

ANÁLISE DE FATORES DE RECEPTIVIDADE E VULNERABILIDADE NA ELABORAÇÃO DE MODELO DE RISCO DE ATAQUES DE MORCEGOS HEMATÓFAGOS A BOVINOS NO MUNICÍPIO DE SÃO PEDRO – SP

(Analysis of factors of receptivity and vulnerability in the elaboration of risk model of attacks of vampire bats to bovines in the municipality of São Pedro - SP)

Paulo Jacques Mialhe^{1*}, Luiz Eduardo Moschini¹

¹Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil. *Corresponding author: paulomialhe@gmail.com

RESUMO: O morcego hematófago *Desmodus rotundus* é o principal transmissor da raiva dos herbívoros domésticos, causando enormes prejuízos na pecuária da América Latina. Utilizando um modelo de análise de decisão por múltiplos critérios em Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi possível integrar informações e gerar um mapa de áreas de risco a ataques de *D. rotundus* aos bovinos no Município de São Pedro – SP, o qual foi validado com um mapa de ataques de *D. rotundus* ocorridos, e avaliada a importância relativa dos fatores de vulnerabilidade e receptividade na elaboração de um modelo de risco de ataques de morcegos hematófagos a bovinos ocorridos no município. As áreas de risco alto e muito alto previstas pelo modelo estavam localizadas em grandes áreas na porção oeste e centro-norte do município, e em áreas menores na porção sul, porém os ataques concentraram-se somente nas áreas previstas nas porções oeste e centro-norte, e também mais próximas dos abrigos mais populosos localizados nestas regiões. A análise dos fatores de vulnerabilidade e receptividade na validação do modelo de risco de ataques a bovinos indicou que a distância dos abrigos de morcegos hematófagos aos rebanhos e o número de morcegos existentes nestes abrigos parece ter maior relevância na definição de áreas de ataques que a densidade populacional de herbívoros domésticos existentes. O modelo é útil, podendo ser usado em ações de vigilância epidemiológica, concentrando seus esforços nas áreas mais vulneráveis, poupando assim tempo e recursos.

Palavras-chave: *Desmodus rotundus*, modelo de risco, SIG, raiva

ABSTRACT: The vampire bat *Desmodus rotundus* is the main transmitter of the rabies of the domestic herbivores, causing enormous losses in the livestock of Latin America. Using a multi criteria criteria analysis model in the Geographic Information System (GIS), it was possible to integrate information and generate a map of areas of risk to *D. rotundus* attacks on cattle in the municipality of São Pedro - SP, which was validated with a map of attacks of *D. rotundus* occurred, and evaluated the relative importance of vulnerability and receptivity factors in the elaboration of a model of risk of attacks of vampire bats to cattle occurred in the municipality. The high and very high risk areas predicted by the model were located in large areas in the western and central-north portion of the municipality and in smaller areas in the southern portion, but the attacks focused only on the areas foreseen in the west and center- north, and also closer to the more crowded shelters located in these regions. The analysis of the vulnerability and receptivity factors in the validation of the risk model for attacks on cattle indicated that the distance from the shelters of vampire bats to the herds and the number of bats in these shelters seems to be more relevant in the definition of areas of attack than the density populations of existing

domestic herbivores. The model is useful and can be used in epidemiological surveillance actions, concentrating its efforts in the most vulnerable areas, thus saving time and resources.

Keywords: *Desmodus rotundus*, risk model, GIS, rabies

INTRODUCTION

O morcego vampiro *Desmodus rotundus* é a espécie mais comum e abundante de morcego hematofago, e devido as suas funções na transmissão da raiva para o gado e seres humanos na região Neotropical, tem recebido atenção especial das autoridades de saúde pública em toda América Latina (Schneider et al., 2009; Lee et al., 2012; Vigilato et al., 2013).

A raiva é uma infecção aguda, progressiva e fatal causada por um vírus RNA neurotrópico de uma série de diferentes variantes do gênero *Lyssavirus* (Rhabdoviridae) caracterizada por encefalite que provocam convulsão e paralisia diversas, causando a morte por parada respiratória (Gomes et al., 2007; Mochizuki et al., 2012). O vírus está presente na saliva de animais raivosos e, conseqüentemente, a transmissão ocorre, em geral, através da mordedura (Acha & Szyfres, 2003; Gomes et al., 2007). A raiva dos herbívoros domésticos é responsável por enormes prejuízos econômicos diretos na pecuária. Isto parece ser o resultado da adaptação de *D. rotundus* as novas condições produzidas pelo processo de desmatamento e estabelecimento de paisagens agrícolas (Holmes et al., 2002).

Os morcegos hematófagos comumente forrageiam em uma área de 5 a 8 km ao redor do abrigo diurno (Greenhall et al., 1983). Estudos no Estado de São Paulo mostram que apenas 6% das propriedades rurais que relataram mordeduras por *D. rotundus* ficaram descobertas pela área formada pelo raio de 5 km em torno de cada abrigo e que este é o menor raio que

contém a maior proporção de propriedades que relataram mordedura (Dias et al., 2011). Já estudo na região de Juiz de Fora – MG, verificou que a média das distâncias entre os currais principais nas propriedades em que havia relato ou observações de mordeduras por morcegos hematófagos e os abrigos ativos de morcegos mais próximos era 1.280,50 metros (Puga, 2015).

