes remanescentes na mancha urbana conurbada de Belo Horizonte MG apoiada por métricas de paisagem**. 2010. 163 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte. 2010.

MCKINNEY, M.L.. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. **Biological Conservation**, v. 126, p. 410 – 419, 2006.

MITTERMEIER, R. A.; COIMBRA-FILHO, A. F.; CONSTABLE, I. D.; RYLANDS, A. B.; VALLE, C. M. Conservation of primates in the Atlantic Forest of Brazil. **Zoo Yearbook**. v. 22, p. 2 - 27, 1982.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; GILL, P.R.; MITTERMEIER, C. G. Hotspots: **Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. Monterrey, Conservation International and Agrupación Sierra Madre, Cemex, 1999.

MOLLER, A. P. Flight distance of urban birds, predation, and selection for urban life. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 63, p. 63 – 75, 2008.

MORELLATO, L. P. C.; HADDAS, C. F. B. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v.32, p. 786 – 792, 2000.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em análise multicritério. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, n. XII, 2007, Florianópolis. **Anais do XII SBSR**. Florianópolis: INPE, 2007. p. 2899 – 2906.

MOURA, A. C. M.; FREIRE, G. J. M; OLIVEIRA, R. H.; SANTANA, A.; VOLLI, V. L.; PEREIRA, F. M.; SOARES, A. M. E. Geoprocessamento no apoio a políticas do programa Vila Viva em Belo Horizonte – MG: Intervenções em assentamentos urbanos precários. In Congresso Brasileiro de Cartografia, n. XXIII, 2007, Rio de Janeiro. **Anais do XXIII**. CBC. Rio de Janeiro: SBC, 2007b. p. 1544 – 1553.

MOURA, A. C. M.; MOURA, C. A.; SANTANA, S. A.; LANNA, L. S.; AZEVEDO, U. C. S.G.; LOURENÇO, P. M. B. Geoprocessamento nos diagnósticos e prognósticos de áreas de interesse especial na área de influência das linhas de transmissão da CEMIG – estudo de caso da RMBH. In Congresso Brasileiro de Cartografia, n. XXIV, 2010, Aracaju. **Anais do XXIV**. CBC. Aracaju: SBC, 2010. p. 1570 – 1578.

MOURA, A. C. M.; MAGALHÃES, D. M. P.; GIOVANNA, M. Vocações e conflitos de interesse na ocupação do território da região metropolitana de Belo Horizonte – apoio ao plano diretor de desenvolvimento integrado – PDDI. In Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, n. XV, 2011, Curitiba. **Anais do XV SBSR**. Curitiba: INPE, 2011. p. 0690 – 0697.

MOURA, A. C. M.; CECÍLIA, B. S.; PONTES, M. M. Geoprocessamento na requalificação urbana: Evolução e contexto no pensamento urbano e estudo de caso no hipercentro de Belo Horizonte – MG, Brasil. **CONFIBSIG**, Toluca, México. 16 p. 2011b.

MUNIER, N. **A strategy for using multicriteria analysis in decision-making. A guide for simple and complex environmental projects.** ed. Springer, 2011. 298p

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends Ecol. Evol.** v. 10, p. 58 – 62, 1995.

NÓBREGA, R. A. A. **Understanding spatial-criteria decision making: An analytical demonstration of AHP-based MCDM and how it is used in GIS.** In National Consortium for Remote Sensing in Transportation (NCRST) Annual Workshop. Memphis: NCRST/Geosystems Research Institute. 2009.

NÓBREGA, R. A. A. **NCRST/SEPP implementation of MCDM and results of i269 case study.** In National Consortium for Remote Sensing in Transportation Memphis in May Workshop. Memphis: NCRST/Geosystems Research Institute. 2009b.

O'HARA, C.G.; DAVIS, A.A; KLEISS, B.A. A decision support system for prioritizing forested wetland restoration in the Yazoo Backwater Area, Mississippi. **Proceedings of the Water Resources** Investigation Report 00-4199, United States Geological Service, Pearl, MS. 2000.

OLIVEIRA, R.J.; MARQUIS. (Editors). **The Cerrado of Brazil. Ecology and natural history of a neotropical savanna.** New York, Columbia, University Press, p. 69 – 88. 2002.

OPAS, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Salud. Boletín Vigilancia Epidemiológica de la Rabia en las Américas. Rio de Janeiro, **PANAFTOSA.** v.23, 40p. 2001.

OPREA, M.; MENDES, P.; VIEIRA, T. B.; DITCHFIELD. Do wooded streets provide connectivity for bats in na urban landscape? **Biodivers Conserv.** V. 18, p.2361 – 2371. 2009.

PACHECO, S.M.; SODRÉ, M.; GAMA, A.R.; BREDT, A.; CAVALLINI-SANCHES; MARQUES, R. V.; GUIMARÃES, M.M.; BIANCONI, G. Morcegos urbanos: status do conhecimento e plano de ação para a conservação no Brasil. **Chiroptera Neotropical,** v. 16, n.1 p. 630 – 647, 2010.

