

Organizadoras
Helen Gurgel
Nayara Belle

Geografia e Saúde: Teoria e Método na Atualidade

Brasília
Universidade de Brasília
2019

Organizadoras:

Helen Gurgel - UnB
Nayara Belle - UnB

Autores:

Antônio Miguel Vieira Monteiro - INPE
Christovam Barcellos - Fiocruz
Emmanuel Roux - IRD
Francisco Mendonça - UFPR
Helen Gurgel - UnB
Jorge Pickenhayn - UNSJ
Ligia Vizeu Barrozo - USP
Luisa Basilia Iñiguez Rojas - UH
Maria Isabel Escada - INPE
Michelle Isabel Andrade Furtado - INPE
Neli Aparecida de Mello-Théry - USP
Pascal Handschumacher - IRD
Paulo Peiter - Fiocruz
Rafael de Castro Catão - UFES
Raul Borges Guimarães - UNESP
Renaud Marti - IRD

Conselho Editorial

Anne Elisabeth Laques - IRD
Dante Flavio da Costa Reis Junior - UnB
Helen da Costa Gurgel - UnB
Rafael de Castro Catão - UFES
Walter Massa Ramalho - UnB
Wildo Navegantes de Araújo - UnB

Transcrição e Revisão:

Amarílis Bahia Bezerra - UnB
Eucilene Alves Santanna - UnB
Gabriel Bueno Leite - UnB
Gabriel Rodrigues Rocha e Silva - UnB
Gilson Panagiotis Heusi - UnB
Julia Taveira Rudy - UnB
Karina Flávia Ribeiro Matos - UnB
Maurício Pires Machado Xavier - UnB
Nayara Belle - UnB

Projeto Gráfico:

Juliana Nova

Realização e Apoio:

Universidade de Brasília - UnB
Institut de Recherche pour le Développement - IRD
Fundação Oswaldo Cruz - Fiocruz
Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal - FAP/DF
Laboratório de Geografia, Ambiente e Saúde da
Universidade de Brasília - LAGAS/UnB
Programa de Pós-Graduação em Geografia da
Universidade de Brasília - PPGGEA/UnB
Fundação de Apoio para Pesquisa, Ensino, Extensão e
Desenvolvimento Institucional - Finatec

Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília - DF
CEP: 70910-900

GURGEL, Helen; BELLE, Nayara (Org.).

Geografia e Saúde: Teoria e Método na Atualidade / Helen Gurgel, Nayara Belle - Brasília: Universidade de Brasília, 2019. 170 p.

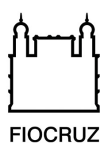
ISBN 978-65-5080-008-6

1. Geografia da Saúde 2. Saúde Pública 3. Perspectivas Franco-Brasileira I. Título. II. Gurgel, Helen III. Belle, Nayara

Helen Gurgel e Nayara Belle (Orgs.)
Universidade de Brasília

Geografia e Saúde: Teoria e Método na Atualidade

Realização:



Apoio:



PROGRAMA DE
POS-GRADUAÇÃO
GEOGRAFIA



Prefácio	06
Helen Gurgel e Nayara Belle	
Apresentação	08
Emmanuel Roux	08
Christovam Barcellos	09
Helen Gurgel	10
Geografia e Saúde: o antigo, o novo e as dívidas	12
Luisa Basilia Iñiguez Rojas	
Visões franco-brasileira sobre os conceitos clássicos da geografia da saúde	26
Comprendre les territoires par les maladies à transmission vectorielle: une nécessaire adaptation des concepts	27
Pascal Handschumacher	
Dupla determinação geográfica da saúde: um olhar franco-brasileiro	43
Raul Borges Guimarães	
Complexos patogênicos na atualidade	49
Rafael de Castro Catão	
Dossiê franco-brasileiro de geografia e saúde da Revista Confins (Paris)	60
A Revista Confins (Paris) e a Geografia da Saúde	61
Neli Aparecida de Mello-Théry	
Dossiê Franco-Brasileiro de Geografia e Saúde da Revista Confins (Paris)	65
Helen Gurgel	
As relações entre Brasil e França na geografia da saúde: Tradições e desafios atuais	67
Christovam Barcellos	
Avanços teóricos e metodológicos na relação entre geografia e saúde	72
Avanços teóricos e metodológicos nas relações entre geografia e saúde	73
Paulo Peiter	

Santé, environnement et télédétection	81
Renaud Marti	
Métodos para a análise da paisagem nos estudos dos processos saúde-doença: Exemplo do complexo patogênico da hantavirose	95
Maria Isabel Sobral Escada, Antônio Miguel Vieira Monteiro, Michelle Andrade Furtado	
Os desafios contemporâneos na geografia da saúde	110
A Geografia da Saúde na sua maior encruzilhada	111
Jorge Pickenhayn	
Tradição e modernidade nos cuidados com a saúde humana - Desafios e potencialidade à geografia da saúde	117
Francisco Mendonça	
Os desafios contemporâneos na geografia da saúde	141
Ligia Vizeu Barrozo	
Novas direções para os estudos geográficos na saúde	152
Faire de la géographie pour la santé quel avenir – quelques pistes pour les années à venir	153
Pascal Handschumacher	
A relação entre saúde e educação	163
Raul Borges Guimarães	
Informações sobre os autores	166

Avanços
teóricos e
metodológicos
na relação
entre geografia
e saúde

Métodos para a análise da paisagem nos estudos dos processos saúde-doença: Exemplo do Complexo Patogênico da Hantavirose



**Maria Isabel Sobral Escada,
Antônio Miguel Vieira Monteiro,
Michelle Andrade Furtado**

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Para analisar questões sobre o processo de produção saúde/doença, buscamos desenhar um arcabouço teórico em que a paisagem é observada e mensurada por meio de imagens de sensoriamento remoto e de dados primários e secundários, colhidos com estratégias de pesquisa de base universal ou amostral, sendo utilizada como um objeto de mediação. Neste contexto, duas ideias são centrais. A primeira, associada ao trabalho do parasitologista russo Evgeny Nikanorovich Pavlovsky (1939¹; 1966)² que ressalta, no processo de produção de doenças, a criação de focos pela ação do homem sobre a natureza, devido a sua capacidade de transformar as paisagens onde vivem. A segunda ideia, é associada ao trabalho do geógrafo francês Max Sorre (1933)³ que nos apresenta o conceito de complexo patogênico que propõe que a forte relação de interdependência que vetores, homem e patógenos mantêm entre si, realiza-se em uma determinada região geográfica e em paisagens específicas. Sob essa perspectiva, torna-se possível a operacionalização de uma “cartografia” para certos complexos patogênicos a partir da paisagem observada e capturada com dados de sensoriamento remoto, e complementada por dados secundários e dados primários, provenientes de coleta em campo. Estes dados são tratados com métodos de análise espacial e de processamento de imagens e integrados com o uso de Sistemas de Informação Geográficas (SIG).

