
UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS COM MODELO DE ELEVAÇÃO DIGITAL PARA CÁLCULO DA ÁREA DE MORDEDURAS DE MORCEGOS HEMATÓFAGOS NO MUNICÍPIO DE JUIZ DE FORA - MG

LUCIANO CARLOS HERINGER P. PUGA¹
PAULO RICARDO C. CAIXETA²
SAMUEL RICARDO CARVALHO CARNEIRO²
FELIPE FERNANDES DA COSTA²
LEANES CRUZ DA SILVA¹

Universidade Federal de Viçosa - UFV
Departamento de Veterinária¹, Viçosa, MG
Departamento de Engenharia Civil², Viçosa, MG
{lucianopuga, leanes2006@yahoo.com.br}, {paulo.caixeta, felipe.fernandes samuel.carneiro@ufv.br}

RESUMO - Juiz de Fora é um município da Zona da Mata mineira com vários abrigos diurnos de morcegos cadastrados e é considerada endêmica para raiva. A raiva é uma doença que afeta diversos animais de sangue quente, causando a morte, e é transmitida por meio da mordedura de morcegos hematófagos. A identificação dos abrigos de morcegos e a criação de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) com base nas propriedades rurais com bovinos, curvas de nível e hidrografia pode ser um importante aliado no controle da raiva e da incidência de mordeduras de morcegos hematófagos. Nem sempre as menores distâncias lineares entre os abrigos de morcegos e as propriedades podem ser índice de maior ocorrência de mordeduras desses animais, pois as diferenças de altitude e a geomorfologia podem facilitar ou dificultar o trajeto desses animais até às suas fontes de alimento. A construção de ferramentas de rotina em softwares próprios para fazer a análise espacial das áreas de abrangência de mordeduras de morcegos hematófagos pode gerar modelos efetivos para o combate da raiva em regiões endêmicas.

ABSTRACT – Juiz de Fora is a city in the Zona da Mata of Minas Gerais with several registered day roosts of bats and is considered endemic for rabies. Rabies is a disease that affects several warm-blooded animals, causing death, and is transmitted through the bite of vampire bats. Identification of shelters of bats and the creation of a Geographic Information System (GIS) based on farms with cattle, contours and hydrography may be an important ally in controlling of rabies and the incidence of bites of vampire bats. Not always the smallest linear distances between shelters of bats and the farms may suggest a higher incidence of bites of these animals, because the differences in altitude and geomorphology can facilitate or hinder the path of these animals to their food sources. The construction of software GIS tools to make the spatial analysis of the areas covered by bites of vampire bats can generate effective models to combat rabies in endemic regions.

1 INTRODUÇÃO

Juiz de Fora é um município da Zona da Mata Mineira, com 1.400 Km² de área, 957 propriedades rurais cadastradas e um rebanho bovino de aproximadamente 40.000 animais (IMA, 2011a). O rebanho bovino da região é predominantemente leiteiro e/ou misto, com bezerros destinados a corte ou reprodução. A ocorrência de raiva é endêmica, isto é, há vários casos esperados de raiva durante o ano, e ocorreram 14 animais confirmados positivos durante o ano de 2010 e 4 animais positivos de janeiro a julho de 2011 na região (IMA, 2011b). O município apresenta poucas áreas com topografia plana, o relevo é acidentado e com vasta rede hidrográfica, típico da região da Zona da Mata.

A raiva é uma doença infecciosa não contagiosa, de etiologia viral, que acomete animais de sangue quente, inclusive o homem, transmitida por animais infectados aos sadios por meio do contato da saliva com ferida recente,

cujo curso pode durar de dez dias a um ano, com sintomatologia nervosa e que quase sempre culmina com a morte do indivíduo afetado. Causa diversos prejuízos econômicos, decorrentes da perda de animais, vacinação e tratamento pré/pós-exposição de pessoas que estejam sujeitas à infecção (Brasil, 2009; OIE, 2004).

Quirópteros e mamíferos carnívoros são importantes reservatórios silvestres do vírus da raiva, no entanto, há características adaptativas que diferenciam a raiva de morcegos da raiva que ocorre em carnívoros. O hábito hematófago de vertebrados é conhecido em apenas três espécies de morcegos na América Latina, que são: *Desmodus rotundus*, *Diaemus youngi* e *Diphylla ecaudata*. O *D. rotundus* é o hematófago de maior importância social e econômica pela sua vasta distribuição no território brasileiro e por se alimentarem de sangue de diversas espécies de animais. Relatos de morcegos com raiva e raiva transmitida por morcegos tem sido relatada há várias décadas em vários países do mundo (Campos, 2011).