Desmodus rotundus apresenta alta versatilidade na utilização de abrigos, podendo ser naturais, como grutas e ocos de árvore, ou artificiais, constituídos por casas abandonadas, pontes, bueiros, fornos de carvão, etc. Existem diferentes tipos de abrigos: os diurnos, ou permanentes, onde se alojam a maior parte do tempo; os noturnos, onde permanecem o tempo necessário para a digestão após a alimentação para voltar ao abrigo permanente. Os abrigos diurnos são do tipo maternidade e de machos solteiros. Os abrigos maternidade reúnem fêmeas, seus filhotes e machos abrigam indivíduos jovens que não atingiram a maturidade sexual para formar seus haréns (Brasil, 2009).

Também utiliza múltiplos abrigos, em geral situados em uma área relativamente pequena, com 2 – 3 km de raio (Trajano, 1996). A maioria dos agrupamentos de *D. rotundus* é constituída por 20 a 200 indivíduos. Apresenta uma estrutura social complexa, baseada na formação de haréns, onde um macho dominante defende um grupo de fêmeas (cerca de 12) e seus filhotes. Em geral, colônias com mais de 50 indivíduos podem conter diversos grupos de 10 a 20 fêmeas com filhotes. Machos jovens de

12 a 18 meses de idade, são expulsos do grupo pelo macho dominante. Machos solteiros expulsos da colônia podem deslocar-se por mais de 100 km, embora seu raio de ação seja menor que 15km, e formam pequenos agrupamentos, próximos do harém, aguardando a oportunidade de disputar o lugar do macho dominante (Brasil, 2009).

Agrupamentos com 100 ou mais morcegos podem ocorrer principalmente onde o controle de suas populações não é feito com regularidade (Instituto Pasteur, 1996). Colônias maiores com cerca de 300 indivíduos foram observadas no Estado de São Paulo e Distrito Federal (Sazima, 1978; Tadei et al., 1991; Bredt et al., 1999). Estudos na região de Araguari – MG verificaram que dos abrigos habitados pelo *D. rotundus*, 82,4% possuíam população estimada entre 1 a 50 hematófagos e 17,6% entre 51 a 300 indivíduos, com população média de 30,2 por abrigo (Oliveira, 2009).

Dadas as características da interação do *D. rotundus* com o meio ambiente, o risco da raiva nos herbívoros pode ser explicado por dois componentes principais: receptividade e vulnerabilidade. A receptividade é um conjunto de variáveis que expressam a capacidade de o ecossistema albergar populações de *D. rotundus*, sendo que os determinantes da receptividade estão relacionados à disponibilidade de alimento (densidade de herbívoros/área útil) e de abrigos de morcegos hematófagos. A vulnerabilidade de um ambiente à raiva está relacionada a um conjunto de fatores relacionados à capacidade de ingresso do transmissor numa área e a circulação viral, como a presença do morcego hematófago e casos de raiva. Tais fatores possibilitam a difusão da doença para novas áreas e servem de facilitadores para que esse processo ocorra (Dias et al., 2011).

Estudos de Análise de Riscos realizados pelo Serviço Oficial Veterinário têm sido utilizados para avaliar o potencial de ingresso de uma enfermidade e suas possíveis vias de introdução e disseminação, para avaliar áreas de maior vulnerabilidade para a ocorrência de uma doença, e para estimar o risco que representa a importação de um produto específico (Santos, 2016; Arsevska et al. 2015, Vial et al. 2013). A análise da vulnerabilidade do ambiente refere-se à capacidade de ingresso do transmissor numa área e a circulação viral.

A recomendação da IN MAPA no 5/2002 que estabelece para a condução de medidas sanitárias (como o controle de morcegos hematófagos) em área de foco de raiva em herbívoros, a fixação de uma distância de 12 km a partir do foco para atuação, seja com base no modelo de círculos concêntricos ou de bloqueio linear (Brasil, 2009).

Dentre as técnicas disponíveis para avaliação de riscos, a análise de decisão por múltiplos critérios têm sido utilizada na área animal. Integrada a um Sistema de Informação Geográfica (SIG), incorpora a dimensão espacial, tornando a ferramenta ainda mais potente (Malczewski & Rinner, 2015). Utilizada amplamente para o mapeamento de susceptibilidade e de aptidão de terras para diversas finalidades (Brito, 2014), essa técnica tem sido utilizada de forma crescente na área da veterinária, em especial para a priorização de doenças, na detecção de áreas vulneráveis para a ocorrência de enfermidades animais (Vial et al., 2013, Arsevska et al., 2015) e também para avaliar sistemas de vigilância animal (Basso Amaral, 2013; Cox et al., 2013; East et al., 2013; Brookes et al., 2014a).

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 depois de 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 e o grau de impacto de cada classe de legenda 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).

O presente trabalho teve como objetivo elaborar um modelo espacial de Áreas de risco de ataques de morcegos hematófagos a herbívoros domésticos no Município de São Pedro e avaliar a importância de fatores de vulnerabilidade e receptividade na acurácia do modelo de risco, utilizando Sistema de Informações Geográficas (SIG) e análise multicritério.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram percorridas todas as propriedades rurais do Município de São Pedro – SP que possuíam herbívoros domésticos durante o janeiro a setembro de 2002, nas quais foram aplicadas entrevistas para a coleta de dados sobre número de bovinos presentes na propriedade e número de animais atacados por *D. rotundus*. A seguir, essas propriedades foram georreferenciadas utilizando um receptor GPS modelo Garmim Etrex®. Concomitantemente a pesquisa nas propriedades rurais, foram procurados abrigos de morcegos hematófagos e quando localizados, também foram

georreferenciados com o uso do mesmo receptor GPS.

A estimativa populacional das colônias de morcegos hematófagos, em cada abrigo, foi calculada por observação visual do número de indivíduos em cada nicho, correlacionado com o volume de fezes existentes no chão, paredes ou outras estruturas. Elas se caracterizam por serem negras em pequenas gotas (quando há poucos indivíduos no local) ou então manchas escorridas e poças de fezes (quando há muitos). Pode-se diferenciar se esse é um abrigo ativo, ou seja, se naquele momento há a presença de morcegos hematófagos; ou inativo, se já houve essa presença (Oliveira et al., 2009).

Nos abrigos ativos, as fezes são bem escuras, brilhantes e em estado pastoso, assemelhando-se a gotas de óleo queimado. Nos abrigos inativos, essas fezes estarão opacas e secas. O odor amoniacal de sangue digerido é característico nesses locais (Bredt, 1996; Brasil, 2009).

Para a definição dos agrupamentos de *D. rotundus* dentro dos abrigos, foi considerada que a maioria deles é constituída de 20 a 200 indivíduos. Apresenta estrutura social complexa, geralmente com um macho dominante para defender cerca de 12 fêmeas e seus filhotes (Brasil, 2009).

As dimensões dos abrigos foram estimadas para a área de piso em m², considerando-se um passo normal como equivalente a um metro linear. Os passos foram contados entre os dois pontos mais distantes na extensão horizontal e lateral do interior do abrigo (Almeida et al., 2002).

Os dados foram submetidos a uma análise multicritério em Sistema de Informações Geográficas (SIG) utilizando o software ArcGis 10.3®, e elaborado um mapa de Risco a ataques de *D. rotundus* a bovinos no Município de São Pedro relacionando fatores de

Receptividade e Vulnerabilidade do ambiente.

Para a Receptividade foram considerados os determinantes relacionados à distribuição de alimento e abrigos de *D. rotundus*, através das variáveis “Distribuição de bovinos no Município de São Pedro” e “Distância dos abrigos de *D. rotundus*”; enquanto que para Vulnerabilidade foi considerado a variável “População de *D. rotundus* existente nos abrigos”. Estes foram submetidos a um Processo Analítico Hierárquico -Técnica AHP (Saaty, 1992), bastante difundido na literatura específica de SIG e que também pode ser aplicado baseado no comportamento dos dados, onde atribuiu-se diferentes pesos nas variações das condições destes determinantes, fornecendo valores crescentes entre 1 à 5 segundo sua importância.

Tabela 1 - Pesos atribuídos às distâncias Euclidianas dos abrigos de *D. rotundus* e respectivos graus de vulnerabilidade de ataque de morcegos hematófagos a bovinos.

Distância dos abrigos	Peso	Vulnerabilidade
Acima de 12 km	1	Muito baixa
De 9,1 a 12 km	2	Baixa
De 6,1 a 9 km	3	Média
De 3,1 a 6 km	4	Alta
De 0 a 3 km	5	Muito alta

As Tabelas 1 e 2 mostram os pesos atribuídos aos determinantes de vulnerabilidade “Distância dos abrigos de *D. rotundus*” e “População de *D. rotundus* existente nos abrigos”, a Tabela 3 mostra os pesos atribuídos a receptividade do ambiente em relação ao número de bovinos existentes nas propriedades.

Para a atribuição de pesos relacionados às distâncias Euclidianas dos abrigos de *D. rotundus* e respectivos graus de vulnerabilidade

dos bovinos a ataques a morcegos foi considerada como área de risco a distância de até 12 km a partir dos abrigos de morcegos hematófagos, baseado na recomendação da IN MAPA no 5/2002 que estabelece normas para a condução de medidas sanitárias (como o controle de morcegos hematófagos) em área de foco de raiva em herbívoros. Peso maior relacionado à vulnerabilidade muito alta foi atribuído a distância entre 0-3 km baseado na distância média de vôo dos *D. rotundus* entre abrigos (Trajano, 1996) e vulnerabilidade alta baseada em estudos onde a maioria dos ataques no sul do estado de SP ocorreu em uma distância de até 5 km em torno de cada abrigo (Dias et al, 2011).

Tabela 2 - Pesos atribuídos quanto ao número de *D. rotundus* existentes nos abrigos e respectivos graus de vulnerabilidade de contato entre os morcegos e circulação do vírus rábico.

Número de morcegos existentes nos abrigos	Peso	Vulnerabilidade
Entre 1 e 4 morcegos	1	Muito baixa
Entre 5 – 14 morcegos	2	Baixa
Entre 15 – 49 morcegos	3	Média
Entre 50 – 99 morcegos	4	Alta
Acima de 100 morcegos	5	Muito alta

A partir da análise multicritério dos determinantes de Vulnerabilidade e Receptividade relacionados foi possível construir um mapa de áreas de risco de ataques de *D. rotundus* aos bovinos no Município de São Pedro. Para validação deste modelo foi confeccionado um mapa de ataques de *D. rotundus* a bovinos. Além disso, para comparar e avaliar a importância da receptividade nos ataques e no modelo, foi construído um mapa da distribuição do rebanho bovino no Município de São Pedro.

Tabela 3 - Pesos atribuídos ao número de bovinos existentes nas propriedades e respectivos graus de receptividade do ambiente aos ataques de *D. rotundus*

Número de bovinos existentes nas propriedades	Peso	Receptividade do ambiente a ataques de <i>D. rotundus</i>
Entre 1 e 4 bovinos	1	Muito baixa
Entre 5 – 14 bovinos	2	Baixa
Entre 15 – 49 bovinos	3	Média
Entre 50 – 99 bovinos	4	Alta
Acima de 100 bovinos	5	Muito alta

RESULTADOS

Foram encontrados e georreferenciados oito abrigos de morcegos hematófagos. As Coordenadas geográficas dos abrigos, a População de morcegos encontrados e a Utilização dos abrigos são mostradas na Tabela 4.

Tabela 4 - Coordenadas Geográficas de abrigos de morcegos *D. rotundus* no Município de São Pedro, População estimada e Utilização dos abrigos. MT = Maternidade, DG= Digestório, MS = Machos Solteiros.

Número do abrigo	Coordenadas geográficas		População	Utilização
	UTM	UTM		
1	75006 75	08045 25	200	MT
2	75056 37	80793 0	2	DG
3	75041 65	19647 7	1	MS
4	75066 86	19397 8	1	MS
5	75083 50	19895 9	11	MS
6	75073 69	19844 0	100	MT
7	75086 12	08078 73	4	DS
8	74982 67	19547 5	1	MS

Utilizando-se o modelo descrito, obteve-se o mapa de Áreas de Risco a ataques de morcegos *D. rotundus* no Município de São Pedro – SP, conforme ilustra a Figura 1A, O Mapa da Distribuição de ataques de morcegos hematófagos nos bovinos no Município de S. Pedro – SP (Figura 1B). O mapa da Distribuição do rebanho bovino no Município de São Pedro (Figura 1C). Os buffers assinalados no mapa equivalem a um raio de 3 km a partir do abrigo de *D. rotundus*.

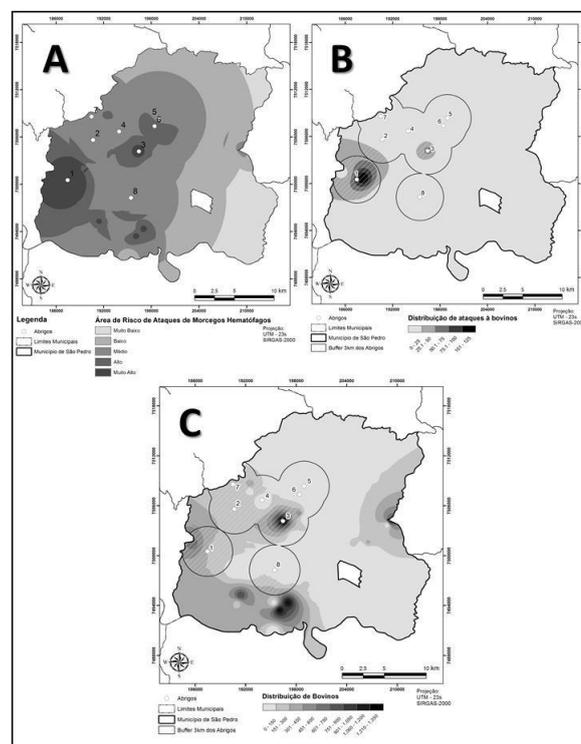


Figura 1 – (A): Áreas de Risco a ataques de morcegos *D. rotundus* (B): Distribuição de ataques de morcegos hematófagos nos bovinos (C): Distribuição do rebanho bovino no município de São Pedro, SP.

O mapa de Áreas de risco a ataques de morcegos gerado pelo modelo (Figura 1A) mostra que as maiores áreas com risco alto e muito alto estão localizadas a porção oeste e centro-norte do município, e outras áreas menores com risco semelhante ao sul do município.

A região oeste apesar de possuir uma distribuição do rebanho bovino semelhante à região nordeste, mostrou

grandes áreas de risco muito alto e alto, em contraposição a região nordeste, que apresentou áreas de risco baixo e algumas áreas pontuais de risco médio.

Na região sul as foram evidenciadas áreas de risco alto e muito alto onde havia um grande número de bovinos (Figuras 1 A e C), uma distância superior a 3 km de todos os abrigos de morcegos, exceto do abrigo 8, que abrigava apenas um *D. rotundus*.

Os ataques concentraram-se em uma distância de até 4,56 km a partir do abrigo 1, e de 1,11 km a partir do abrigo 3 (Figura 1B). O número de ataques e as distancias dos abrigos em que eles ocorreram estão relacionadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Número de bovinos atacados e distancias dos abrigos em que eles ocorreram

Número do abrigo	Número de bovinos atacados	Distância do abrigo
1	101-125	0 – 1,45 km
	75 – 100	1,45 – 1,98 km
	50 – 75	1,98 – 2,81 km
	25 – 50	2,81 – 4,56 km
	0 – 25	Acima de 4,56 km
3	50 – 75	0 – 0,42 km
	25 – 50	0,42 – 1,11 km
	0-25	Acima de 1,11 km

DISCUSSÃO

A diferença de tamanho entre áreas com risco alto e muito alto localizadas na região oeste e ao centro-norte do município, e outras áreas menores com risco semelhante ao sul deve-se ao maior número de abrigos próximos entre si localizados na região centro-norte e a grande população de *D. rotundus* encontrada no abrigo 1, na região oeste. Apesar de algumas áreas localizadas na região sul apresentarem alta receptividade do ambiente aos ataques de *D. rotundus* devido à grande concentração de bovinos, estas estão a mais de 3 km do abrigo mais próximo

(abrigo 8) que abrigava apenas um morcego e a distâncias ainda maiores dos outros abrigos mais populosos, sendo assim áreas pouco vulneráveis a ataques de *D. rotundus*.

Em relação aos ataques, a área com maior número de ocorrência ocorreu na região oeste, no entorno do abrigo 1, sendo o único local em que os ataques ultrapassaram o buffer de 3km de raio deste abrigo, provavelmente devido à alta população de *D. rotundus* encontrado neste abrigo (200 morcegos). O segundo local onde ocorreu maior número de ataques foi ao entorno do abrigo 3, um dos locais com maior concentração de bovinos (Figura 1C), e próximo ao segundo abrigo mais populoso de *D. rotundus* (abrigo 6). Devido à baixa população de bovinos existente nos arredores do abrigo 6 e a alta população de morcegos ali encontrada (100 morcegos), a disponibilidade de alimento nos arredores provavelmente foi insuficiente para alimentar uma colônia tão grande, levando esses morcegos a forragearem áreas mais próximas onde havia maior disponibilidade de alimento, como no entorno do abrigo 3, enquanto que na região sul do município, local com a maior densidade populacional de rebanhos, apresenta um baixo número ataques por estar distante dos abrigos populosos.

Os poucos estudos que tentaram associar a densidade populacional de bovinos com a presença de morcegos em uma dada região foram incapazes de encontrar associação entre a densidade de bovinos com a presença de morcegos na região (Voigt & Kelm, 2006), assim como neste trabalho. Baixas densidades populacionais de bovinos poderiam ser interpretadas como causa de baixas populações de morcegos nos abrigos (Turner, 1975). Dos quatro abrigos que estavam localizados nas áreas de menor

densidade populacional de bovinos (abrigos 4,5,6 e 8), três (abrigos 4,8 e 5) possuíam uma população de até 11 morcegos. Apesar do abrigo 6, com a segunda maior população de morcegos (100 morcegos) estar numa área de densidade populacional bovina muito baixa, ele localiza-se próximo (3,76 km) do abrigo 3, no entorno do qual havia uma grande densidade populacional de bovinos que poderiam estar alimentando estes morcegos. Tanto o abrigo 6 quanto o abrigo 3 eram cavernas, sendo o abrigo 3 uma gruta arenítica de pequeno tamanho (aproximadamente 1,80 x 4 m e 1,60 m de altura) onde havia uma nascente de água que formava uma piscina de aproximadamente 2,5 m² e 50 cm de profundidade e abrigando apenas um *D. rotundus*. O abrigo 6 é uma grande caverna (aproximadamente 2 x 18 m e 2,5 m de altura) formada por rochas basálticas, localizada em área de mata nativa (Mialhe, 2013). A aparente preferência dos morcegos pelo abrigo 6 em relação ao abrigo 3, pode ser devida não somente a maior área interna oferecida pelo abrigo 6 à grande população de *D. rotundus* que ali se encontrava, mas também ao risco de inundação oferecido pela fonte de água e a piscina formada no interior do abrigo 3. Assim, o elevado número de ataques (101 – 125) que ocorreu no entorno do abrigo 3 é justificado pela alta densidade populacional bovina ali presente e a proximidade do abrigo 6 que abrigava alta população de morcegos (100 *D. rotundus*).

Altas densidades populacionais de bovinos, por sua vez, não foram relacionadas com altas populações de morcegos nos abrigos. Os abrigos mais populosos (abrigo 1 e 6) não se localizavam em áreas onde havia as maiores densidades populacionais de bovinos, e os abrigos mais próximos das áreas onde havia maior densidade

populacional de bovinos (abrigos 8 e 3) abrigavam apenas um morcego cada.

Dessa forma, verifica-se que a receptividade (maior densidade populacional de bovinos) produziu menor impacto na formação de áreas de risco de ataques que a vulnerabilidade (distância dos abrigos de *D. rotundus* aos rebanhos e o tamanho da população de morcegos encontrada nestes abrigos). A baixa relação entre a densidade populacional de bovinos e casos de raiva nestes animais, além de nenhuma associação observada entre presença de características ambientais e ocorrência de raiva de bovinos também é indicada em outros trabalhos (Lopes, 2009; Braga, 2014), no entanto estes trabalhos também mostram uma associação entre presença de abrigos de morcegos hematófagos e raiva em bovinos, assim como a ocorrência de raiva em morcegos hematófagos e raiva em bovinos e outros animais, (Braga, 2014), evidenciando a maior importância da vulnerabilidade sobre a receptividade na ocorrência de raiva bovina, como encontrado nas áreas de risco de ataques por *D. rotundus* no Município de S. Pedro.

Comparando as áreas de risco muito alto previsto pelo modelo de Áreas de Risco de ataques de morcego hematófago com o mapa de Distribuição de ataques de morcegos hematófagos nos bovinos no município de São Pedro – SP, percebe-se uma razoável similaridade entre ambos, com exceção da região sul do Município onde se localizavam grandes rebanhos bovinos que não foram atacados ou sofreram um número muito baixo de ataques.

As áreas em que o rebanho bovino foi atacado ocorreram dentro de um buffer de 3 km a partir dos abrigos de *D. rotundus*, com exceção ao entorno do abrigo 1, onde os ataques ultrapassaram esta distância, provavelmente devido à grande população de *D. rotundus* encontrados

neste abrigo (200 morcegos) e a menor densidade populacional bovina encontrada no entorno deste abrigo, fazendo com que os morcegos aumentassem sua área de forrageio para compensar a menor disponibilidade de alimento nos arredores.

Apesar de o modelo ter dado maior peso a vulnerabilidade para distâncias dos abrigos de até 6 km, houve uma superestimativa do tamanho das áreas de risco alto e muito alto, ultrapassando as áreas onde houve maior número de ataques aos bovinos. No entorno do abrigo 1, o qual abrigava uma população de 200 morcegos, os ataques ocorreram numa distância de até 4,56 km, próxima a encontrada em estudos no Vale do Rio Paraíba do Sul – SP (Dias et al., 2011), em que a maioria dos ataques ocorreram numa área formada pelo raio de 5 km em torno de cada abrigo. Apesar da alta população de *D. rotundus* encontrada no abrigo 1, as áreas de maior ataque (101 – 125) ocorreram numa distância de até 1,45 km, seguidas por áreas de altos ataques (75 – 100) que ocorreram em uma distância de até 1,98 km, aproximando-se de estudos na região de Juiz de Fora – MG, em que a média das distâncias entre abrigos e propriedades com ataques era 1.280,50 metros (Puga, 2015).

Assim, percebe-se que a atribuição de Pesos relativos às distâncias Euclidianas dos abrigos de *D. rotundus* aos graus de vulnerabilidade de ataque de morcegos hematófagos a bovinos deve ser considerada baixa após os 5 km. Os maiores pesos devem ser dados a distâncias até 1,5 km a partir do abrigo, reduzindo progressivamente com o aumento da distância.

A maior concentração de ataques ocorridos numa distância de até 5 km dos abrigos com alta população de *D. rotundus* (abrigos 1 e 6) tanto em áreas com densidade populacional bovina

muito alta (entorno do abrigo 6) como média a baixa (entorno do abrigo 1), indica que grandes populações de *D. rotundus* podem concentrar seu forrageamento a poucos quilômetros dos abrigos, independente da densidade populacional bovina existente nestas áreas. Isso pode em parte ser explicado devido ao hábito de *D. rotundus* utilizar a mesma presa por mais de uma noite seguida para a alimentação (Lord 1988; Brasil, 2009) e ingerir uma baixa quantidade de sangue (15 a 16 ml) por refeição (McFarland & Wimsatt, 1969), poupando-os do dispêndio de energia de vôo extra para alimentar-se em áreas mais distantes.

A maior importância dos fatores de vulnerabilidade na elaboração de risco de ataques por morcegos hematófagos e ocorrência de raiva também é demonstrada em outros estudos (Pisa, 2015) onde a eficiência do tratamento com pasta vampiricida seu raio de ação foi limitado à área circunvizinha e diretamente relacionado à quantidade de morcegos hematófagos tratados. Quando os tratamentos foram realizados de forma geograficamente espaçada e/ou poucos morcegos foram tratados, a chance de prevenção da ocorrência de focos de raiva caiu drasticamente.

CONCLUSÃO

Na construção de modelo de áreas de risco de ataques de *D. rotundus* a bovinos no município de São Pedro - SP, fatores de vulnerabilidade possuíram maior relevância na definição de áreas de risco de ataques que os fatores de receptividade.

Os ataques ocorreram em distâncias de até 4,56 km dos abrigos, mesmo para os mais populosos, mostrando que o modelo também superestimou as distâncias dos abrigos de *D. rotundus* quanto à vulnerabilidade

de ataques a bovinos. Apesar das superestimativas de áreas e de riscos, o mapa de risco de ataques a bovinos no município de São Pedro mostrou uma boa acurácia na previsão das áreas em que ocorreram os ataques, sendo uma ferramenta útil no auxílio de políticas públicas de controle e vigilância epidemiológica da raiva, priorizando esforços nas áreas de maior risco, com maior eficiência e economia de tempo e recursos em suas atividades de rotina.

REFERÊNCIAS

- ACHA, P.; MÁLAGA-ALBA, M. Economic losses due to *Desmodus rotundus*. In: GREENHALL, A.M.; SCHMIDT U. (Ed.) **Natural history of vampire bats**. Boca Raton, CRC Press., 1988. p. 208-213.
- ACHA, P.N.; SZYFRES B. **Zoonoses and Communicable Diseases Common to Man and Animals Volume II** 3rd Ed. Washington, Organización Panamericana de Salud, 2003. p.246-275.
- ALMEIDA M.F., ROSA A.R., SODRÉ M.M., MARTORELLI L.F.A., TREZZA NETTO J. Fauna de morcegos (Mammalia, Chiroptera) e a ocorrência de vírus da raiva na cidade de São Paulo, Brasil. **Vet. e Zootec.** 2015 mar.; 22(1): 89- 100.
- AMARAL, T. B. **Risk assessment of foot and mouth disease in the border between Brazil and Paraguay: a geographical approach**. Tese de Doutorado em Ciências Geográficas – Université Laval, Département de Géographie, Québec, 2013. 154 p.
- ARSEVSKA, E.; HELLAL, J.; MEJRI, S. *et al.* Identifying Areas Suitable for the Occurrence of Rift Valley Fever in North Africa: Implications for Surveillance. **Transbound Emerg Dis**, 63: 658–674 2017.
- BRAGA, G.B. **Modelo preditivo do risco de ocorrência da raiva em bovinos no Brasil**. 2014, São Paulo, 51p. Tese de Doutorado -Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal, Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10134/tde-07012015-140605/pt-br.php>. Acesso em 02/05/2017.
- BRASIL MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO **Controle da raiva dos Herbívoros** (Manual Técnico). Brasília, Mapa/ACS, 2009. p. 43-56 Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/programa%20nacional%20dos%20herbivoros/revis%C3%A3o%20obre%20raiva.pdf. Acesso em 02/05/2017.
- BREDT, A.; UIEDA, W.; MAGALHÃES, E.D. Morcegos cavernícolas da região do Distrito Federal, centro-oeste do Brasil (Mammalia, Chiroptera). **Revista Brasileira de Zoologia**, v.16, n3, p.731-770, 1999.
- BRITO, M.M. **Geoprocessamento aplicado ao mapeamento da suscetibilidade a escorregamentos no município de Porto Alegre, RS**. Dissertação de Mestrado em Engenharia – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. 167p. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/101208>. Acesso em 03/05/2017.
- BROOKES, V.J.; HERNÁNDEZ-JOVER, M.; COWLED, B. *et al.* Building a picture: Prioritisation of exotic diseases for the pig industry in Australia using multi-criteria decision analysis. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 113, n. 1, p. 103-117, 2014a.

- COX SANCHEZ, J.; REVIE, C.W. Multi-criteria Decision Analysis tools for prioritising emerging or re-emerging infectious diseases associated with climate change in Canada. **PLoS ONE**, v. 8, n. 8, 2013.
- DIAS R.A.; NOGUEIRA FILHO V.S.; GOULART C.S. *et al.* Modelo de risco para circulação do vírus da raiva em herbívoros no Estado de São Paulo, Brasil. **Rev Panam Salud Publica**, 30(4):370–6, 2011.
- EAST, I.J.; WICKS, R.M.; MARTIN, P.A. *et al.* Use of a multi-criteria analysis framework to inform the design of risk based general surveillance systems for animal disease in Australia. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 112, n. 3-4, p. 230-247, 2013.
- GOMES, M.N.; MONTEIRO, A.M.V.; NOGUEIRA, V.S.; GONÇALVES C.A. Áreas propícias para o ataque de morcegos hematófagos *Desmodus rotundus* em bovinos na região de São João da Boa Vista, Estado de São Paulo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 27, p. 307-313, 2007.
- GREENHALL, A.M.; JOERMANN, G.; SCHMIDT U. *et al.* *Desmodus rotundus*. **Mammalian Species**, v. 202, p. 1-6, 1983.
- HOLMES, E.C.; WOELK, C.H.; KASSIS, R. *et al.* Genetic constraints and the adaptive evolution of rabies virus in nature. **Virology**, 292: 247–257, 2002.
- INSTITUTO PASTEUR **Espécies de quirópteros diagnosticadas com raiva no Brasil. São Paulo**, Boletim Técnico v.2, n.1, 1996.
- LEE, D.N.; PAPES, M.; DENBUSSCHE, R.A.V. Present and potential future distribution of common vampire bats in the Americas and the associated risk to cattle. **PLoS ONE**, 7: e4266, 2012.
- LOPES I.F. **Epidemiologia e controle da raiva bovina nos municípios da região de Rondonópolis - Estado de Mato Grosso, Centro-Oeste do Brasil**, 2009. (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal, 91p.
- LORD R.D. Control of vampire bats In: GREENHALL A.M.; SCHMIDT U. **Natural History of Vampire Bats**. CRC Press, Florida, 1988, p. 215 – 226.
- MALCZEWSKI, J.; RINNER, C. **Multicriteria decision analysis in geographic information science**. New York, Springer, 2015. 332p.
- MCFARLAND, W.N.; WIMSATT W.A. Renal function and its relation to the ecology of the vampire bat, *Desmodus rotundus*. **Comp. Biochem. Physiol.** 28: 985 – 1006, 1969.
- MIALHE, P. J. Characterization of *Desmodus rotundus* (E. Geoffroy, 1810) (Chiroptera, Phyllostomidae) shelters in the Municipality of São Pedro – SP. **Bras. J. Biol.**, v. 73, n. 3, p. 521 – 536, 2013.
- MOCHIZUKI, N.; KAWASAKI, H.; SILVA, M.L.C.R. *et al.* Molecular epidemiology of livestock rabies viruses isolated in the northeastern Brazilian states of Paraíba and Pernambuco from 2003-2008. **BMC Research Notes**, v. 5, p. 32, 2012.
- 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. Disponível em:<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.14.41/doc/2899-2906.pdf> .Acesso em 03/05/2017.
- OLIVEIRA, P.R.; SILVA D.A.R.; ROCHA, J.H. *et al.* Levantamento, cadastramento e estimativa populacional das habitações de morcegos hematófagos, antes e após atividades de controle, no Município de Araguari, MG. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.76, n.4, p.553-560, out./dez, 2009.
- PISA, A.C.C. **Efeito do controle de morcegos *Desmodus rotundus* na ocorrência de focos de raiva no estado do Espírito Santo.** 2015, Pirassununga, 84p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Animal, Universidade de São Paulo. Disponível em:<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10134/tde-25082015-102004/pt-br.php> . Acesso em 02/05/2017.
- PUGA, L.C.H.P. **Modelagem espacial da ocorrência de mordeduras de morcegos hematófagos na Zona da Mata de Minas Gerais.** 2015, 93 p. Tese de Doutorado em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Viçosa, Disponível em:<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6746/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 03/05/2017.
- SANTOS D.V. **Avaliação de riscos: emprego da técnica pelo Serviço Veterinário Oficial e identificação de áreas de risco para a febre aftosa no Rio Grande do Sul.** 2016. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em :<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/142448>
- SAZIMA, I. Aspectos do comportamento alimentar do morcego hematófago *Desmodus rotundus*. São Paulo, **Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo** v.3 p.97-119, 1978. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/bolzoo/article/view/121655> .Acesso em 03/05/2017.
- SCHNEIDER, M.C.; ROMIJN, P.C.; UIEDA, W. *et al.* Rabies transmitted by vampire bats to humans: an emerging zoonotic disease in Latin America? **Revista Panamericana de Salud Publica**, 25: 260–269, 2009.
- TRAJANO, E. Movements of Cave Bats in Southeastern Brazil, with Emphasis on the Population Ecology of the Common Vampire Bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera) **Biotropica**, Vol. 28, No. 1, pp. 121-129, 1996.
- TURNER, D.C. **The vampire bat. A field study in behavior and ecology.** The Johns Hopkins University Press, 1975. 145p.
- VIAL, F.; MIGUEL, E.; JOHNSTON, W.T. *et al.* Bovine tuberculosis risk factors for British herds before and after the 2001 Foot-and-Mouth Epidemic: What have we learned from the tb99 and CCS2005 studies? **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 62, n. 5, p. 505-515, 2013.
- VIGILATO, M.A.N.; COSIVI, O.; CLAVJO, A. *et al.* Rabies update for Latin America and the Caribbean. **Emerging Infectious Diseases**, 19: 678–679. 2013.
- VOIGT, C.C.; KELM, D. Host preference of the common vampire bat (*Desmodus rotundus*, Chiroptera) assessed by stable isotopes. **Journal of Mammalogy**. v. 87, p. 241–254. 2006.