Sabemos que somente a análise desta dimensão, a da paisagem de um complexo patogênico, não é suficiente para a compreensão mais completa do processo saúde-doença e deve ser complementada com a análise de dados sociodemográficos, econômicos e institucionais, entre outros. Mas a análise da dimensão física da paisagem realizada com métricas quantitativas abre a possibilidade de desenvolvermos indicadores que podem ser construídos de forma sistemática, possibilitando identificar e avaliar padrões espaciais da paisagem e as suas trajetórias relacionadas às relações entre os elementos de paisagem estabelecidos e os complexos patogênicos em estudo.

1 PAVLOVSKY, E. N. On Natural Foci of Infection and Parasitic Diseases. Vestnik AKAD SSSR 10, p. 98 -108, 1939.

2 PAVLOVSKY, E. N. Natural Nidality of Transmissible Diseases; With Special Reference to Landscape Epidemiology of Zoonthropose. Urbana, IN.: University of Illinois Press, p. 261, 1966.

3 SORRE, M. Complexes pathogènes et géographie médicale. Annales de Géographie, v. 42, n. 235, p. 1-18, 1933.

Dentro dessa perspectiva, os estudos da dimensão física da paisagem em um determinado complexo patogênico, podem ser realizados a partir de análises da estrutura e composição dos elementos da paisagem e de análises funcionais, em que as informações sobre as características do vetor, como o seu habitat, seus hábitos alimentares, bem como a forma como se deslocam e se reproduzem, entre outras, são utilizadas como parâmetros na aplicação de métricas e índices da paisagem. Utilizamos o modelo corredor-mancha-matriz, concebido na vertente americana da ecologia da paisagem, desenvolvida a partir da teoria de biogeografia de Ilhas (MACARTHUR; WILSON, 1967)⁴, que disponibiliza uma série de índices para avaliar a composição e a configuração espacial da paisagem e realizar comparações entre paisagens distintas ou de uma mesma paisagem ao longo do tempo. Nesta concepção, a paisagem pode ser vista com uma unidade heterogênea, com elementos que se repetem, formada por diferentes manchas de uso e cobertura da terra, que interagem entre si (FORMAN, 1995⁵; METZGER, 2001⁶), e que podem ser observadas e mapeadas com imagens de satélite. Esses dados possibilitam avaliar, além da configuração e composição dos elementos das paisagens, as áreas de fronteira formadas pelas bordas adjacentes dos diferentes tipos de manchas de uso e cobertura da terra.

Quando trabalhamos com medidas de fronteira, por exemplo, em que bordas adjacentes de diferentes tipos de cobertura da terra são caracterizadas, as métricas extraídas desta paisagem podem ser consideradas como objetos de mediação que associam estes elementos à ideia de uma possibilidade de contato entre humanos, vetores e patógenos, produzindo um indicador de contato potencial, que faz a mediação, mesmo com perdas, para o conceito de exposição, neste caso, uma medida indireta para o potencial de exposição no contexto daquele complexo patogênico. Para isso, é necessário definir quais classes e quais tipos de bordas devem ser avaliados, tendo como base os elementos da paisagem envolvidos no ciclo de transmissão da doença sendo estudada. Se estivermos trabalhando com o complexo da Hantavirose, por exemplo, são avaliadas as classes de cobertura da terra que representam a borda entre as áreas das classes que representam o habitat de roedores, reservatórios dessa doença, e as classes que representam as atividades humanas e que, por consequência, definem sua presença. Representando o habitat dos roedores, são analisadas as manchas de Floresta ou de Cerrado e sua borda com áreas de pastagem, áreas agrícolas, ou áreas periurbanas, que representam as atividades humanas e sua moradia. As espécies de roedores envolvidas neste complexo são, em geral, generalistas e se adaptam bem às condições microclimáticas de borda, encontrando alimento e/ou outros recursos nos locais em que os humanos vivem e/ou trabalham. Assim, mapear e analisar mosaicos de paisagem e as bordas formadas entre classes de cobertura da terra nos auxilia a compreender

4 MACARTHUR, R., H.; WILSON, E. O. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1967.

5 FORMAN, R. T. T. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, p. 632, 1995.

6 METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica*, Campinas, v. 1, n. 1/2, p. 1-9, 2001.

o complexo patogênico da Hantavirose. Observamos a estrutura da paisagem com dados de sensoriamento remoto ou dados classificados de imagens. Para essa análise inicial, utilizamos também dados de campo e informações obtidas na literatura.

Em um primeiro passo, são gerados tipos de padrões de paisagem para os quais é feita a associação entre os componentes da paisagem em observação e sua configuração espacial, com elementos dos processos envolvidos no ciclo de transmissão da doença em análise. Este conjunto de tipos estabelece uma tipologia que reflete os padrões de paisagem analisados no contexto do complexo patogênico em estudo. A tipologia procura representar as características ecológicas dos reservatórios e também os modos de vida da população humana e suas atividades. Trabalhamos com representações dos elementos presentes na paisagem utilizando células ou objetos e extraímos métricas relativas à paisagem delimitada com base nessas unidades espaciais de análise. Essas métricas são atribuídas a estas unidades e são utilizadas como atributos para que seja realizada sua classificação, com técnicas de mineração de dados, realizada de forma supervisionada, ou seja, a partir da coleta de amostras de treinamento e de teste, tendo como base a tipologia definida a priori.

Para complementar a análise da paisagem, geramos uma outra tipologia associada aos tipos de bordas, ou seja, baseada nas bordas de interesse para o complexo analisado representadas por geometrias de linhas e de polígonos. A partir de métricas de borda ou de contraste, são gerados índices para representar o contato potencial (uma proxy para a exposição) entre humanos e reservatório, nas paisagens inseridas nas células ou conjunto de objetos, dependendo da unidade de análise definida. Como os sensores a bordo dos satélites revisitam o mesmo local repetidamente, torna-se possível também trabalhar com trajetórias de mudanças da paisagem, observando as mudanças na configuração espacial, na composição, e nas fronteiras entre as manchas que compõem as paisagens representadas.

Um elemento importante quando trabalhamos com uma unidade espacial de análise como as células é definir um tamanho que seja apropriado para a análise, que deve estar relacionado com o fenômeno em estudo e com sua representação no espaço. Podemos citar o exemplo de um estudo realizado por Reis (2011)⁷ com a dengue em uma área urbana do Rio de Janeiro. Testes empíricos levaram a escolha de uma grade celular de tamanho de [250X250] metros. Esse tamanho de célula foi avaliado empiricamente juntamente com outros tamanhos, sendo este representou mais apropriadamente a estrutura da paisagem analisada, apresentando homogeneidade dos componentes urbanos e, ao mesmo tempo, incluiu grandes estruturas urbanas, sem descaracterizá-las, como os galpões industriais. Essas estruturas são importantes para o complexo da dengue, pois

7 REIS, I. C. Caracterização de paisagens urbanas heterogêneas de interesse para a vigilância e controle da dengue com o uso de sensoriamento remoto e mineração de padrões espaciais: um estudo para o Rio de Janeiro. Dissertação - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 174 p., 2011.

representam áreas pouco fiscalizadas e muitas vezes abandonadas, podendo representar áreas de ocorrência de criadouros de mosquito.

Após a escolha do tamanho da célula, o próximo passo é definir a tipologia. Como exemplo, apresentamos a tipologia criada para o Rio de Janeiro para a discussão sobre estratégias de amostragem para a implantação de armadilhas de mosquitos adultos e armadilhas de oviposição para o *Aedes aegypti*. Essa etapa resultou em dez tipos de paisagem representados por células de [250x250] metros. Para chegar nessa tipologia, os elementos analisados foram: presença e densidade de áreas construídas, tipos de moradia, presença de áreas com sombra, densidade de arruamento e presença de vegetação. Foram descritas as relações entre esses elementos que indicam, de um lado, a presença e circulação humana e, de outro, a potencial presença do *Aedes aegypti* e a ocorrência de criadouros. Áreas densamente construídas apresentam, em geral, uma grande densidade populacional que associadas a uma densa rede de ruas promovem uma intensa circulação humana. Áreas com essas características populacionais, em regiões que apresentam grande quantidade de sombras, geram ambientes favoráveis aos criadouros de mosquito, definindo regiões importantes para o estudo do complexo da dengue. Cada um dos padrões de paisagem é descrito na tipologia, observando-se conjuntamente sua importância nas dimensões entomológica e epidemiológica, como apresentado na Figura 1.

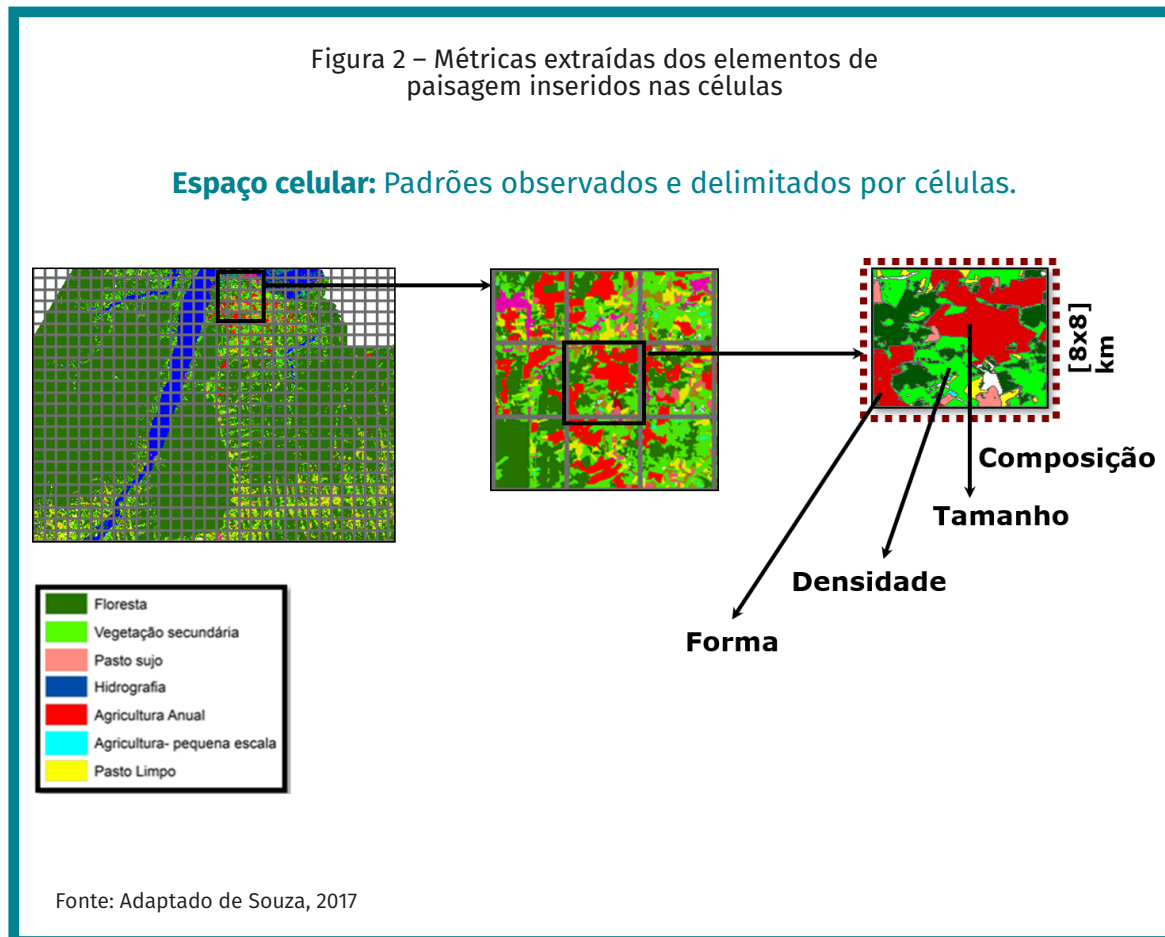
Figura 1 – Descrição de Tipologia de Padrões da Paisagem para o complexo da dengue no Rio de Janeiro

Tipologia de Padrões da Paisagem

	PPU I	PPU II	PPU III	PPU IV	PPU V	
Identificação dos Padrões de Paisagem Urbana (PPU).	Padrão de Paisagem Urbana Imagem Quickbird 3(R)2(G)1(B)	Padrão de Paisagem Urbana Imagem Quickbird com os segmentos classificados vazados	Padrão de Paisagem Urbana Imagem classificada	Descrição do Mosaico do Padrão de Paisagem Urbana	Caracterização dos elementos presentes no Padrão de Paisagem Urbana	Importância epidemiológica e entomológica
PPU I		 Área residencial/serviço Sombra Arruamento pavimentado	 Área residencial/serviço Sombra Arruamento pavimentado	Área residencial/serviço muito densa. Quando residências e habitações são do tipo unifamiliar justapostas, sem presença de jardins ou quintais. O sombreamento é denso. O arruamento é denso e pavimentado. Não há áreas com vegetação, imóveis não residenciais (galpões) e nem áreas não edificadas.	Esse padrão foi definido considerando as classes área residencial/serviço, sombra e arruamento, descrita a seguir: - Classe: área residencial/serviço – 60% de polígonos da classe residencial/serviço variando em tamanho de 3 m ² a 8.000 m ² e com formato irregular. - Classe sombra – 40% de polígonos da classe sombra variando em tamanho entre 23 m ² a 2.253 m ² com forma alongada e bordas irregulares. - Classe rua pavimentada – muito densa.	1) Relativo ao homem: área de alta densidade de ruas, que favorece a alta circulação de pessoas entre qualquer ponto da região. 2) Relativo ao vetor: área densamente habitada onde os recipientes com água podem estar localizados a céu aberto sem o devido cuidado e muito sombreada. Essa junção pode contribuir para a formação de microclimas favoráveis ao desenvolvimento dos imaturos da espécie.

Fonte: Adaptado de Reis, 2011.

As paisagens e seus objetos contidos no espaço celular são analisados (Figura 2) e métricas de estrutura e composição da paisagem são extraídas, sendo elas: número de classes (riqueza), proporção de área de cada classe (abundância), tamanho das manchas de paisagem, densidade, forma, bordas, entre outras. Cada célula é associada a um conjunto de valores (atributos) relativos às métricas de paisagem.



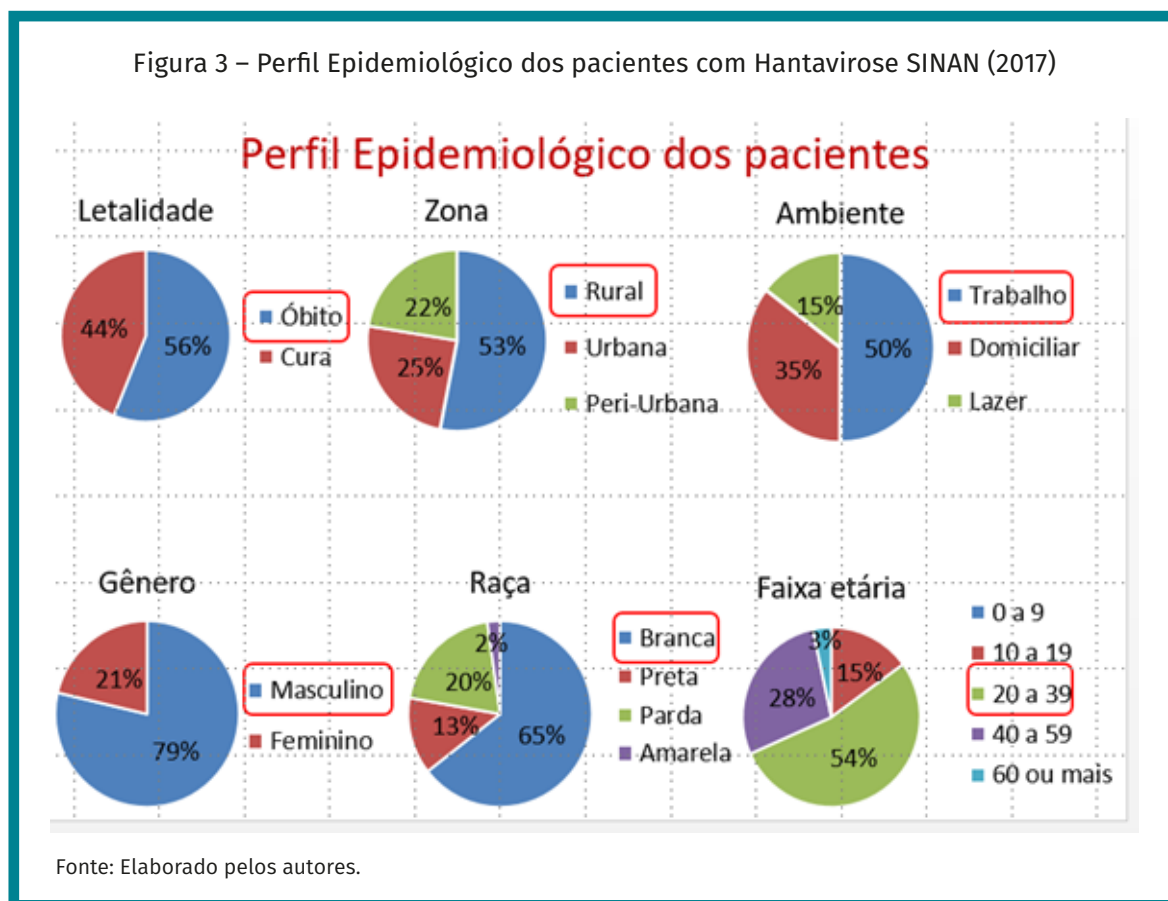
A classificação das células é realizada de forma supervisionada, com a coleta de amostras de treinamento em um sistema de mineração de dados, o GeoDMA – Geographic Data Mining Analyst (KÖRTING et al., 2013)⁸, que considera os valores dos atributos extraídos para cada célula e utiliza um algoritmo de árvore de decisão para selecionar os atributos que melhor separam as categorias definidas na tipologia. Como resultado, é gerado um mapa classificado de células relativo aos padrões de paisagem de interesse para o complexo patogênico em questão. Esses mapas podem ser validados com dados de campo e também avaliados a partir do uso de amostras de teste.

⁸ KÖRTING, T. S.; FONSECA, L. M. G.; CÂMARA, G. GeoDMA-Geographic Data Mining Analyst. Computers and Geosciences, v. 57, p. 133-145, 2013.

Como exemplo demonstrativo dessa metodologia, apresentamos os estudos do complexo da Hantavirose realizado por Furtado et al. (2013)⁹ e Furtado (2018)¹⁰, em que foi realizada uma análise funcional da paisagem em um polo sucroalcooleiro do estado de São Paulo, inserido na microrregião de São Carlos e Ribeirão Preto.

A Hantavirose é transmitida por um camundongo infectado pelo hantavírus e a transmissão da doença se dá pela inalação dos excrementos desses roedores. A infecção acaba levando boa parte dos pacientes a óbito (56%, de acordo com o SINAN, 2017)¹¹.

Se analisarmos o perfil epidemiológico dos pacientes, apresentado na Figura 3, é possível observar que além da letalidade da doença ser alta, em geral, os pacientes moram na zona rural, e contraem a doença no local de trabalho. São homens brancos, na faixa etária entre 20 a 39 anos, que trabalham em lavouras, na colheita da cana-de-açúcar ou em atividades da pecuária.



A Figura 4 apresenta de maneira simplificada o complexo da hantavirose que inclui a paisagem onde se encontram o patógeno (hantavírus), o homem e o

9 FURTADO, M. A.; Monteiro, A. M. V.; Escada, M. I. S. Padrões de paisagem espaço-temporais nas microrregiões de Ribeirão Preto e São Carlos: Investigando a história natural da hantavirose a partir da análise da estrutura da paisagem. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. (SBSR), Foz do Iguaçu. Anais. São José dos Campos: INPE, p. 2384-2391, 2013.

10 FURTADO, M. A. O complexo da hantavirose em um pólo sucroalcooleiro do Estado de São Paulo investigado pela análise funcional da paisagem. Tese - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 135 p., 2018.

11 Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN. Portal do Ministério da Saúde–Brasil, 2017.

reservatório, representado pelo roedor da espécie *Necromys lasiurus*, principal vetor da doença na região. A partir de revisão da literatura foi analisado o habitat do camundongo, seus deslocamentos, bem como sua preferência em termos ambientais, para alimentação e reprodução. Considerando seu deslocamento definimos o tamanho das células de [2X2] km. Também com base na revisão da literatura foi feita a caracterização das áreas de contato potencial que se estabelecem entre o reservatório do hantavírus e a população de humanos.

Figura 4 – Representação do complexo da Hantavirose



Fonte: Adaptado de Reisen (2010).

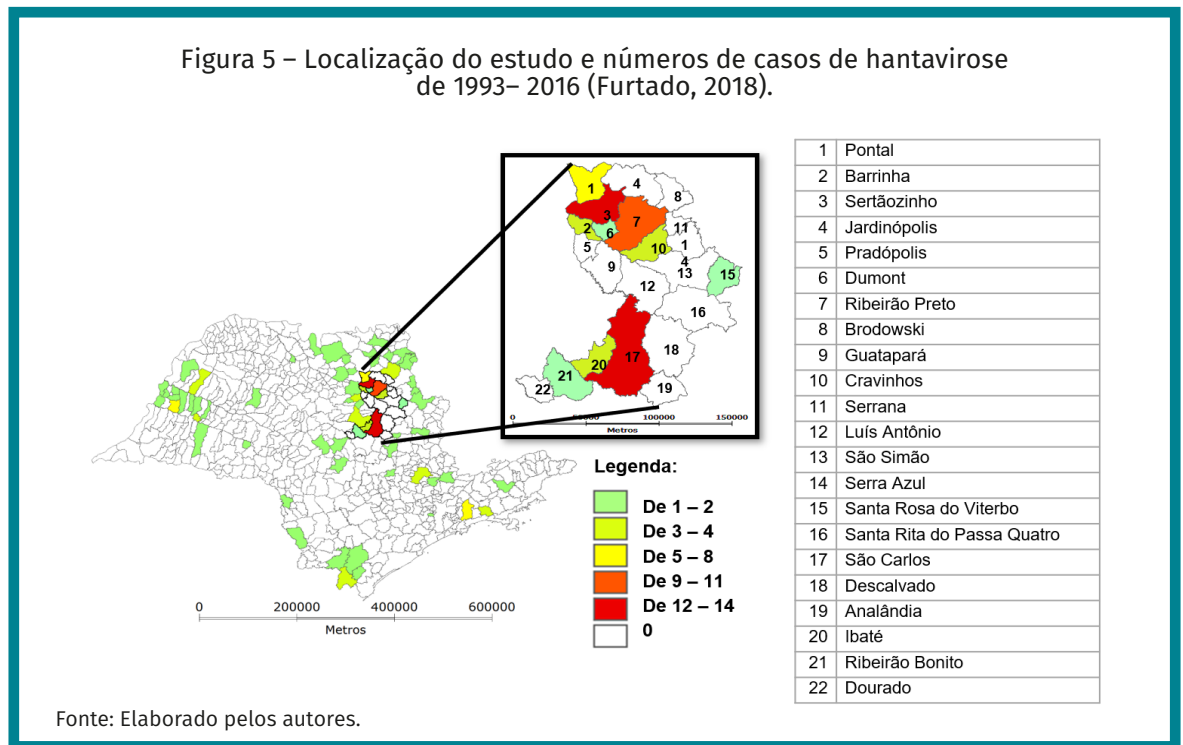
A área de estudo (Figura 5) desta pesquisa localiza-se na região noroeste do estado de São Paulo, onde os números de casos, embora não sejam altos, representam um dos maiores do Brasil (76 casos), no período de 1993 a 2016, sendo os municípios de Ribeirão Preto, São Carlos e Sertãozinho os que apresentam maior número (CVE-SP, 2017)¹².

No âmbito global, o incentivo ao uso do biocombustível, entre outros fatores, estimulou a expansão das áreas de cana-de-açúcar nessa região, ocorrendo um aumento significativo da área cultivada entre os anos de 1996 e 2016, apresentando em 2016 48% do total das terras cultivadas com cana-de-açúcar (IBGE, 2016)¹³. Nesse ambiente predominam paisagens com manchas de cerrado muito fragmentadas, muitas delas não apresentam em seu núcleo as condições microclimáticas originais, ou seja, praticamente toda a área dessas manchas

12 Centro de Vigilância Epidemiológica do Estado de São Paulo (CVE-SP). Distribuição dos casos segundo município de residência e local provável de infecção. Disponível em: <http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/cve_hanta.html>. Acesso em: 20 abr. 2017.

13 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal (PAM). Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>> Acesso em: 10 dez. 2017.

apresenta condições de borda, com um microclima favorável à reprodução e à proliferação dos camundongos.



A paisagem é representada pelas imagens classificadas de satélite (TM/Landsat 5) referente aos anos de 2003 a 2010. As classes de uso e cobertura da terra selecionadas para a classificação espectral das imagens de satélite foram definidas em função do habitat e das preferências do roedor, bem como do modo de vida do homem, suas atividades de trabalho, habitação e recreação, que favorecem o contato com o roedor e potencialmente o deixam exposto ao vírus. Dessa maneira, consideramos todos os elementos relacionados com o roedor e também com as atividades e presença humana. Sob a perspectiva do roedor, classes como o cerrado, mosaico de agricultura, exceto cana-de-açúcar e pastos, foram mapeadas por serem áreas de preferência do roedor e onde também as atividades humanas são exercidas, havendo possibilidades de encontro entre eles. Do ponto de vista do homem, áreas urbanas e de chácaras foram mapeadas, representando a presença da população.

A tipologia (Tabela 1) que desenvolvemos baseou-se na análise das paisagens inseridas nas células, a partir dos mapas classificados de uso e cobertura da terra. Os mosaicos de paisagem contidos nas células foram organizados seguindo um gradiente de relevância para o complexo patogênico da Hantavirose. Nesse gradiente, foram consideradas classes de maior relevância, ou seja, os mosaicos de paisagem que continham a combinação de classes como cana-de-açúcar, cerrado, e outras áreas agrícolas. Essa tipologia foi desenvolvida tendo como base revisão de literatura como referência, estudos que descrevem as classes de uso e cobertura da terra em que ocorreu coleta e captura dos roedores envolvidos no

complexo da Hantavirose (VIEIRA et al 2005¹⁴; UMETSU e PARDINI, 2007¹⁵; GOODIN et al, 2006¹⁶; PEREIRA, 2006¹⁷; SUZÁN et al, 2006¹⁸; SOUSA et al., 2008¹⁹; FIGUEIREDO et al., 2009²⁰; GHELER-COSTA et al., 2012²¹; PRIST et al., 2016²²).

Tabela 1 - Tipologia dos padrões de paisagem de interesse para o complexo da Hantavirose

Padrão	Relevância para o complexo da SCPH
Cerradão (PI)	Pouco relevante para o complexo da SCPH.
Urbano (PII)	Pouco relevante para o complexo da SCPH.
Mosaico de cobertura com pouco cerrado (PIII)	Pouco relevante para o complexo da SCPH.
Cerrado e mosaico de cobertura (PIV)	Moderada relevância para o complexo do SCPH.
Urbano e mosaico de cobertura (PV)	Alta relevância para o complexo do SCPH.
Chácara e mosaico de cobertura (PVI)	Alta relevância para o complexo do SCPH.
Mosaico de cobertura (PVII)	Altíssima relevância para o complexo do SCPH.
Pasto e mosaico de cobertura (PVIII)	Altíssima relevância para o complexo do SCPH.
Mosaico de agricultura exceto cana de açúcar e mosaico de cobertura (PIX)	Altíssima relevância para o complexo do SCPH.
Cana de açúcar e mosaico de cobertura (PX)	Altíssima relevância para o complexo do SCPH.

Fonte: Furtado, 2018.

Na classificação espectral de uso e cobertura da terra, para os anos de 2003 e 2010, observamos que não há grandes mudanças de área nas classes de uso e cobertura da terra, exceto na classe cana-de-açúcar, em que ocorreu um aumento de 750 km² na sua área. A área dessa classe, somada a área da classe mosaico de agricultura exceto cana-de-açúcar, ocupa 67% de toda a área analisada. Notamos também um pequeno aumento na classe cerrado (26%), o

14 VIEIRA, E. M. et al. Microhabitat selection and daily movements of two rodents (*Necomys lasiurus* and *Oryzomys scotti*) in Brazilian Cerrado, as revealed by a spool-and-line device. *Mammalian Biology*. Jena: Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag, v. 70, n. 6, p. 359-365, 2005.

15 UMETSU, F.; PARDINI, R. Small mammals in a mosaic of forest remnants and anthropogenic habitats — evaluating matrix quality in an Atlantic forest landscape. *Landscape Ecology*, v. 22, n. 4, p. 517-530, 2007.

16 GOODIN, D. G. et al. Land cover associated with hantavirus presence in Paraguay. *Global Ecology and Biogeography*, v. 15, n. 5, p. 519-527, 2006.

17 PEREIRA, L. E. Estudo ecoepidemiológico de hantavírus em roedores das regiões da Mata Atlântica e Cerrado do Brasil. Tese (Doutorado em Ciências) - Coordenadoria de Controle de Doenças da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, São Paulo, 165 p., 2006.

18 SUZÁN, G. et al. Modeling hantavirus reservoir species dominance in high seroprevalence areas on the Azuero peninsula of Panama, *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 74, n. 6, p. 1103-1110, 2006.

19 SOUSA, R. L. M. et al. A natural host relationships and genetic diversity of rodent-associated hantaviruses in southeastern Brazil. *Intervirology*, v. 51, p. 299-310, 2008.

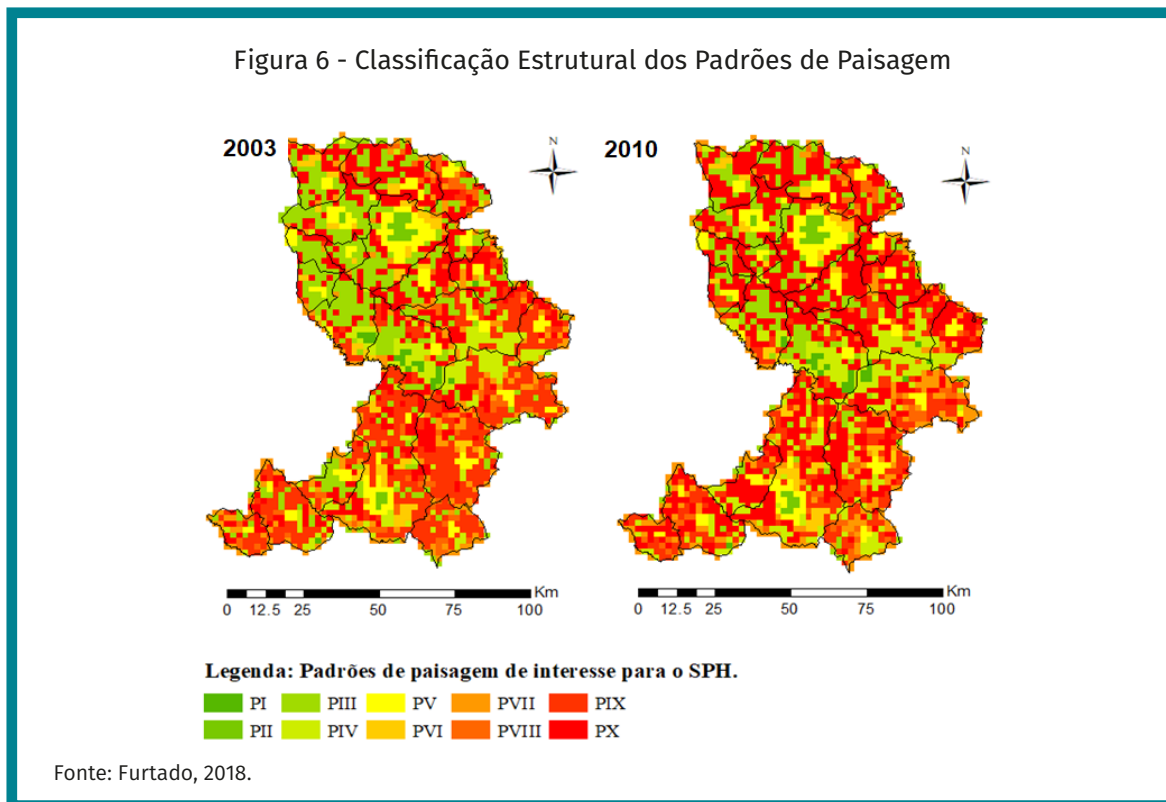
20 FIGUEIREDO, L. T. M. et al. Evaluation of an Enzyme-Linked Immunosorbent Assay based on Araraquara Virus Recombinant Nucleocapsid Protein. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 81, p. 273-276, 2009.

21 GHELER-COSTA, C. et al. The distribution and abundance of small mammals in agroecosystems of southeastern Brazil. *Mammalia*, v. 76, n. 2, p. 185-191, 2012.

22 PRIST, P. R. et al. Landscape, environmental and social predictors of hantavirus risk in São Paulo, Brazil. *Plos One*, v. 11, n. 10, p. 1-18, 2016.

que é consistente com dados obtidos pelo Instituto Florestal no período (IF, 2010)²³.

Quando realizamos a classificação estrutural dos padrões de paisagem (Figura 6), observamos que as paisagens que apresentam uma maior relevância para o complexo da Hantavirose têm um aumento significativo de área.



Pela Tabela 2 é possível observar que o padrão PX, que é de grande relevância para o complexo da Hantavirose, aumenta, e que ocorre uma diminuição no padrão PIX, que também é de alta relevância. Entretanto, a quantidade de células que passa a apresentar maior relevância não é totalmente compensada pelas células que tem sua relevância reduzida. Podemos ver também que temos um aumento no padrão PIV, que é de relevância moderada, e uma expressiva redução no padrão PIII, de baixa relevância. Com isso, podemos concluir que no período estudado há um aumento, o número de células que representam paisagens de alta relevância para o complexo da Hantavirose e uma redução no número de células de baixa relevância, indicando que a paisagem se tornou mais favorável ao contato entre humanos e roedores.

Para a análise de fronteira, trabalhamos sob dois pontos de vista: o primeiro (Tabela 3), sob a perspectiva do roedor, em que selecionamos as bordas da classe Cerrado, que representam o habitat do roedor, que fazem adjacência com as bordas de outras classes de sua preferência e, como já mencionado, onde ocorre concomitantemente a presença humana a partir de suas atividades. E o segundo

23 IF - Instituto Florestal. Novo Inventário Florestal, 2010. Disponível em: <<http://iflorestal.sp.gov.br/2010/03/18/novo-inventario-florestal-mostra-886-mil-hectares-a-mais-de-vegetacao-nativa/>> Acesso em: 10 dez 2017.

(Tabela 4), sob a perspectiva humana, em que as bordas observadas são as das classes Urbano e Chácara, que representam uma maior densidade populacional e que estão adjacentes às bordas das manchas das classes de habitat e às outras classes de preferência do roedor.

Tabela 2 – Padrões de paisagem

D)		Padrões do ano de 2010										Total 2003
		PI	PII	PIII	PIV	PV	PVI	PVII	PVIII	PIX	PX	
Padrões do ano 2003	PI	15	0	0	6	0	0	0	0	1	0	22
	PII	0	24	0	0	0	0	0	0	0	0	24
	PIII	1	0	246	4	2	0	23	4	22	201	503
	PIV	7	0	1	159	1	0	7	1	13	4	193
	PV	0	3	0	0	171	1	1	0	0	0	176
	PVI	0	0	0	0	2	75	0	0	0	0	77
	PVII	2	0	5	38	0	0	135	11	13	62	266
	PVIII	0	0	3	12	0	0	13	31	11	12	82
	PIX	0	0	9	49	1	1	89	31	204	148	532
	PX	0	0	23	14	1	0	0	1	2	492	533
Total 2010		25	27	287	282	79	178	77	268	266	919	
% da diferença entre 2003 para 2010		14%	13%	-43%	46%	1%	0%	1%	-4%	-50%	72%	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3 - Tipologias de Borda: Perspectiva do roedor

BORDAS DE CONTRASTE	PESO	ATRIBUTOS ECOLÓGICOS QUE CONTRIBUEM COM O PESO (Abundância de Roedor)
Cerrado X Urbano	0.4	Disponibilidade de alimentos, como restos de comida e lixo.
Cerrado X Chácara	0.5	Disponibilidade de comida, como rações mal armazenadas para animais e lixo. Fornece abrigo, principalmente em casas ou barracões com frestas que facilitam a entrada desses roedores.
Cerrado X Pasto	0.6	Abrupta, porém, como os roedores são generalistas, eles também são encontrados em áreas de pastagens e com uma alta soropositividade para o hantavírus.
Cerrado X Agricultura	0.8	Roedores encontrados com alta abundância devido a disponibilidade de comida e abrigo, podendo gerar novos micro-habitats. Além de ser destacado como um importante fator para maior soropositividade do hantavírus.
Cerrado X Cana de açúcar	0.8	Trabalhos mostram que esses roedores podem ser encontrados até com maior abundância em lavouras de cana de açúcar do que em remanescentes florestais nativos. Nos canaviais eles conseguem abrigo, alimento e água roendo os caules de cana de açúcar.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4 - Tipologias de Borda: Perspectiva humana

BORDAS DE CONTRASTE	PESO	ATRIBUTOS ECOLÓGICOS QUE CONTRIBUEM COM O PESO (Presença Humana)
Urbano e Chácara X Agricultura	0.6	Alta abundância de roedores e alta soropositividade. Alta densidade de população humana.
Urbano e Chácara X Cana de açúcar	0.6	Cada vez mais trabalhos vêm relacionando os casos de HPS com a expansão das áreas de cana de açúcar, devido a presença humana nas atividades principalmente de colheita.
Urbano e Chácara X Pasto	0.5	Roedores se alimentam da semente do capim, sendo bastante encontrados nesse tipo de paisagem, em que há atividade e presença humana.
Urbano e Chácara X Cerrado	0.8	Habitat natural do roedor <i>Necromys lasiurus</i> . Alta densidade de população humana.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para representar essas bordas foi calculado o comprimento total das linhas entre as bordas das manchas adjacentes de interesse (Tabelas 3 e 4) e foram definidos pesos para essas bordas, baseados na dissimilaridade (contraste) entre as classes, de acordo com a literatura consultada.

Algumas métricas de contraste foram testadas e a que apresentou resultado mais coerente foi a CWED (MACGARIGAL, 2015)²⁴ denominada, Contrast-Weighted Edge Density, ou Densidade de Borda Ponderada pelo Contraste (ou dissimilaridade), dada pela equação abaixo:

$$CWED = \frac{\sum_{k=1}^n (e_{ik} * d_{ik})}{A}$$

Em que:

e_{ik} = Comprimento total (m) das bordas entre as classes i e k , dentro da célula.

d_{ik} = peso do contraste (dissimilaridade) entre as classes i e k .

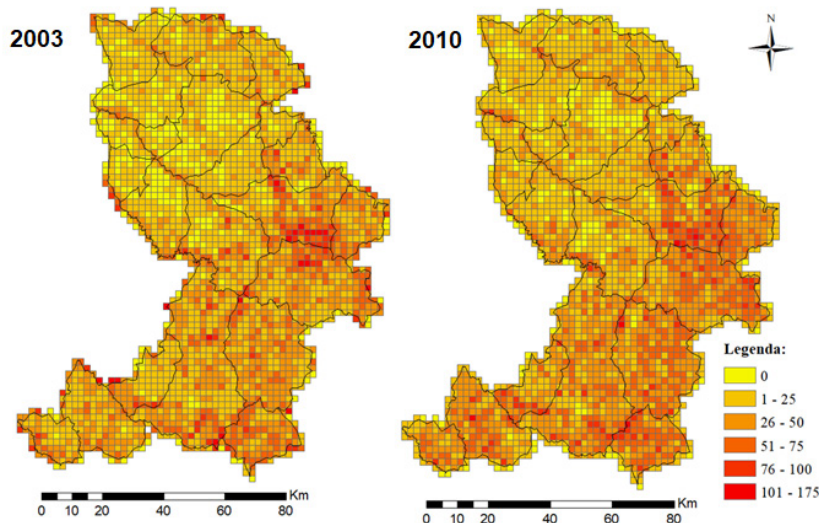
A = Área total (m) da paisagem (área da célula).

Como resultado da aplicação desse índice, observamos que houve um aumento da densidade de bordas de interesse para o estudo entre os anos de 2003 e 2010, principalmente na porção sul, na região de São Carlos, devido ao avanço da cana-de-açúcar (Figura 7).

Ao comparar os resultados entre as duas datas (Figura 8), a partir da subtração dos índices, observa-se que há um aumento geral na relevância das bordas (aumento do potencial contato). Em 65% das células houve aumento no potencial contato, indicando uma paisagem mais favorável para os roedores e para a transmissão da doença em 2010.

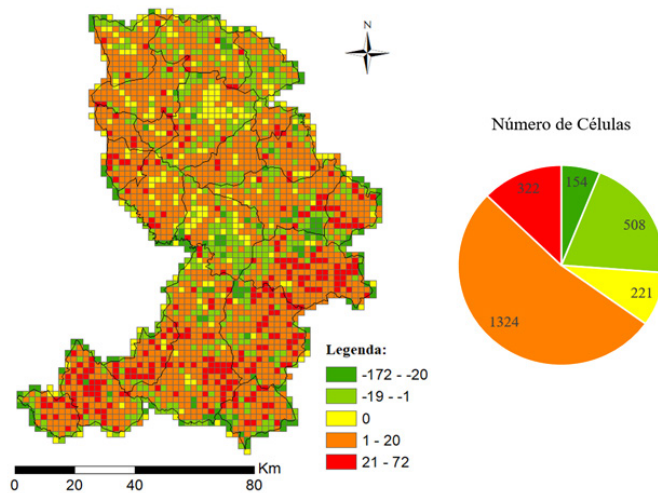
²⁴ MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. U.S. Forest Service General Technical Report PNW, 351, 2015.

Figura 7 - Índice de densidade de borda ponderada pelo contraste (CWED) da classe Cerrado nos anos de 2003 e 2010



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 8 - Diferença dos resultados do indicador de potencial contato entre 2003 e 2010: Perspectiva do Vetor.

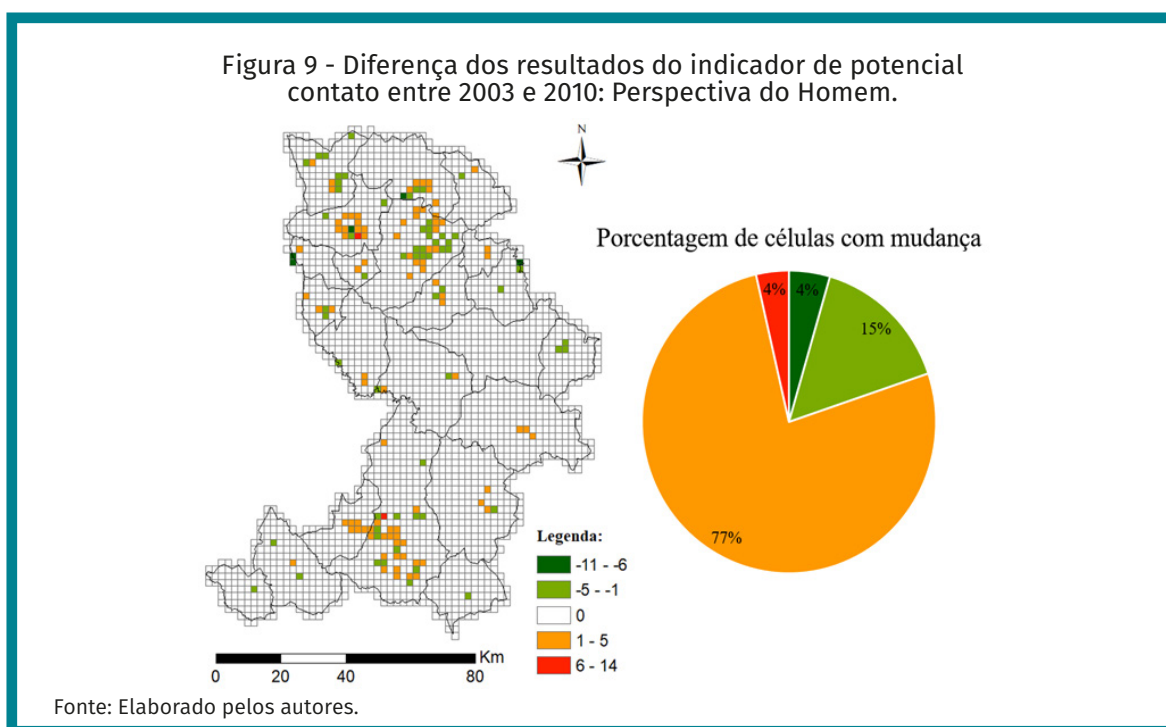


Fonte: Elaborado pelos autores.

O resultado das métricas das classes urbano e chácaras, resultou em mudanças mais sutis, devido aos valores baixos e a ocorrência de poucas bordas. Porém, ao analisarmos a diferença do indicador potencial contato representado pela métrica CWED (Figura 9), entre os anos de 2003 e 2010, observamos um aumento de 77%, indicando, assim, uma paisagem mais favorável ao complexo patogênico da Hantavirose.

Com esses resultados, podemos observar que, devido à fragmentação do Cerrado em grande parte da área, ocorre uma simplificação do ambiente e uma

nova configuração do espaço de produção da doença propiciando o surgimento de novas áreas de exposição e contato. Também verificamos que a expansão da cana-de-açúcar que levou a uma maior fragmentação da paisagem e a um aumento na densidade de borda entre classes de relevância para o Complexo Patogênico da Hantavirose, favoreceu a geração de mosaicos de paisagem mais favoráveis à presença de roedores. Além disso, como os roedores são facilmente encontrados em áreas de cultivo de cana, a proximidade dessa cultura com áreas mais densamente povoadas, nas bordas das manchas urbanas ou em chácara, ampliam as possibilidades de exposição e contato entre humanos e roedores.



Estudos recentes mostram um novo perfil de pessoas positivas para o hantavírus, que são mulheres donas de casa de área urbana (VIEIRA et al, 2016)²⁵. Roedores do gênero *Oligoryzomys* são coletados cada vez mais próximos aos assentamentos humanos em áreas rurais e periurbanas (TORRÉS-PÉREZ et al., 2004)²⁶, atraídos para essas áreas devido à grande disponibilidade de alimentos como lixos, rações de animais, restos de comida dentre outras.

Nesse estudo, os indicadores da paisagem produziram resultados úteis para a vigilância, cuja metodologia pode ser replicada, com ajustes, para outras regiões e biomas. O resultado das análises pode ser utilizado na região, em combinação com outros dados, para a priorização de medidas de prevenção contra a hantavirose em áreas específicas. Além disso, o resultado mostra a

25 VIEIRA, C. et al. Short communication serological evidence of hantavirus infection in an urban area in Mato Grosso State, Brazil. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 49, n. 3, p. 348–350, 2016.

26 TORRES-PÉREZ, F. et al. Peridomestic small mammals associated with confirmed cases of human hantavirus disease in southcentral Chile. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 70, n. 3, p. 305–309, 2004.

importância da conservação de manchas mais íntegras e contínuas de cerrado, que propiciam a ocorrência de maior diversidade de espécies e a preservação de mecanismos naturais de controle populacional dos roedores, o que pode auxiliar no combate à hantavirose.

Com este trabalho demonstramos, a partir do arcabouço teórico utilizado, em que a paisagem é analisada como um objeto de mediação e, mensurada, por meio de imagens de sensoriamento remoto e técnicas processamento de imagens e de análise espacial, que é possível operacionalizar uma cartografia para a análise de determinados complexos patogênicos a partir da análise da composição e estrutura da paisagem e de sua dinâmica temporal.

Informações
sobre os
autores

Antônio Miguel Vieira Monteiro

Graduado em Engenharia Elétrica (UFES), possui mestrado em Computação Aplicada (INPE) e doutorado pelo Centro de Ciências Espaciais da Escola de Engenharia e Ciências Aplicadas (Universidade de Sussex). É Tecnologista Sênior no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e orientador nos programas de Computação Aplicada, Sensoriamento Remoto e Ciência do Sistema Terrestre do mesmo instituto. É professor do programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva do Instituto de Infectologia Emílio Ribas e coordenador do Programa Institucional Espaço e Sociedade do INPE. E-mail: miguel@dpi.inpe.br

Christovam Barcellos

Graduado em Geografia e Engenharia Civil (UFRJ), mestrado em Ciências Biológicas (UFRJ) e tem doutorado em Geociências (UFF). É Pesquisador Titular da Fiocruz e orientador dos programas de pós-graduação em Saúde Pública (ENSP) e Informação e Comunicação em Saúde (PPGICS-ICICT). E-mail: xris@fiocruz.br

Emmanuel Roux

Pesquisador titular do Instituto Francês de Pesquisa para o Desenvolvimento (IRD). