

# O Uso do Sensoriamento Remoto e de Sistemas de Informação Geográfica na análise de áreas de risco ao ataque de morcegos hematófagos em bovinos de quatro Municípios da região de São João da Boa Vista, Estado de São Paulo<sup>1</sup>

Murilo Novaes Gomes<sup>2</sup>  
Antonio Miguel Vieira Monteiro<sup>2</sup>  
Vlademir de Souza Nogueira Filho<sup>3</sup>  
Celso Alberto Gonçalves<sup>3</sup>

<sup>2</sup>INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{murilong, miguel}@dpi.inpe.br

<sup>3</sup>Coordenadoria de Defesa Agropecuária da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo  
Av. Brasil 2340 Campinas SP  
(vnogueira, celago}@cda.sp.gov.br

**Abstract.** A deterministic model to analyse the vampire bats (*Desmodus rotundus*) attack on bovines in São João da Boa Vista region was elaborated using image classification, data from previous studies about vampire bats behaviour as well as data from the Geography and Statistics Brazilian Institute (IBGE) and Department of Agriculture of São Paulo State (CDA). As a main result of the integrated use of remote sensing techniques and map analysis in GIS, areas close to the main rivers (3 Km) of the city of Aguaí, Casa Branca, Santa Cruz das Palmeiras and Tambaú were found that should not be considered under risk of bat attacks, different from what have been considered by animal health professionals in the control of bovine rabies epizooties in São Paulo State, that have conducted their intervention based on a theory that links risk areas with river proximity.

**Key words:** GIS, remote sensing, bovine rabies, *Desmodus rotundus*, SIG, sensoriamento remoto, raiva bovina.

## 1.Introdução

Estudos de Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tornam-se cada dia mais presentes entre os trabalhos desenvolvidos na área de saúde animal. As enfermidades que acometem os animais estão muito relacionadas com o ambiente em que eles vivem, demonstrando um forte componente espacial. Alguns estudos, como os de Durr & Froggatt (2002), avaliando o georreferenciamento de fazendas na Inglaterra, e Freier et al. (2004) pesquisando a enfermidade de New Castle em aves comerciais na Califórnia, são exemplos de que o relacionamento dessas duas áreas deve continuar se perpetuando nos próximos anos.

A análise em um SIG possibilita integrar informações referentes aos fatores de risco para o desenvolvimento de doenças permitindo o mapeamento de zonas de risco, o que pode contribuir na prevenção e controle, uma vez que permite delinear intervenções com o objetivo de reduzir as populações de vetores, controlar as populações de reservatório e implementar ações de vigilância (Correia et al., 2004).

Cabe ressaltar que a maioria dos estudos de raiva em bovinos não se beneficiou de tecnologias de geoinformação como os desenvolvidos por Pozzetti (2001) e Silva et al. (2001). Desde que, em 1911, Carini concluiu que a raiva entre bovinos era transmitida pelo morcego hematófago *Desmodus rotundus* (Almeida et al., 1994), estudos relacionados ao controle desta enfermidade vêm sendo direcionados paralelamente aos estudos de comportamento, controle e dinâmica de populações desse morcego e sua relação com características geográficas que favorecem a existência de abrigos para a perpetuação dessa espécie.

<sup>1</sup> Trabalho vinculado a projeto financiado pela FAPESP, processo 03/12319-09

Lord (1988) relatou que as epizootias em bovinos são migratórias e seus padrões de movimento eram direcionados para áreas onde há alta concentração de abrigos de morcegos hematófagos, principalmente, no curso dos principais rios. Taddei et al. (1991) relataram migrações semelhantes às de Lord (1988), mencionando que os municípios banhados pelas bacias dos principais rios foram os mais atingidos pela epizootia de raiva ocorrida na década de 80 no Estado de São Paulo, ou seja, os morcegos vampiros tendem a migrar para regiões próximas aos rios, principalmente, nas épocas secas e frias.

Esses estudos desenvolvidos por Lord (1988) e Taddei et al. (1991), embora não possuíssem um suporte de geoinformação, levaram os profissionais da Coordenadoria de Defesa Agropecuária (CDA) a preconizar que as áreas próximas aos grandes rios do Estado de São Paulo deveriam ser consideradas como as principais para o desenvolvimento de epizootias de raiva entre os bovinos, vinculando as principais ações de controle aos principais rios de uma determinada região.

Um intenso trabalho desenvolvido pela CDA em toda região de São João da Boa Vista, possibilitou uma análise da hipótese clássica da dependência dos morcegos hematófagos aos principais rios e considerar outras hipóteses acerca do ataque de morcegos hematófagos em bovinos, além das áreas próximas aos principais rios.

Para avaliar a hipótese clássica, um banco de dados geográfico para área em estudo foi montado, e uma metodologia estabelecida para verificar:

- 1) se há similaridade entre áreas de ação de morcegos identificadas por meio de dados de um trabalho de controle da raiva realizado pela CDA entre março e maio de 2003, nos Municípios de Aguai, Casa Branca, Santa Cruz das Palmeiras e Tambaú (**Figura 1**), denominadas neste trabalho como **áreas de risco conhecidas**, e áreas de distância de até 3 km dos principais rios, conforme o raio de vôo noturno médio da espécie *D. rotundus* (Trajano 1996; Wilkinson 1988) e a área considerada, em princípio, como risco para ataque de morcegos em bovinos pelos funcionários da CDA, denominadas neste trabalho, por **áreas de risco estabelecidas**;
- 2) se há mais áreas consideradas de alto risco para ataque de morcegos nas áreas de risco conhecidas em **a)** local com maior número de bovinos ou para **b)** local com menor número de bovinos.

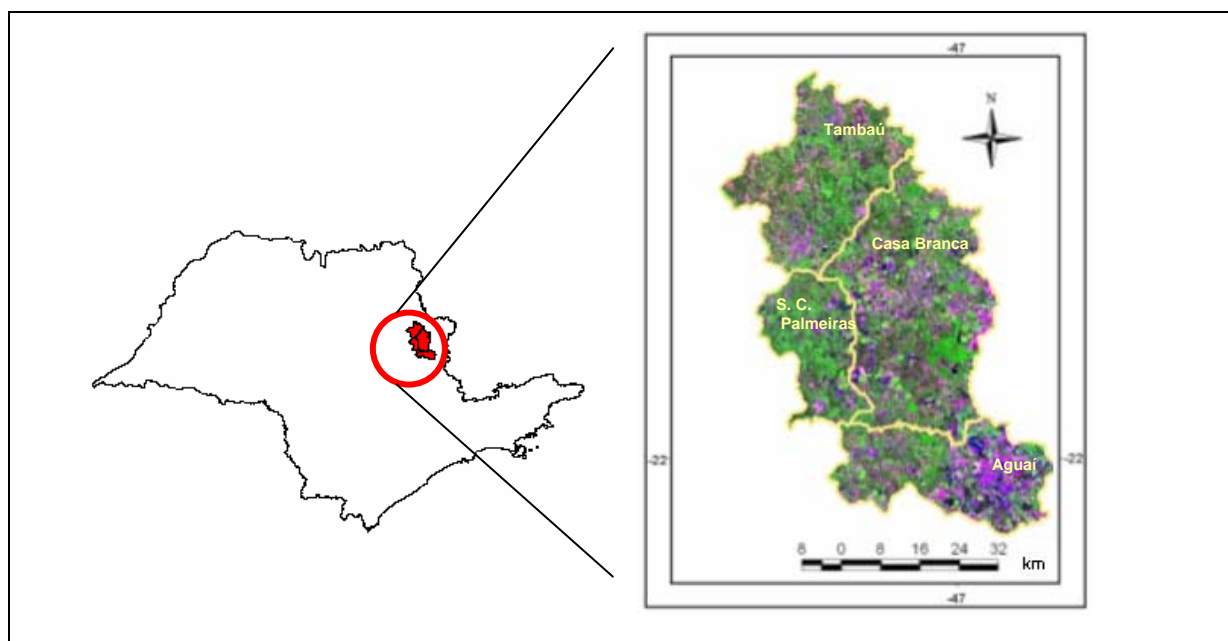


Figura 1: Localização da área de estudo

## 2. Material e Método

### 2.1 Características agropecuárias dos Municípios estudados

As principais atividades agropecuárias dos Municípios estudados são o cultivo de Tubérculos (batata) Citros e Cana-de-Açúcar, sendo que esses Municípios apresentam, de uma maneira geral, um aumento da atividade canavieira em detrimento da pecuária, com a diminuição gradativa do efetivo bovino (IBGE, 2004). As pastagens encontram-se dispersas pelo território, com predominância no Município de Tambaú e nas áreas consideradas impróprias para a lavoura.

A principal bacia hidrográfica da região é a do rio Pardo com seu afluente, o rio Tambaú, no limite entre os Municípios de Mococa e Tambaú. Outros rios importantes são o Itupeva, que atravessa o Município de Aguaí, e o rio Jaguari-Mirim, que faz limite entre Aguaí e Casa Branca.

### 2.2. Base de dados utilizada

Os dados utilizados para a análise tiveram origem, principalmente, da base de dados do IBGE e do trabalho para o controle da raiva dos herbívoros realizado pela CDA. O Banco de Dados para a construção do modelo foi formado pelos seguintes tópicos:

- Cadastro de abrigos de morcegos encontrados georreferenciados por receptor de GPS;
- Hidrografia (IBGE-1999) (bacias dos rios Pardo, Jaguari-Mirim, Tambaú e Itupeva);
- Cadastro de uma amostra de propriedades da região (47%) cujas sedes foram georreferenciadas por receptor de GPS e que possuíam o atributo número de bovinos mordidos;
- Malha Municipal (IBGE-1997);
- Número de bovinos cadastrados por Município/IBGE (2003);
- Imagem LANDSAT/ETM - 219/75 (23/04/03) 220/75 (30/04/03).

### 2.3. Determinação das áreas de risco conhecidas

Para a determinação das **áreas de risco conhecidas** foram gerados três mapas a partir do programa SPRING: **1)**mapa da distribuição de bovinos, **2)**mapa da distância aos abrigos e **3)** mapa da distribuição de bovinos mordidos. Estes mapas foram posteriormente submetidos ao Processo Analítico Hierárquico (Técnica AHP) (Saaty, 1992) para a determinação das áreas de risco conhecidas.

#### 2.3.1. Geração dos mapas

**1)** O menor valor agregado do número de bovinos oriundo do censo agropecuário do IBGE (e reavaliações anuais) está associado apenas à área (polígono) de cada Município. Essa informação é bastante próxima da realidade, pois reflete indiretamente a relação econômica e administrativa de um determinado Município em relação à pecuária, porém, não se conhece onde estão localizados esses bovinos recenseados, dificultando assim, possíveis análises nesse nível de escala.

Este trabalho se propôs a criar uma forma de desagregar a informação do número de bovinos que pertencem a cada Município. Para a geração do mapa de distribuição de bovinos, foi elaborada uma classificação das imagens em áreas de pastagem e “não pastagem”, em seguida, uma divisão do número total de bovinos recenseados nos Municípios estudados pelo total de área de pastagem classificada para cada Município, obtendo-se assim, a densidade global de bovino em cada Município. A multiplicação da densidade global por cada área de pastagem dos respectivos Municípios permitiu obter o número aproximado de bovinos em

cada uma delas. A vantagem desse método, embora partindo da hipótese que a densidade de bovinos seja igual em todo Município, é que há a possibilidade de determinar o local onde se encontra o número aproximado de bovinos em cada Município e de realizar análises mais elaboradas.

Para se obter, efetivamente, o mapa de distribuição de bovinos, uma série de passos foi seguida. Primeiramente, foi realizada uma segmentação por crescimento de regiões (Kai & Muller, 1991) e aplicado o classificador ISOSEG (Bins et al., 1992) para a classificação da imagem, tendo sido escolhido o valor de 75% para o limiar de aceitação, formando em seguida, um total de 44 classes. A partir da edição matricial e reclassificação, obteve-se a classe pastagem com 1680 polígonos em um plano de informação (PI) temático, ou "layer", denominado "pastagem".

Após a obtenção do PI "pastagem", esse PI foi transformado para o tipo cadastral e na tabela associada desse PI foi acrescentado o valor da área de cada um dos polígonos, o Município que pertencia a cada área, a densidade de bovino em cada Município e o número de bovinos referente em cada polígono (atributo utilizado para gerar os pontos amostrais).

A partir dos pontos amostrais gerados, realizou-se uma interpolação pela média ponderada por quadrante (Burrough & MacDonell, 1998) e posteriormente, após o fatiamento, obteve-se o mapa temático distribuição de bovinos (**Figuras 2 e 3**). A técnica de desagregação possibilitou uma interpolação a partir de 1680 polígonos (áreas de pastagens classificadas) e não mais simplesmente de quatro polígonos (correspondentes a cada Município estudado), melhorando assim, a análise.

2) O mapa de distância foi gerado por elaboração de "buffers" dos pontos georreferenciados de localização dos abrigos e posterior fatiamento. A distância única considerada foi de 3 km (**Figura 4**).

3) O mapa de distribuição dos bovinos mordidos foi gerado a partir da interpolação dos pontos amostrais oriundos dos pontos georreferenciados das sedes das propriedades, o atributo escolhido para a formação dos pontos amostrais foi o número de bovinos mordidos em cada propriedade (variaram entre 0 e 7). Após a experimentação de alguns interpoladores, o escolhido foi o vizinho mais próximo (Burrough & MacDonell, 1998), pois ele possibilitava a maximização da área de bovinos mordidos. Em seguida ao fatiamento, obteve-se o mapa de distribuição de bovinos mordidos na região (**Figura 5**).

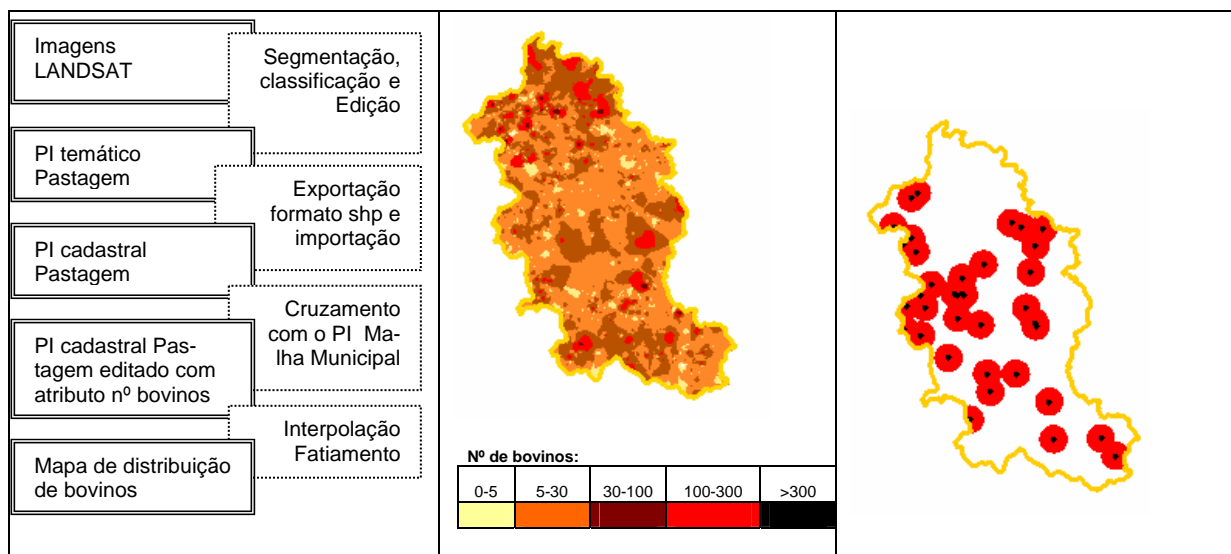


Figura 2: Fluxograma da geração do mapa de distribuição de bovinos

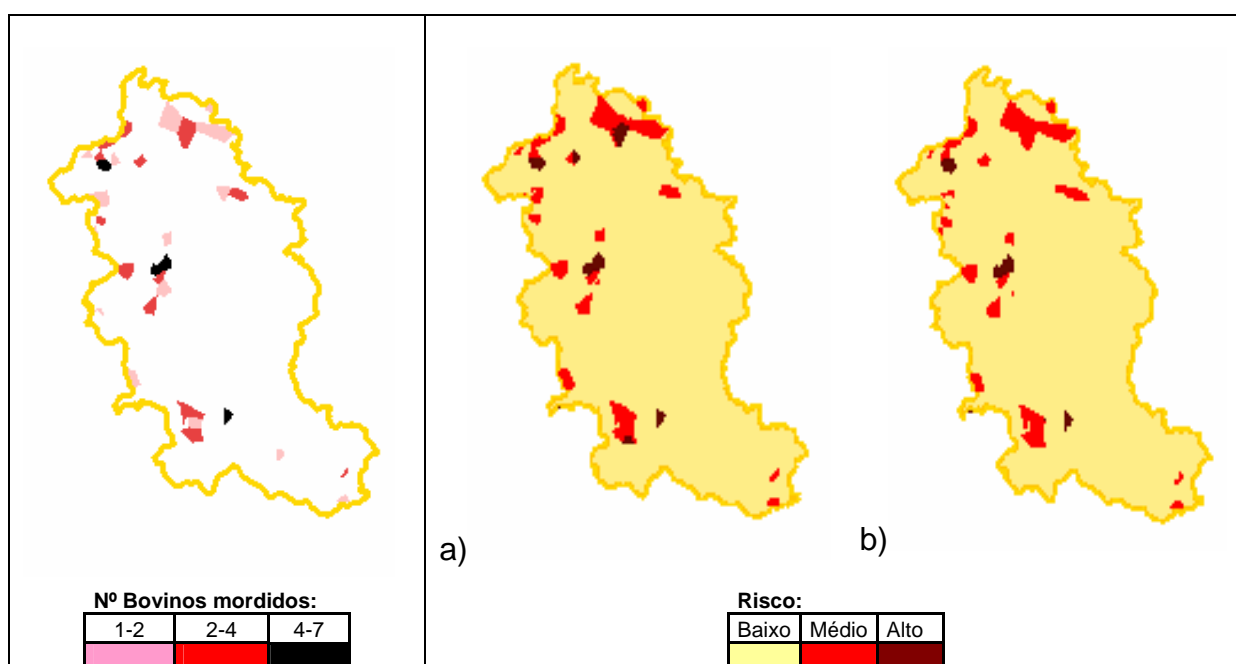
Figura 3: Mapa de distribuição de bovinos

Figura 4: Mapa de distâncias dos abrigos de morcegos

### 2.3.2. Processo Analítico Hierárquico

Foram atribuídos maiores pesos à variável distribuição de bovinos mordidos, em seguida, distância de abrigos e por último, distribuição do número de bovinos para gerar o método da técnica AHP (Saaty, 1992).

A partir dos resultados obtidos na técnica AHP e para cumprir o segundo objetivo deste trabalho, foram realizadas duas ponderações (além daquelas realizadas para a distância dos abrigos e número de bovinos mordidos), uma fornecendo valores crescentes (valores entre 0 e 1) atribuindo o valor 0 para áreas com menos de 1 bovino e 1 para áreas com mais de 300 bovinos, e outra de modo inverso, valor 1 para áreas com menos de 1 bovino e 0 para áreas com mais de 300 bovinos. Chegando-se, por fim, às áreas de risco conhecidas (**Figura 6a e 6b**).



**Figura 5:** Mapa de distribuição de bovinos mordidos

**Figura 6:** Mapa de risco conhecido gerado após técnica AHP, considerando risco alto para locais com maior número de bovinos (a); e menor número de bovinos (b)

### 2.4. Determinação da área de risco estabelecida

Para a determinação da **área de risco estabelecida** foram gerados no programa SPRING dois mapas: **1)** mapa da distribuição do número de bovinos **2)** mapa de distâncias dos principais rios. Estes mapas foram submetidos a uma inferência Booleana (Bonham-Carter, 1994) para a determinação da área de risco estabelecida.

#### 2.4.1. Geração de mapas e inferência Booleana

**1)** O mapa da distribuição de bovinos foi o mesmo utilizado no item 2.3.1. **2)** O mapa de distância dos principais rios da região foi obtido a partir da elaboração de um “buffer” das localizações da entidade dos principais rios e posterior fatiamento. A distância única considerada foi de 3 km (**Figura 7**). A partir dos dois mapas (**Figura 1 e 7**), foi realizada uma inferência Booleana (**Figura 8**). Optou-se pela inferência Booleana para gerar esse mapa em virtude desse processo trabalhar de forma lógica, representando melhor a maneira como os

funcionários da CDA vinham trabalhando (atuação até uma distância fixa de 3 km dos principais rios e considerando maior risco para propriedades com grande número de bovinos).

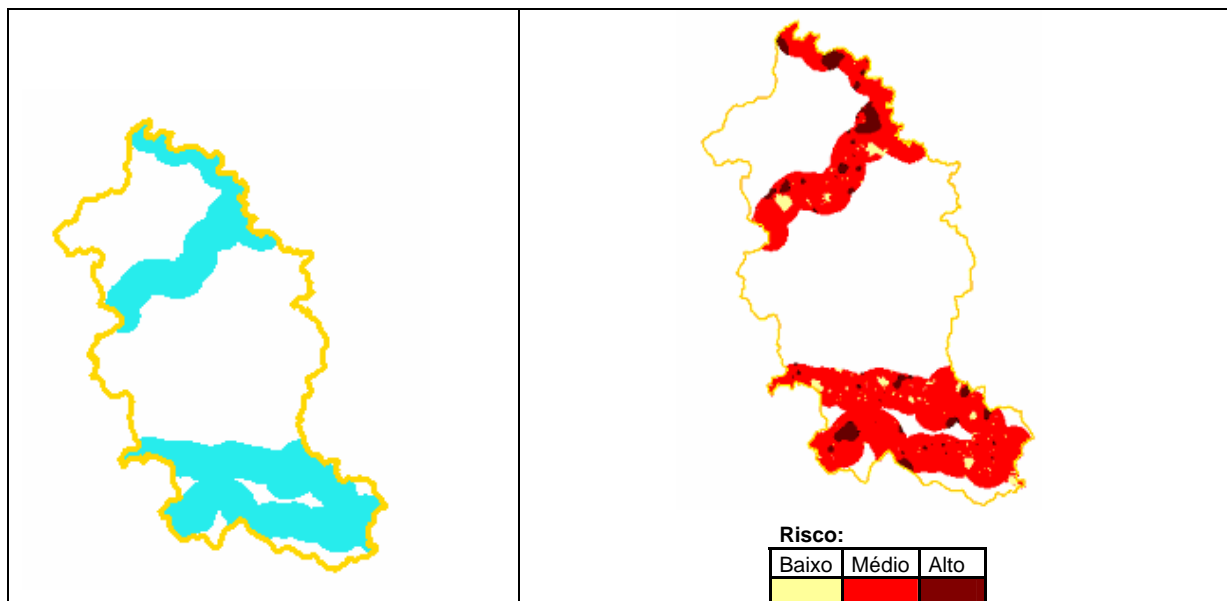


Figura 7: Mapa de distâncias dos principais rios.

Figura 8. Mapa de risco estabelecido gerado após inferência Booleana. Área em branco é considerada sem risco.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Áreas consideradas de alto risco para ataque de morcegos em locais com maior número de bovinos e locais com menor número de bovinos para a área de risco conhecida.

Para verificar se há um maior número de áreas consideradas de alto risco para locais com maior número de bovinos ou para locais com menor número de bovinos, foram contabilizados quantos hectares foram classificados de alto risco para áreas com maior número de bovinos e quantos hectares foram classificados de alto risco para áreas com menor número de bovinos. Verificou-se um total de 2.248 hectares para áreas com maior número de bovinos e 1.379 hectares com menor número de bovino (61,3%).

Em consequência desses resultados, pode-se presumir que há uma possibilidade da espécie *D. rotundus* reproduzir-se mais em áreas onde há maior oferta de alimento, pois um maior número de bovinos favoreceria o desenvolvimento de maior número de colônias de morcegos. Gomes et al. (2002) verificaram que na região de Piracicaba, nos meses de Março e Abril, os abrigos de morcegos vampiros estavam mais próximos da fonte de alimento do que dos principais rios da região. Para a formação de uma colônia na região de Piracicaba, a espécie pareceu preferir a presença de alimento a um abrigo próximo a um rio, mesmo em épocas com ausência de chuva.

Nos estudos realizados por Fornes (1974), no norte árido da Argentina, observou-se que os principais abrigos estavam localizados em cisternas (“Wells”) de fazendas e que a epizootia de raiva seguia o rumo das localizações desses abrigos, sugerindo que a espécie *D. rotundus* pode sustentar uma epizootia de raiva em herbívoros, mesmo vivendo em abrigos artificiais e distantes dos rios. Para o Estado de São Paulo, uma epizootia pode ser determinada da mesma forma que no norte da Argentina no início da década de 70, porquanto a espécie não precisa necessariamente migrar para áreas com grandes rios para sobreviver e,

conseqüentemente, causar uma epizootia em herbívoros domésticos às proximidades das grandes bacias hidrográficas.

### **3.2. Similaridade entre áreas de risco conhecidas e áreas de risco estabelecidas**

No intuito de verificar se há uma similaridade entre as áreas de risco conhecidas e de risco estabelecidas, foi realizado um cruzamento dos PIs do **mapa de risco conhecido (Figura 6a)** e **mapa de risco estabelecido (Figura 8)**. A partir desse cruzamento, foi possível estabelecer relações de comparação entre os dois mapas analisados.

Foi verificado assim, que dos 72.167 hectares de risco alto e médio que seriam consideradas de risco estabelecido para o ataque de morcegos em bovinos na região, apenas 5.440 hectares (7.5%) foram iguais à classificação das áreas de risco alto e médio conhecidas, ou seja, para a região e época analisada, caso fossem realizados trabalhos preventivos de controle da raiva em bovinos, conforme proposto pelos trabalhos de Lord (1988) e Taddei (1991), os resultados seriam pouco efetivos para o controle da raiva em bovinos.

Na época em que foram obtidas as informações deste trabalho (Março a Maio), início da estação seca no Estado de São Paulo, os morcegos já poderiam estar se deslocando para as proximidades dos rios (conforme a teoria) e uma similaridade maior entre os dois mapas (risco conhecido e estabelecido) poderia ter sido observada. Ainda, apenas 50% da área de risco conhecida estava localizada a uma distância de 3 km dos principais rios, uma epizootia nessa região e época considerada não necessariamente seguiria o curso dos principais rios, e sim, poderia tomar formas difusas, espalhando-se entre propriedades. Isto está em conformidade aos relatos dos funcionários da CDA, que observaram uma forma difusa da epizootia da raiva em herbívoros nos últimos 5 anos no Estado de São Paulo.

A diferença na escala de mapas entre este estudo e os trabalhos de Taddei et al.(1991) e Lord (1988) pode ter sido uma das causas das diferenças na avaliação dos resultados obtidos. Esses autores podem ter chegado a tais conclusões em função da escala pequena em que foram efetuadas as análises, levando à conclusão de que há uma proximidade muito grande entre as bacias hidrográficas e os Municípios com focos de raiva do Estado. Neste estudo, a escala utilizada foi de 1:100.000, portanto, pôde-se identificar detalhes mais específicos de uma determinada região, porém, em uma área menor. A análise de eventos semelhantes, em escalas diferentes, pode produzir resultados diferentes.

## **4. Conclusões**

A partir dos resultados apresentados, pode-se concluir que, embora a classificação das áreas de pastagem (para se conseguir uma desagregação do número de bovinos) não tenha sido submetida a um teste de acurácia, mostrou-se bastante útil e deve ser objeto de futuros estudos. As hipóteses de Taddei (1991) e Lord (1988) necessitam de maiores investigações, o presente trabalho, assim como observações de campo, sugerem que áreas próximas aos principais rios não necessariamente devam ser consideradas de risco para ataque de morcegos em bovinos e que as estratégias de controle da raiva podem ser modificadas. Os motivos que levam os morcegos hematófagos a formarem colônias em determinadas regiões ainda não estão claros e devem ser esclarecidos.

## **Agradecimentos**

Agradecemos a todos os funcionários da CDA envolvidos no controle da Raiva dos bovinos no Estado de São Paulo, principalmente, ao Diretor da regional de São João da Boa Vista, Pedro Valim, e aos funcionários Paulo e Arcanjo.

## Referências Bibliográficas

- Almeida, M.F.; Aguiar, E.C.E.; Martorelli, L.F.A.; Silva, M.M.S. Diagnóstico laboratorial de raiva em quirópteros realizado em área metropolitana na região sudeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 5, n. 28, p. 341-344, 1994.
- Bins, L. S., Erthal, G. J. & Fonseca, L. M. G. Um método de classificação não supervisionada por regiões. In: Congresso Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens, 5, 1992, Águas de Lindóia. **Proceedings...**São Paulo: SBC, 1992. v. 1, p. 65-68.
- Bonham-Carter, G.F. **Geographic information systems for geoscientists**, Terrytom: Pergamon/Elsevier Science Pub, 1994. 185 p.
- Burrough, P.A.; MacDonell, R.A. **Principles of Geographic Information Systems**, Oxford: Oxford University Press, 1998. 333 p.
- Correia, V.R.M.; Carvalho, M.S.; Sabroza, P.C.; Vasconcelos, C.H. Remote sensing as a tool to survey endemic diseases in Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**. V. 4, n. 20, p. 891-904, 2004.
- Durr, P.A.; Froggatt, A.E.A. How best to geo-reference farms? A case study from Cornwall, England. **Preventive Veterinary Medicine**, V. 56, p. 51-62, 2002
- Fornes, A.; Lord, D.L.; Kuns, M.L.; Larghi, O.P.; Fuenzalida, E.; Lazara, L. Control of bovine rabies through vampire bat control. **Journal of Wildlife Disease**. v. 10, p. 310-316, 1974.
- Freier, J.E.; Miller R. S.; Maroney, S. A.; FitzMaurice, P. L. Spatially-targeted surveillance for Newcastle disease in southern California. In: GisVet Conference, 2., 2004, Ontario. **Anais...** Ontario: GisVet, 2004. Regular papers. Disponível na biblioteca digital: <http://www.gisvet.org/Documents/GisVet04/RegularPapers/Freier.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2004
- Gomes, M.N.; Chaim, M.J.; Lucas, A.K.; Peres N.F.; Gonçalves C.A.; Nogueira V.S. Distribuição espacial dos abrigos de morcegos hematófagos *Desmodus rotundus* de acordo com a distância aos principais rios e propriedades da região do Escritório de Defesa Agropecuária de Piracicaba SP. In: Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, 29., 2002, Gramado. **Anais...** Brasília: SBMV; 2002 (CD-ROM).
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp?z=t&o=11&i=P> (consulta em novembro/2004)
- Kai, L.; Muller, J-P. 1991. Segmenting satellite imagery: a region growing scheme. In: IGARSS' 91, 2. Helsink, 1991. **Proceedings...** Piscataway: IEEE, 1992. v. 2: p. 1075-1078.
- Lord, R.D. Control of vampire bats. In: Greenhall AM. & Schmidt U, eds. **Natural history of vampire bats**. Florida, CRC PRESS, 1988. Cap15., p. 215-226.
- Pozzetti, P.S. **Estudo epidemiológico da raiva em animais herbívoros no Estado de São Paulo nos anos de 1996-1999**. 2001. 181 p. (USP). Tese (Doutorado em Medicina Veterinária e Saúde Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, São Paulo.2001.
- Saaty, T.L. **Multicriteria decision making-The analytical hierarchical process**. Pittsburg: RWS Publications, 1992. 125 p.
- Silva, J.A.; Moreira E.C.; Haddad J.P.A.; Sampaio I.B.M.; Modena C.M.; Tubaldini M.A.S. Distribuição temporal e espacial da raiva bovina em Minas Gerais. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.3, n. 53, p. 263-272, 2001.
- Taddei, A.V.; Gonçalves, C.A.; Pedro, W.A.; Taddei, W.J.; Kotait, I.; Arieta, C. **Distribuição do morcego vampiro *Desmodus rotundus* no Estado de São Paulo e a raiva dos animais domésticos**. Campinas (SP): Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1991. 107 p.
- Trajano, E. Movements of cave bats in southeastern Brazil, with emphasis on the population ecology of the common vampire bat, *Desmodus rotundus*. **Biotropica**. V. 1, n. 28, p. 563-573, 1992.
- Wilkinson, G.S. Social organization and behavior. In: Greenhall A.M. & Schmidt U., eds. **Natural history of vampire bats**. Florida, CRC PRESS, 1988, Cap7., p. 85-96.