PICKETT, S.T.A.; CADENASSO, M.L.; GROVE, J.M.; BOONE, C.G.; GROFFMAN, P.M.; IRWIN, E.; KAUSHAL, S.S.; MARSHALL, V.; MCGRAT.H. B.P.; NILON, C.H.; POUYAT, R.V.; SZLAVECZ, K.; TROY, A.; WARREN, P. Urban ecological systems: Scientific foundations and a decade of progress. **Journal of Environmental Management,** v. 92, p. 331 – 362, 2011.

PMBH. PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. **Anuário Estatístico de Belo Horizonte,** 2003.

- POWELL, R. A. Animal home ranges and territories and home range estimators. In: **Research techniques in animal ecology: controversies and consequences**. BOITANI, L. F (eds). New York: Columbia University Press, p. 65 – 110, 2000.
- PRIMACK, R.B. Affect, cognition and urban vegetation: Some effect of adding trees along city streets. **Environment and Behavior**, v. 23, p. 285 - 304, 2004.
- REIS, N.R.; PERACCHI, A.L.; LIMA, I.P. **Morcegos da Bacia do rio Tibagi**. In: MEDRI, M. E., BIANCHINI, E., SHIBATTA, O. A., PIMENTA, J. A. (Eds.). A Bacia do rio Tibagi. Londrina, p. 251-270, 2002.
- REIS, N.R.; PERACCHI, A.L.; PEDRO, W.A.; LIMA, I.P. (Eds.). **Mamíferos do Brasil**. Sema: Universidade Estadual de Londrina, 2006, 437p.
- REIS, N.R.; PERACCHI, A.L.; PEDRO, W.A.; LIMA, I.P. **Morcegos do Brasil**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2007. 256p.
- ROMIJN, P.C.; VAN, D. P.W.H.M.; VAN, D. H. R.; CATTANEIO, C.A.M.; SILVA, R.C.F.; Study of *Lyssaviruses* of bat origin as a source of rabies for other animal species in the State of Rio de Janeiro - Brazil. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 69, p. 69:81-86, 2003.
- RYDELL, J.; RACEY, P. A. Street lamps and the feeding ecology of insectivorous bats. **Zoological Symposium**, 67: 291-307, 1995.
- SAATY, T. L. Método de análise hierárquica. São Paulo: McGraw-Hill, Makron Books, 1991. 367p.
- SADASIVUNI, R.; O'HARA, C.G.; NOBREGA, R.A.A.; DUMAS, J. A transportation corridor case study for multi-criteria decision analysis. **Proceedings of the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Annual Conference**, Baltimore. 2009.
- SANTOS, M. S.; BARCELLOS, C. **Abordagens espaciais na saúde pública**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 139p.
- SCHAUB, A.; OSTWALD, J.; SIEMERS, B. M. Foraging bats avoid noise. **Journal of Experimental Biology**, v. 211, n. 19, p. 3174-3180, 2008.
- SCHNEIDER, M.C.; BELOTTO, A.; ADÉ, M.P.; LEANES, L.F.; CORREA, E.; TAMAYO, H.; MEDINA, G.; RODRIGUES, M.J. Situacion epidemiologica de la rabia humana en America Latina en 2004. **Boletim Epidemiológico- Organização Panamericana de Saúde**, v. 26, p.2 – 4. 2005.

- SIEMERS, B. M.; SCHNITZLER, H. U.; Natterer's bat (*Myotis nattereri* Kuhl, 1818) hawks for prey close to vegetation using echolocation signals of very broad bandwidth. **Behav. Ecol. Sociobiol.** 47, 400-412, 2000.
- SIEMERS, B. M.; SWIFT, S. M. Differences in sensory ecology contribute to resource partitioning in the bats *Myotis bechsteinii* and *Myotis nattereri* (Chiroptera: Vespertilionidae). **Behav. Ecol. Sociobiol.** 59, 373-380, 2006.
- SIMMONS, N. B. The case for Chiropteran Monophy. **American Museum Novitates.** New York, v. 3103, 54p. 2005.
- STICH, B.; HOLLAND, J. H.; NÓBREGA, R. A. A.; O'HARA, C. G. Using multi-criteria decision making to highlight stakeholders' values in the corridor planning process. **The Journal of transport and land use**, v.4 n.3, p. 105 – 118, 2011.
- TABARELLI, M.; PINTO, L. P.; SILVA, J. M. C.; HIROTA, M.; BEDÊ, L. Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic forest. **Conservation Biology**, v. 19, p. 695 – 700, 2005.
- TAVARES, V.; GREGORIN, R.; PERACCHI, A. L. Diversidade de Morcegos no Brasil: Lista atualizada com comentários sobre distribuição e Taxonomia. In: **Morcegos no Brasil: Biologia, sistemática, ecologia e conservação.** Porto Alegre, 2008. 568p.
- UNITED NATIONS. World urbanization prospects: **The 2007 revision highlights.** New York: United nations dept. of economic and social affairs, population division, 2008.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRÍTO SANTO. **Apostila de ArcGis**, Laboratório de Topografia e Cartografia, 159 p. 2009.
- VASCONCELOS, M.F.; PACHECO, J.F.; PARRINI, R. Levantamento e conservação da avifauna na zona urbana de Marabá, Pará, Brasil. **Cotinga**, V. 28, p. 45 - 52, 2007.
- VOGEL, S. Chiropterophilie in der neotropischen Flora. Neue Mitteilungen III, II. Spezieller Teil (Fortsetzung). **Flora**, v.158, p. 289 – 323, 1969.
- VOSS, R. S.; EMMONS, L. H. Mammalian diversity in neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment. **Bulletin of the american museum of natural history**, v. 230, 1996. 115p.
- VOTTO, A.P.; GOMES, Jr. G.; BUGONI, L.; PEREIRA, Jr. J. Sazonalidade da avifauna no campus Carreiros da fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil. **Estudos de Biologia**, v. 28, p. 45 - 55, 2006.

VIZOTTO, L. D.; TADDEI, V. A. Chave para determinação de quirópteros brasileiros. **Revista. Fac. Filos. Ciências e Letras. Boletim Ciências.** São José do Rio Preto, v.1, p. 1 – 72, 1973.

WILSON, D. E.; REEDER, D. M. (Eds.) Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference. **Baltimore: Johns Hopkins University Press**, v.1, 3.ed, 2005. 181p.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge; ZAIDAN, Ricardo Tavares. **Geoprocessamento & Análise Ambiental, Aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand, 2004, 368p.



## ANEXOS

### Anexo I – Exemplo da tabela do banco de dados do Projeto Quirópteros.

O bando de dados foi georreferenciado em sistema de projeção UTM (Universal Transverso de Mercator), SAD 69, fuso 23, Hemisfério Sul. Foram utilizados 2.213 registros de morcegos entre os anos de 2002 a 2011.

| Nº BOLETIM | RUA                    | Nº   | BAIRRO          | ESPÉCIE                      | COORD X   | COORD Y    |
|------------|------------------------|------|-----------------|------------------------------|-----------|------------|
| 006/02     | Francisco Sá           | 1213 | Gutierrez       | <i>Eumops abrasus</i>        | 608968,63 | 7795582,53 |
| 007/02     | dos Aimorés            | 2576 | Funcionários    | <i>Tadarida macrotis</i>     | 610107,94 | 7796385,23 |
| 008/02     | Bernardo Guimarães     | 3080 | Santo Agostinho | <i>Tadarida macrotis</i>     | 609151,43 | 7796495,24 |
| 009/02     | Epídoto                | 223  | Santa Tereza    | <i>Artibeus lituratus</i>    | 613536,65 | 7797174,05 |
| 028/02     | Pintor Augusto Rezende | 346  | Tupi            | <i>Glossophaga soricina</i>  | 613281,62 | 7805724,29 |
| 056/02     | Antuerpia              | 45   | Jardim Europa   | <i>Artibeus lituratus</i>    | 608158,77 | 7810829,39 |
| 067/02     | Garumá                 | 165  | Jaraguá         | <i>Molossus sp</i>           | 609689,47 | 7803791,00 |
| 008/03     | Capixaba do Oeste      | 920  | Padre Eustáquio | <i>Platyrrhinus lineatus</i> | 605385,06 | 7797596,85 |
| 013/03     | Cônsul Robert Levy     | 1145 | São Bento       | <i>Glossophaga soricina</i>  | 609688,26 | 7792210,96 |
| 015/03     | Edna Quintel           | 173  | São Bernardo    | <i>Artibeus lituratus</i>    | 610532,49 | 7805113,94 |
| 024/03     | Couto de Magalhães     | 175  | Paraíso         | <i>Glossophaga soricina</i>  | 614122,60 | 7796689,45 |
| 028/03     | José Lins do Rêgo      | 408  | Tupi            | <i>Glossophaga soricina</i>  | 612676,69 | 7806082,29 |
| 038/03     | São Borja              | 862  | Boa Vista       | <i>Artibeus lituratus</i>    | 614642,07 | 7800315,49 |
| 041/03     | Garumá                 | 165  | Jaraguá         | <i>Platyrrhinus lineatus</i> | 609689,55 | 7803790,96 |
| 050/03     | Hélcio Correa          | 304  | Havaí           | <i>Glossophaga soricina</i>  | 606953,55 | 7793213,24 |
| 059/03     | Contendas              | 255  | Barroca         | <i>Eumops glaucinus</i>      | 607659,81 | 7795890,93 |
| 066/03     | Tamandaré              | 268  | João Pinheiro   | <i>Glossophaga soricina</i>  | 605215,11 | 7795776,19 |

**Anexo II– Exemplo da tabela de endereços georreferenciada e disponibilizada pela PRODABEL.**

A tabela encontra-se em sistema de projeção UTM (Universal Transverso de Mercator), SAD 69, fuso 23, Hemisfério Sul. O número do identificador é formado pelo número do logradouro concatenado ao número do imóvel. A tabela registra 473.110 endereços.

| NOME DO LOGRADOURO | Nº LOGR | Nº IMÓVEL | IDENTIFICADOR | NOME BAIRRO   | COORD X   | COORD Y    |
|--------------------|---------|-----------|---------------|---------------|-----------|------------|
| SANTO ANTONIO      | 61645   | 256       | 6164500256    | de Venda Nova | 609443,38 | 7808326,1  |
| SAO BENEDITO       | 62055   | 117       | 6205500117    | de Venda Nova | 609334,93 | 7808318,99 |
| SANTO ANTONIO      | 61645   | 272       | 6164500272    | de Venda Nova | 609448,6  | 7808310,49 |
| BOA VISTA          | 9730    | 228       | 973000228     | de Venda Nova | 609407,94 | 7808252,45 |
| SANTO ANTONIO      | 61645   | 114       | 6164500114    | de Venda Nova | 609438,73 | 7808365,66 |
| SANTO ANTONIO      | 61645   | 190       | 6164500190    | de Venda Nova | 609455,18 | 7808294,67 |
| SAO BENEDITO       | 62055   | 65        | 6205500065    | de Venda Nova | 609378,89 | 7808345,13 |
| BOA VISTA          | 9730    | 130       | 973000130     | de Venda Nova | 609418    | 7808253,07 |
| SANTO ANTONIO      | 61645   | 200       | 6164500200    | de Venda Nova | 609456,97 | 7808285,26 |
| SANTO ANTONIO      | 61645   | 218       | 6164500218    | de Venda Nova | 609460,59 | 7808275,44 |
| SAO BENEDITO       | 62055   | 123       | 6205500123    | de Venda Nova | 609312,27 | 7808298,39 |
| SAO BENEDITO       | 62055   | 47        | 6205500047    | de Venda Nova | 609412,54 | 7808360,75 |
| SAO BENEDITO       | 62055   | 95        | 6205500095    | de Venda Nova | 609368,87 | 7808340,52 |
| SAO BENEDITO       | 62055   | 103       | 6205500103    | de Venda Nova | 609358,48 | 7808334,91 |
| SAO BENEDITO       | 62055   | 59        | 6205500059    | de Venda Nova | 609388,71 | 7808350,73 |
| SAO BENEDITO       | 62055   | 105       | 6205500105    | de Venda Nova | 609348,85 | 7808329,11 |
| SAO GERALDO        | 83829   | 15        | 8382900015    | de Venda Nova | 609066,51 | 7808899,73 |
| SAO VICENTE        | 63855   | 20        | 6385500020    | de Venda Nova | 608631    | 7808908    |
| VILARINHO          | 109988  | 1521      | 10998801521   | de Venda Nova | 609396,14 | 7808760,62 |
| DOM PEDRO I        | 48337   | 2875      | 4833702875    | de Venda Nova | 609553,22 | 7807778,29 |
| DAS PEDRINHAS      | 52978   | 399       | 5297800399    | de Venda Nova | 609512,44 | 7807798,4  |
| PADRE PEDRO PINTO  | 51657   | 442       | 5165700442    | de Venda Nova | 609579,14 | 7808413,21 |
| SAO GERALDO        | 83829   | 28        | 8382900028    | de Venda Nova | 609086,54 | 7808867,85 |
| DA MATRIZ          | 83803   | 10        | 8380300010    | de Venda Nova | 609383,54 | 7808439,51 |
| PADRE PEDRO PINTO  | 51657   | 457       | 5165700457    | de Venda Nova | 609551,27 | 7808398,34 |
| PADRE PEDRO PINTO  | 51657   | 824       | 5165700824    | de Venda Nova | 609229,31 | 7808648,92 |
| PADRE PEDRO PINTO  | 51657   | 1366      | 5165701366    | de Venda Nova | 608740,79 | 7808895,53 |
| VILARINHO          | 109988  | 3099      | 10998803099   | de Venda Nova | 608152,36 | 7809324,9  |
| CASCALHEIRA        | 13889   | 52        | 1388900052    | de Venda Nova | 609356,56 | 7808634,38 |
| DOM PEDRO I        | 48337   | 2823      | 4833702823    | de Venda Nova | 609514,66 | 7807737,43 |
| ALCIDES LINS       | 1914    | 481       | 191400481     | de Venda Nova | 609212,9  | 7808509,45 |

**Anexo III – Exemplo da tabela Básica do Censo de 2010 utilizada para a construção do mapa de rendimento médio mensal.**

Foi utilizado a V005 (valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes, com e sem rendimento). Os dados são disponibilizados por setor censitário do qual totalizam em Belo Horizonte 4.016 setores.

| ID    | CÓDIGO SETOR    | NOME_BAIRRO                | NM_SUBDISTRITO | V005     |
|-------|-----------------|----------------------------|----------------|----------|
| 978   | 310620005620091 | Boa Viagem                 | CENTRO-SUL     | 3350.19  |
| 9790  | 310620005620092 | Centro                     | CENTRO-SUL     | 2233.41  |
| 9800  | 310620005620093 | Floresta                   | CENTRO-SUL     | 4728.53  |
| 9810  | 310620005620094 | Floresta                   | CENTRO-SUL     | 6013.56  |
| 98200 | 310620005620095 | Floresta                   | CENTRO-SUL     | 3911.7   |
| 98300 | 310620005620096 | Nossa Senhora da Aparecida | CENTRO-SUL     | 906.74   |
| 98400 | 310620005620097 | Nossa Senhora da Aparecida | CENTRO-SUL     | 755.32   |
| 9850  | 310620005620415 | Santo Agostinho            | CENTRO-SUL     | 13063.88 |
| 9860  | 310620005620416 | Santa Lúcia                | CENTRO-SUL     | 8011.87  |
| 9870  | 310620005620417 | Santa Lúcia                | CENTRO-SUL     | 8051.08  |
| 20970 | 310620005620062 | Serra                      | CENTRO-SUL     | 2916.34  |
| 20980 | 310620005620063 | Serra                      | CENTRO-SUL     | 3056.91  |
| 20990 | 310620005620064 | Serra                      | CENTRO-SUL     | 4047.15  |
| 21000 | 310620005620065 | Serra                      | CENTRO-SUL     | 5668.78  |
| 21010 | 310620005620066 | Serra                      | CENTRO-SUL     | 5508.63  |
| 21020 | 310620005620067 | Serra                      | CENTRO-SUL     | 7866.05  |
| 21030 | 310620005620068 | Serra                      | CENTRO-SUL     | 7117.48  |
| 21040 | 310620005620069 | Mangabeiras                | CENTRO-SUL     | 10638.81 |
| 21050 | 310620005620070 | Comiteco                   | CENTRO-SUL     | 8377.14  |
| 21060 | 310620005620071 | Cruzeiro                   | CENTRO-SUL     | 7863.68  |
| 21070 | 310620005620072 | Serra                      | CENTRO-SUL     | 7669.99  |
| 9770  | 310620005620090 | Boa Viagem                 | CENTRO-SUL     | 3692.99  |
| 9880  | 310620005620418 | Vila Paris                 | CENTRO-SUL     | 5092.13  |
| 9890  | 310620005620419 | Santo Agostinho            | CENTRO-SUL     | 8999.92  |
| 9900  | 310620005620420 | Santo Agostinho            | CENTRO-SUL     | 7530.2   |
| 9910  | 310620005620421 | Belvedere                  | CENTRO-SUL     | 51720.43 |
| 9920  | 310620005620422 | Belvedere                  | CENTRO-SUL     | 4351.36  |
| 9930  | 310620005630005 | Esplanada                  | LESTE          | 2330.96  |

## Anexo IV – Matrizes utilizadas para construção do mapa de probabilidade de ocorrência de morcegos

A Tabela 1 apresenta os valores de subtração de cada par de variável utilizada, calculada a partir dos maiores valores da % do padrão combinado de cada variável.

Tabela 1 – Matriz de subtração

| <b>MATRIZ DE SUBTRAÇÃO</b>       | Rendimento médio mensal | Densidade demográfica | Cobertura vegetal e uso da terra | Densidade vias | Altura edificações | Potência lâmpadas | Tipo lâmpada | Mapa hipsométrico |
|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------|--------------------|-------------------|--------------|-------------------|
| Rendimento médio mensal          | 0                       | 0,0829488             | 2,6269469                        | 6,55           | 9,0114847          | 12,51             | 15,2         | 15,7              |
| Densidade demográfica            | -0,0829                 | 0                     | 2,5439981                        | 6,47           | 8,9285359          | 12,43             | 15,1         | 15,6              |
| Cobertura vegetal e uso da terra | -2,6269                 | -2,5439981            | 0                                | 3,93           | 6,3845378          | 9,884             | 12,5         | 13,1              |
| Densidade vias                   | -6,5534                 | -6,470428             | -3,92643                         | 0              | 2,4581078          | 5,957             | 8,62         | 9,13              |
| Altura edificações               | -9,0115                 | -8,9285359            | -6,3845378                       | -2,46          | 0                  | 3,499             | 6,16         | 6,67              |
| Potência lâmpadas                | -12,511                 | -12,427879            | -9,8838807                       | -5,96          | -                  | 0                 | 2,66         | 3,18              |
| Tipo lâmpada                     | -15,174                 | -15,09071             | -12,546712                       | -8,62          | -6,162174          | -2,66             | 0            | 0,51              |
| Mapa hipsométrico                | -15,686                 | -15,603277            | -13,059279                       | -9,13          | -                  | -3,18             | -0,51        | 0                 |

A Tabela 2 apresenta os valores AHP. Os valores foram calculados com base na matriz de subtração e nos valores de intensidade de importância AHP, apresentados na fundamentação teórica do trabalho.

Tabela 2 – Matriz com valores AHP

| <b>MATRIZ VALORES AHP</b>        | Rendimento médio mensal | Densidade demográfica | Cobertura vegetal e uso da terra | Densidade vias  | Altura edificações | Potência lâmpadas | Tipo lâmpada | Mapa hipsométrico |
|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------|--------------------|-------------------|--------------|-------------------|
| Rendimento médio mensal          | 1                       | 1                     | 1                                | 3               | 4                  | 6                 | 7            | 7                 |
| Densidade demográfica            | 1                       | 1                     | 1                                | 3               | 4                  | 6                 | 7            | 7                 |
| Cobertura vegetal e uso da terra | 1                       | 1                     | 1                                | 2               | 3                  | 4                 | 6            | 6                 |
| Densidade vias                   | 0,333333                | 0,333333              | 0,5                              | 1               | 1                  | 3                 | 4            | 4                 |
| Altura edificações               | 0,25                    | 0,25                  | 0,333333                         | 1               | 1                  | 2                 | 4            | 4                 |
| Potência lâmpadas                | 0,166667                | 0,166667              | 0,25                             | 0,333333        | 0,5                | 1                 | 1            | 1                 |
| Tipo lâmpada                     | 0,142857                | 0,142857              | 0,166667                         | 0,25            | 0,25               | 1                 | 1            | 1                 |
| Mapa hipsométrico                | 0,142857                | 0,142857              | 0,166667                         | 0,25            | 0,25               | 1                 | 1            | 1                 |
| <b>Soma</b>                      | <b>4,035714</b>         | <b>4,035714</b>       | <b>4,416667</b>                  | <b>10,83333</b> | <b>14</b>          | <b>24</b>         | <b>31</b>    | <b>31</b>         |

A Tabela 3 apresenta os valores das colunas normalizadas. Os valores são baseados nos valores da matriz com valores AHP normalizados.

Tabela 3 – Matriz com colunas normalizadas

| <b>MATRIZ DE SUBTRAÇÃO</b>       | Rendimento médio mensal | Densidade demográfica | Cobertura vegetal e uso da terra | Densidade vias | Altura edificações | Potência lâmpadas | Tipo lâmpada | Mapa hipsométrico |
|----------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------|--------------------|-------------------|--------------|-------------------|
| Rendimento médio mensal          | 0,247788                | 0,247788              | 0,226415                         | 0,276923       | 0,285714           | 0,25              | 0,225806     | 0,225806          |
| Densidade demográfica            | 0,247788                | 0,247788              | 0,226415                         | 0,276923       | 0,285714           | 0,25              | 0,225806     | 0,225806          |
| Cobertura vegetal e uso da terra | 0,247788                | 0,247788              | 0,226415                         | 0,184615       | 0,214286           | 0,166667          | 0,193548     | 0,193548          |
| Densidade vias                   | 0,082596                | 0,082596              | 0,113208                         | 0,092308       | 0,071429           | 0,125             | 0,129032     | 0,129032          |
| Altura edificações               | 0,061947                | 0,061947              | 0,075472                         | 0,092308       | 0,071429           | 0,083333          | 0,129032     | 0,129032          |
| Potência lâmpadas                | 0,041298                | 0,041298              | 0,056604                         | 0,030769       | 0,035714           | 0,041667          | 0,032258     | 0,032258          |
| Tipo lâmpada                     | 0,035398                | 0,035398              | 0,037736                         | 0,023077       | 0,017857           | 0,041667          | 0,032258     | 0,032258          |
| Mapa hipsométrico                | 0,035398                | 0,035398              | 0,037736                         | 0,023077       | 0,017857           | 0,041667          | 0,032258     | 0,032258          |

A Tabela 4 apresenta os valores com os pesos finais. Os valores contidos na coluna, *soma das linhas* são resultantes da soma das linhas da matriz com colunas normalizadas. Os valores dos pesos finais são gerados dividindo-se a soma das linhas pelo número de variáveis.

Tabela 4 – Pesos finais de cada variável utilizada para construção do mapa de probabilidade de ocorrência em morcegos.

| Variáveis utilizadas             | Soma das linhas | Pesos finais |
|----------------------------------|-----------------|--------------|
| Rendimento médio mensal          | 1,986241        | 25           |
| Densidade demográfica            | 1,986241        | 25           |
| Cobertura vegetal e uso da terra | 1,674655        | 21           |
| Densidade vias                   | 0,8252          | 10           |
| Altura edificações               | 0,7045          | 9            |
| Potência lâmpadas                | 0,311866        | 4            |
| Tipo lâmpada                     | 0,255649        | 3            |
| Mapa hipsométrico                | 0,255649        | 3            |

## **Anexo V – Proposta de colaboração internacional sobre ecologia urbana.**

### **Project Narrative**

#### ***Title:***

Developing a spatially-explicit integrated framework for study and decision analysis of bat populations and zoonotic diseases in an urban landscape of Brazil

#### ***Vision:***

Traditional wildlife conservation focuses on management of ecosystems, communities and populations. However, there is a growing awareness of the increasing threats presented to humans by emerging infectious diseases (EIDs), with the majority of human EIDs being zoonotic, meaning they originate primarily from wildlife reservoirs (Woolhouse et al. 2005). Emerging diseases have a huge impact on human societies across the world, affecting both current and future generations. Changes in human living patterns, along with environmental and climate changes, pose unprecedented challenges to the global health of people, animals and ecosystems (Sachs et al. 2009). Ecosystem health correlates with human health, but the precise relationships remain poorly understood. Understanding and responding to the ecological, social and economic conditions facilitating disease emergence and transmission represent one of the major challenges for humankind today.

Human encroachment into wildlife areas is significantly increasing the possibility of EIDs (Jones et al. 2008). Many viral EIDs have emerged from wildlife, and an important implication of this is that the most effective place to address such zoonotic threats is at the wildlife–human interactions at the urban interface. In this multifaceted context, bats offer a critically important focus for study at the human– wildlife interface. Bats are an important reservoir and vector for spread of EIDs (Warrell and Warrell 2004). Bats perform major ecological functions such as plant pollinators and seed dispersing agents. They may also regulate insect populations with some bat species recognized as ‘keystone species’ (Kunz et al. 2011). Nonetheless bats are associated with zoonotic diseases of potentially great global public health impact, including rabies, severe acute respiratory syndrome (SARS), Ebola and Marburg viruses (Towner et al. 2009). Bats frequently live in close proximity to humans, often in large numbers. They often interact with livestock and other domestic animals that are potential intermediate hosts, thus effectively expanding the wildlife–human interface. These interactions are shaped by environmental and socio-economic drivers at multiple scales, yet these processes and interrelationships are poorly characterized and understood. Bats epitomize the growing challenges we face understanding human–wildlife–disease interactions, and thus offer a valuable model for building a new, holistic, policy-engaged paradigm to address these, now and in the future (Sachs et al. 2009).

In Brazil and other tropical regions of the world little information exists concerning the ecology of bats in urban areas. Most of the available information is limited to basic inventories (Pacheco et al. 2010). Urban environments meet the resource needs of insectivorous bats given the abundance of insects attracted to artificial light and shelters in buildings. Also, Neotropical frugivorous bats utilize abundant fruit resources provided by trees planted as ornamentals in homes and streets or in urban green spaces such as city parks and urban forests (Reis et al. 2010).

The 'Projeto Quirópteros' ('Bats Project') project was initiated in 2002 by the Center for Zoonotic Diseases of the municipal government of the city of Belo Horizonte, located in the state of Minas Gerais, Brazil. The project has collected yearly data on bat species in urban environments and tested every bat collected for rabies. Each bat collected has been geo-referenced and mapped using spatial databases available for the city of Belo Horizonte.

Brazil like many developing countries does not suffer from a lack of data, but a lack of decision making tools to exploit the data. Critically needed for a comprehensive long-term risk management of bat derived diseases is an approach that incorporates interdisciplinary perspectives linked to policy decisions on public health, land use and conservation.

Much of the data are maintained by a number of different municipal government agencies, universities and non-governmental organizations. Therefore, more than 10 years of bat and rabies data exist, but not in a format that can be used in a cohesive analysis to examine the dynamics of urban bat populations and their associated pathogens in the ecosystem. This project proposes to develop a spatially-explicit information system that will integrate existing data from bats and their associated pathogens in an urban ecosystem and integrate these data into a compatible form. An integrated computerized information system incorporating standardized definitions, standardized data fields, regular reporting, and routine output generation with access capability will serve urban planners and decision makers in Brazil and other parts of the world.

The proposed project will develop an integrated database framework for spatial analysis (utilizing existing land cover and land use data) of bat distribution, bat-habitat relationships, influence of heat islands and urban lighting on bat landscape use, and recorded occurrences of rabies in the metropolitan landscape of Belo Horizonte during 2002 to present. This database contains tens of thousands of records and this permits us to retrospectively test models, which will be developed using some of the data available. Thus, these validated predictive models will allow the development of future

scenarios on distribution of urban bats and EIDs and inform public policy actions, environmental management and health in the city of Belo Horizonte and other urban areas of Brazil. This project will illustrate the value of data standardization and integration for human and environmental health in the urban ecosystem.

***Participating Organizations:***

The participating organizations for this project include one U.S., one U.K. and two Brazilian universities. These include: Mississippi State University (U.S.); University of Salford, Manchester (UK); Universidade Federal de Minas Gerais (Brazil) and UNIFEMM-Centro Universitario Sete Lagoas (Brazil).

Mississippi State University will be the lead institution and the project will be based in the Department of Wildlife, Fisheries and Aquaculture in the College of Forest Resources. The college and department are nationally and internationally known for applied research in conservation and management of natural resources. Moreover, the Geosystems Research Institute at Mississippi State University is active in scientific research dedicated to the application of spatial technologies for agricultural, engineering, and environmental conservation and management.

The University of Salford Manchester will be the U.K. participating institution. The academic unit will be the School of Environment and Life Sciences. The co-investigator based in this academic 4 department has an extensive and ongoing (since 2001) research program concerning urban wildlife in Brazil. Uniquely this department brings together wildlife biologists, disease epidemiologists and geographers in one academic school. This fosters a strong interdisciplinary and multidisciplinary approach to research, which often results in novel solutions to the problems that modern society faces in relation to wildlife.

The Universidade Federal de Minas Gerais will be one of two participating organizations from Brazil. The academic unit will be the Institute of Geosciences, where the co-investigator conducts research and extension projects in Geographic Information Systems and geographic modeling. The academic department of the co-investigator will participate in developing predictive models and future scenarios on spatial distribution of urban bats. The co-investigator also has a long-term relationship with the Geosystems Research Institute at Mississippi State University.

UNIFEMM – Centro Universitario de Sete Lagoas will be the other participating organization from Brazil. The academic unit will be the post-graduate program of the University. The co-investigator has an extensive and ongoing experience in urban ecology and development of databases from information collected by government agencies in Brazil. The co-investigator also has a long-term relationship with the co-



investigators at the School of Environment and Life Sciences of University of Salford Manchester and Universidade Federal de Minas Gerais.

The four co-investigators share a history of collaboration at various levels. The team has been coordinating and communicating weekly for the last 4-6 weeks regarding the proposed project. Communication has been conducted primarily via email and Skype conference calls. The collaborating investigators will ensure equal participation in the project through exchanges of students and project personnel, monthly updates on research progress, development and execution of training events and workshops, and communication (email and Skype) as frequently as needed. All of the co-investigators and their associated teams of students and professionals will contribute to the various components of this 5 project, namely; data and database development, spatial technologies development and analysis, and expertise in bat ecology and infectious diseases management.

***Project Management:***

Mississippi State will be the lead institution for the project. The project will be managed in the Department of Wildlife, Fisheries and Aquaculture and the Forest and Wildlife Research Center. The Forest and Wildlife Research Center is the research arm of the College of Forest Resources. Administrative personnel in the Forest and Wildlife Research Center are fully familiar with and will comply with all terms and conditions of the U.S. State Department for research awards.

***Literature Cited***

- Adelman, L. 1992. Evaluating decisions support and expert systems. John Wiley & Sons, Inc. New York NY. 232p.
- Jones, K.E., N.G. Patel, M.A. Levy, A. Storeygard, D. Balk, J.L. Gittleman, and P. Daszak. 2008 Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 451: 990–993.
- Kunz, T. H., E. Braun deTorrez, D. Bauer, T. Lobova, and T.H. Fleming. 2011 Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223: 1–38.
- LeSage, J. P. 2000. Bayesian estimation of limited dependent variable spatial autoregressive models. *Geographical Analysis* 32(1): 19-35.
- Pinto, J.L. C., R.A.A. Nobrega, C.P. Teixeira, and R. Young. 2014. A geospatial framework for supporting spatial analysis in urban ecology. *Proceedings of 2014 ASPRS Annual Conference*. Bethesda, Maryland, USA.

Reis, N. R., A. L. Peracchi, and G. A. S. D. Santos. 2008. *Ecologia de morcegos*. Londrina Technical Books, Londrina, PR, Brazil.

Sachs, J. D. et al. 2009 Biodiversity conservation and the millennium development goals. *Science* 325: 1502–1503, 2010.

Shortliffe, E.H., L. M. Fagan, G. Wiederhold, and L.E. Perreault. 2001. *Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine*. Springer Verlag. 854pp.

Towner, J. S. et al. 2009 Isolation of genetically diverse Marburg viruses from Egyptian fruit bats. *PLoS Pathogen* 5, e1000536.

Warrell, M. J., and D. A. Warrell. 2004. Rabies and other lyssavirus diseases. *Lancet* 363: 959–969.

Woolhouse, M. E., D. T. Haydon, and R. Antia. 2005. Emerging pathogens: the epidemiology and evolution of species jumps. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 238–244.

## **A geospatial framework for supporting spatial analysis in urban ecology**

**Jorge L. C. Pinto**

**Rodrigo A. A. Nóbrega**

**Institute of Geosciences, Federal University of Minas Gerais**

Belo Horizonte, Minas Gerais, CEP 31270-901, BRAZIL

[jorge.lcp@hotmail.com](mailto:jorge.lcp@hotmail.com)

[raanobrega@ufmg.br](mailto:raanobrega@ufmg.br)

**Camila P. Teixeira**

**UNIFEMM – Fundacao Educacional Monsenhor Messias**

Sete Lagoas, Minas Gerais, CEP 31630-900, BRAZIL

[teixeiracamila@hotmail.com](mailto:teixeiracamila@hotmail.com)

**Robert Young**

**School of Environment and Life Sciences, University of Salford**

Peel Building, Salford, United Kingdom, M5 W4T

[r.j.young@salford.ac.uk](mailto:r.j.young@salford.ac.uk)

### **ABSTRACT**

Urban development severely transforms the natural landscape and its ecological functions. It fragments and impairs the animal habitat, modifies hydrological systems, alter energy flows as well as the patterns of illumination, temperature and nutrient cycling, therefore simplifying and homogenizing species composition. The ordinary environmental analysis applied for urban areas considers land-use, land-cover (LULC) and the spatial interactions between adjacent geographic features. If in one hand the traditional urban LULC change models successfully compute scenarios based on average characteristics of the population, demography and economic interactions as a whole, on the other hand they fail to capture the fine-scale interactions between the many agents and drivers of LULC change. The complex interactions between the patterns of built and natural landscapes in urbanizing regions are actually not well understood. In this sense, one of the key challenges in modeling the relationships between human and natural processes is in representing the human and biophysical agents at a level of disaggregation that allows exploration of the mechanisms linking patterns to processes.

In an effort to provide researchers a spatial reference for investigations and planning, this work addresses a geospatial framework for urban ecology geospatial analysis. The study is developed in Belo Horizonte city, Brazil. The city was planned and constructed in late 1890s, and today the population is up to 2.4M inhabitants. The rapid anthropic interactions in the landscape in the last decades accelerated the urban growth. New settlements now expanded the urban area to the fringes of the city, eliminating the amortization zone between the city and the forest/mountains.

In order to better investigate urban ecology in Belo Horizonte, the authors developed a comprehensive geospatial database that consider, other than a land-cover map, also maps derived from urban-habitat that interfere in wild life. The dataset includes maps for public street illumination, temperature surfaces and heat islands, green corridors, digital surface model, vehicle traffic flow and noise propagation surface. The framework is been applied to investigate the behavior of chiropters (bat) and other urban wild life.

**Keywords:** Urban ecology, geospatial analysis, land-cover, connectivity, accessibility