Os morcegos hematófagos, da espécie *Desmodus rotundus*, possuem como abrigos característicos os locais desabitados, escuros, e com umidade relativa alta. Podem coabitar com outras espécies de quirópteros e animais não predadores, e são potenciais reservatórios de vírus da raiva e transmissores dessa doença aos herbívoros domésticos e animais silvestres, por meio da mordedura e saliva contaminada com o vírus (OIE, 2004).

A Instrução Normativa 05/2002, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA – diz que o atendimento aos casos de suspeita de raiva deve ser feito no máximo até 24 horas após a notificação ao serviço de defesa sanitária, com coleta de material para diagnóstico. As propriedades confirmadas positivas para raiva devem ser monitoradas por até 90 dias após a ocorrência do último animal doente, bem como todas as outras propriedades da área periférica, em um raio de até 12Km, para controle da doença (Brasil, 2002; 2009).

Como descrito por Greenall et al (1983), esses morcegos tem a capacidade de forragear por até 20 Km de seus abrigos, tendo conhecimento de uma vasta área para forragear. Morcegos marcados com fluorescência e soltos de 12 a 120 km de seus abrigos tiveram a capacidade de voltar aos mesmos de 2 horas a até 2 noites, de acordo com a distância de soltura.

Os morcegos hematófagos possuem pouca reserva de carboidratos, com baixa resistência ao jejum (permanecem vivos por no máximo 60 horas sem se alimentarem), e estudos ecológicos indicam que pelo menos 93% da população de morcegos ativos sai toda noite para se alimentar (Di Tosto et al., 2006). Isso ocorre devido à ausência de células β pancreáticas, que secretam insulina e atua na transformação da glicose em glicogênio que fica armazenado nos tecidos (Gomes, 2008). Assim, acredita-se que os vôos noturnos para forrageamento e alimentação devem ser curtos, pois os animais encontram-se em jejum já por aproximadamente 24 horas, em contraste com as informações repassadas por Greenall et al (1983). Nesse caso, acreditamos que a distância percorrida para alimentação e possível transmissão da raiva por meio da saliva de morcegos infectados a animais saudáveis pode ser reduzida a distâncias bem inferiores às previstas na IN 05/2002 do MAPA e pelo estudo desses pesquisadores acima relacionados. Além disso, como já falado anteriormente, o relevo de Juiz de Fora é bastante acidentado, e também acredita-se que os morcegos ao saírem de seus abrigos diurnos para forrageamento, podem sentir muita fadiga, câimbras e fome/carência de energia para romper longas distâncias e altitude superior logo de início.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), além de outras finalidades, podem fornecer dados importantes para o controle de doenças que afetam a produção pecuária, reduzindo assim os prejuízos. Correia et al. (2007) citam que os sistemas de informações geográficas possibilitam integrar informações ambientais que podem auxiliar na prevenção e controle de enfermidades. Por meio de um SIG, é possível visualizar as áreas de ocorrência de um determinado evento, como no caso da raiva, as áreas periféricas e todos os locais susceptíveis, fornecendo dados que podem então minimizar os prejuízos, seja: pelo direcionamento de ações governamentais de profilaxia; controle da população de morcegos transmissores; educação da população na área afetada; proporcionaram efetivo controle sanitário nessas áreas de estudo. Com o uso e aprimoramento de modelos digitais de elevação para as áreas de risco para raiva, é relativamente fácil prever os possíveis locais de vôo dos morcegos, evitando assim os aclives acentuados iniciais e grandes distâncias sem que haja grande dispêndio de energia por estes animais.

O objetivo principal do presente trabalho é criar um modelo de análise espacial com a visualização em mapa, gerados a partir de uma imagem Aster (NASA, 2011) que represente a topografia do terreno e tenha como base inicial a localização dos abrigos de morcegos e das propriedades rurais no município de Juiz de Fora, para mapear as possíveis áreas que seriam alvos de mordeduras de morcegos hematófagos. Como objetivos específicos: maior controle da área de abrangência de morcegos e diminuição da incidência de raiva; extrapolação das informações e modelagem para outras áreas do território mineiro ou de outros estados, cuja geomorfologia é semelhante; proporcionar maiores informações técnicas e motivar novos estudos a respeito da ecologia dos morcegos.

1.1 Conceitos utilizados

Para o entendimento dos procedimentos empregados na elaboração deste trabalho, faz-se necessária a definição de alguns termos que serão fundamentais para o entendimento dos mesmos. Segue abaixo uma lista dos principais termos envolvidos e exemplos, como o visto na Figura 1, diferenciando os modelos raster e vetorial.

Formato Matricial (raster): Grade de células (pixels) quadrangulares de mesmo tamanho, arranjadas em linhas e colunas, cada uma representando um valor, dispostas em um plano cartesiano. Melhor para análises espaciais com sobreposição de camadas, representação de dados contínuos.

Formato Vetorial (shapefile): Os objetos espaciais são representados de maneira a definir fronteiras, que por sua vez definem limites entre estes objetos e seu entorno. São formadas por nós e vértices dispostos em um plano cartesiano. Representa melhor a localização, é melhor para análises topológicas e possui melhor saída gráfica, com menor uso de recursos computacionais.

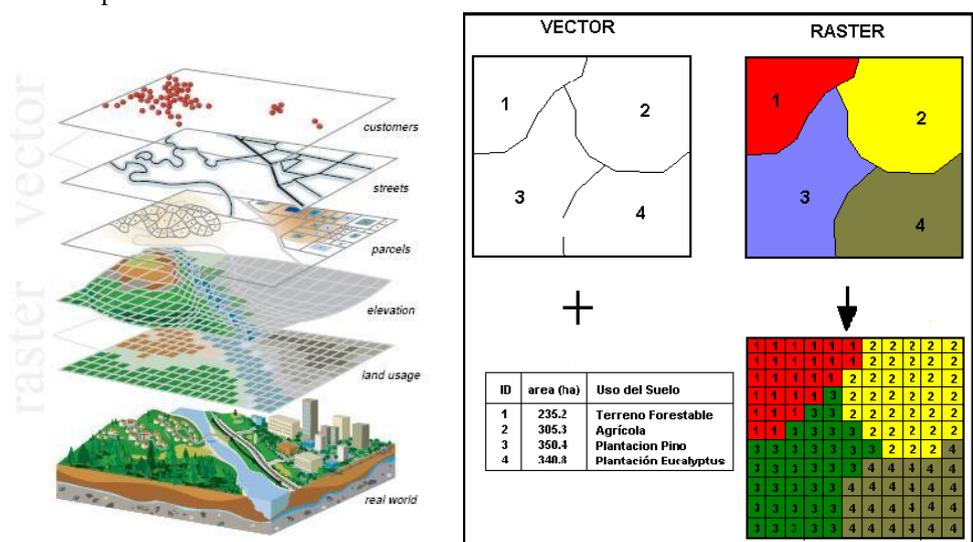


Figura 1. Representação gráfica dos dados matricial e vetorial.

Modelo Digital de Elevação (MDE): São imagens rasters que representam a variância na elevação de um terreno. Cada pixel representa um valor de altitude e pode ser representado por uma gradação de cores.

A partir do modelo digital de elevação é possível gerar vários outros produtos, como: mapas de declividade, de aspecto, de sombras, de visibilidade, geração de contornos, entre outros (Figura 2). Na análise hidrológica é possível gerar mapas de direção de fluxo e fluxo acumulado de vazão, para definição automática de drenagens e bacias de captação, assim como definir áreas onde a água ficará represada durante as chuvas.

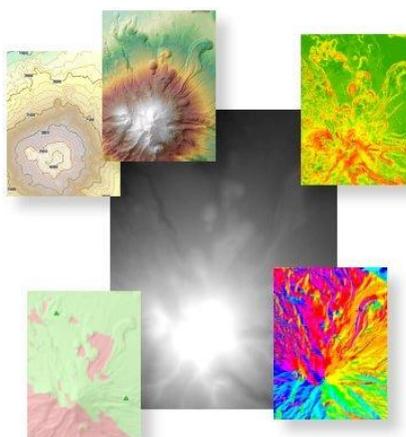


Figura 2. Exemplos visuais de diversas aplicações de modelos digitais de elevação.

Análise Espacial: É o processamento de dados espaciais gerando novas informações acerca da área em estudo e que serve de apoio à tomada de decisões. A qualidade das decisões tomadas depende da qualidade dos dados inseridos no modelo espacial utilizado na análise. Um modelo espacial é uma metodologia ou uma série de procedimentos que simulam condições do mundo-real usando as relações espaciais entre as feições geográficas.

Modelamento de Processos no ModelBuilder: Modelbuilder é uma ferramenta do ArcGIS® para criação de rotinas com a finalidade de obter resultados que podem ser reproduzidos e trabalhados dentro de um projeto de SIG. Serve, portanto, para criar um modelo de diagramas de fluxos de processamento sequencial de dados, de forma a ligar diferentes ferramentas e assim derivar dados de saída desejados a partir dos dados de entrada preexistentes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A fundamentação teórico-metodológica do trabalho baseia-se na limitação biológica de morcegos hematófagos em transpor áreas que apresentam grandes variações altimétricas e cujo raio de ataque às propriedades fosse de até 12 quilômetros, conforme recomendações da IN 05/2002 do MAPA. Porém, com a finalidade de se reduzir o tempo de análise e melhor ilustrar as funcionalidades do modelo, foi utilizada uma área de apenas 5 quilômetros ao redor dos abrigos. A diferença na elevação máxima alcançada pelos morcegos, utilizada como parâmetro do modelo, foi de 40 metros.

Para a realização dos estudos foram utilizadas as seguintes informações básicas e ferramentas:

- modelo digital de elevação (MDE) Aster, com células de 900 metros quadrados e obtido junto ao portal da NASA (NASA, 2011);
- datum WGS84 – Zona 23S e sistema de projeção UTM como padrão para lançamento dos shapex e feições;
- propriedades rurais cadastradas no IMA – Instituto Mineiro de Agropecuária, por meio de pontos georreferenciados e lançados no software Sidagro (Sistema de Defesa Agropecuária; IMA, 2011A), cuja tabela de dados foi obtida por download em junho do ano corrente;
- tabela com 21 abrigos diurnos de morcegos hematófagos que foi acrescentada à geobase;
- ArcGis® versão 10.0: software de geoprocessamento da ESRI;
- extensão Spatial Analyst: módulo de Análise Espacial do ArcInfo que disponibiliza funcionalidades orientadas à modelagem baseadas em arquivos rasters;
- Extensão 3D Analyst: módulo de representação 3D de dados geográficos do ArcInfo.

A seguir serão descritos os procedimentos utilizados no desenvolvimento da modelagem para identificação das possíveis áreas de ataque dos morcegos hematófagos.

Após espacialização e conversão em arquivo do tipo vetorial no formato shapefile, os dados de localização dos abrigos de morcegos foram utilizados para identificação de suas respectivas cotas, por meio de sobreposição ao MDE. De posse dos pontos de abrigos cotados, acrescentou-se uma constante de 40 metros na altitude como delimitação da cota máxima de influência de cada abrigo.

Conhecendo-se a cota máxima de influência de cada abrigo, torna-se possível a seleção das células, no MDE, que sejam localizadas em altitude inferior a essa, através da seleção das áreas formadas pela função cut fill disponível no software ArcGIS®, que calcula o volume entre duas superfícies. As superfícies utilizadas foram o MDE Aster e uma superfície cotada com a distância perifocal gerada com a ferramenta buffer, que seleciona áreas em um raio especificado (igual a 5 km em relação à localização dos abrigos). Do arquivo com os volumes calculados, foram selecionadas as áreas com valores inferiores a zero, que representam as áreas abaixo da cota máxima de influência de cada abrigo e limitadas a seu respectivo buffer.

Por fim, foram selecionadas apenas as regiões ligadas diretamente ao abrigo, sem barreiras geográficas.

Para o trabalho, foi implementada uma ferramenta (BatModel) (Figura 3), no ambiente do Modelbuilder, disponível no o software ArcGIS® versão 10.0 (Service Pack 2), instalado nos computadores da Sala 09 do Departamento de Engenharia Florestal da UFV.

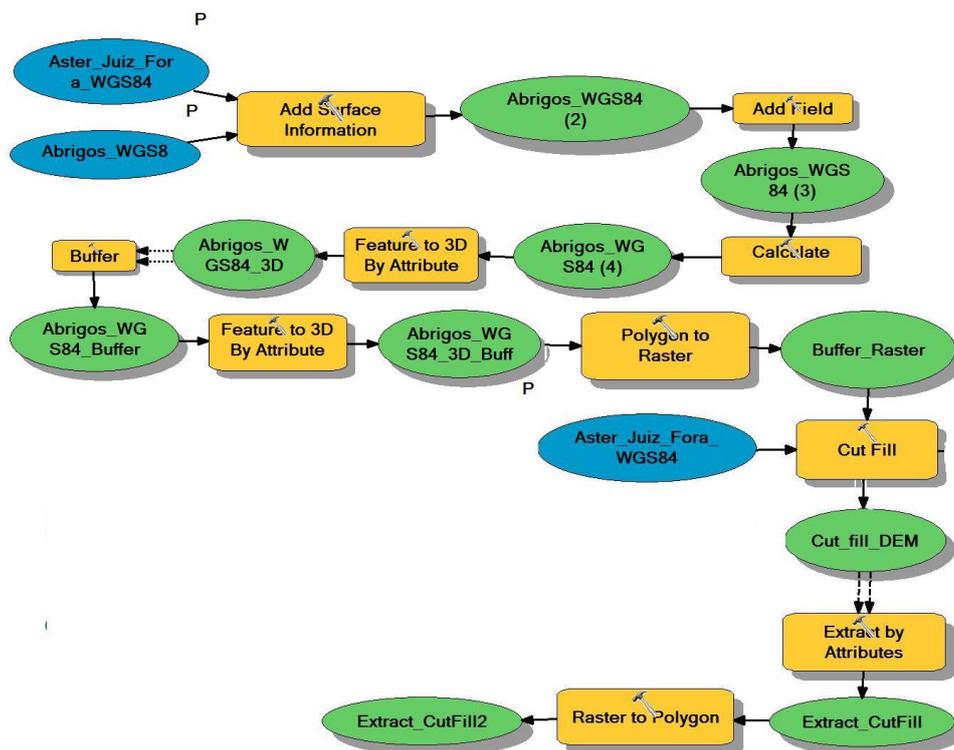


Figura 3. Construção esquemática do Modelbuilder (rotina), aqui denominado “BatModel”.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O procedimento resultante da utilização do BatModel identificou todas as regiões localizadas sob as cotas máximas de alcance dos morcegos hematófagos e limitados à distância perifocal de 5 Km definida em relação aos abrigos já cadastrados pelo IMA, o que pode ser visualizado na Figura 4.

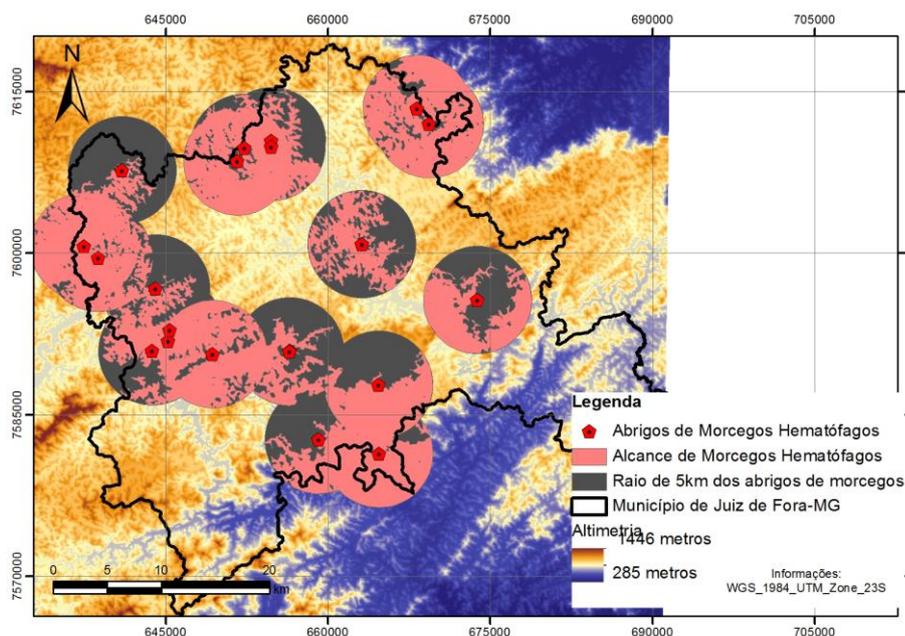


Figura 4. Áreas de alcance de morcegos hematófagos em relação aos abrigos cadastrados no Município de Juiz de Fora - MG.

Dessa forma, o resultado restringe de forma significativa as áreas de controle da espécie, otimizando essa atividade de controle de morcegos pelo serviço de defesa sanitária responsável (no caso, o IMA), e na gestão das propriedades que seriam possível foco de mordeduras. Em termos de área (quilômetros quadrados), a redução chegou a 35% da área de abrangência, visto que considera a limitação do morcego em sobrepor acidentes geográficos (Quadro 1).

Raio com 5 km sem restrições altimétricas	943,29987 km ²
Raio de 5 km com restrição altimétrica	605,07245 km ²
Diferença entre os métodos:	338,22742 km ²

Quadro 1. Área de abrangência dos morcegos hematófagos em quilômetros quadrados.

O modelbuilder (rotina), implementado no trabalho e nomeado BatModel, serviu para automatizar o procedimento de forma que o mesmo possa ser facilmente replicado em outras áreas de estudo, com a introdução de novos registros de abrigos de morcegos que porventura venham a ser catalogados, ou mesmo em modelos digitais de elevação mais refinados que o modelo Aster utilizado neste trabalho.

4 CONCLUSÕES

Um modelo de elevação digital com informações sobre possíveis focos de doenças é uma ferramenta imprescindível e pouco utilizada atualmente para o controle de enfermidades que afetam o rebanho. O modelo gerado por este trabalho pode ser aplicado em trabalhos de campo referente não só à raiva, que é transmitida por morcegos hematófagos, mas também para doenças que podem ser veiculadas pelo vento e pela água.

Os resultados obtidos permitem identificar com maior precisão as possíveis áreas de ataque da espécie analisada e dessa forma direcionar esforços no sentido de proteção e combate ao agravo. Da mesma forma, observa-se a possibilidade de realizar o procedimento inverso e, partindo dos pontos de ocorrência de mordedura de morcegos, identificar as possíveis áreas onde os mesmos possam estar abrigados.

Ressalva-se que, devido às limitações de resolução do modelo digital de elevação utilizado (células com 30x30m), o resultado obtido não permite análise em escalas grandes (maiores que 1:50.000), e que se presta portanto, à análise exploratória do evento mordedura de morcegos. Novos estudos de campo devem ser feitos e aprimorados, com retroavaliação por meio da análise dos SIG's gerados, para gerar hipóteses ecológicas da cobertura de voo dos morcegos hematófagos e a possibilidade de ocorrência de raiva, seja no município de Juiz de Fora ou extrapolado para outros municípios de uma região montanhosa semelhante à Zona da Mata.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Professor Carlos Antônio Alvares Soares Ribeiro, pela disponibilização dos computadores e do software utilizados na análise, bem como pelos conhecimentos compartilhados ao longo da disciplina ENF 613.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instrução Normativa n° 5, de 01 mar. 2002.** Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=gravarAtoPDF&tipo=INM&numeroAto=00000005&seqAto=000&valorAno=2002&orgao=MAA&codTipo=&desItem=&seqNota=>>>. Acesso em 29 mai. 2010.

_____. _____. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Controle da raiva dos herbívoros: manual técnico.** 2009.

DI TOSTO, G.; PAOLUCCI, M.; CONTE, R. **Altruism among simple and smart vampires.** WSPC/Instruction File arti3. Institute of Cognitive Science and Technology, CNR. Jan. 2006.

GOMES, C. I. D. **Metabolismo energético e resposta ao jejum do morcego hematófago *Diphylla ecaudata***. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, 2008.

INSTITUTO MINEIRO DE AGROPECUÁRIA – IMA. **Sistema de Defesa Agropecuária – Sidagro**. Disponível em: <www.sidagro.ima.mg.gov.br/sidagro>. Acesso em 31 mai. 2011. 2011a.

_____. Laboratório de Sanidade Animal - Raiva. Site. Disponível em: <<http://www.ima.mg.gov.br/laboratorios/saude-animal/raiva>>. Acesso em 27 nov. 2011. 2011b.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION - NASA. **Mapa digital de elevação do município de Juiz de Fora**. Disponível em: <<http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/>>. Acesso em 23 nov. 2011.

WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH - OIE. **Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals**, 5th ed. 2004. Disponível em: <http://www.oie.int/eng/normes/mmanual/A_00044.htm>. Acesso em 29 mai. 2010.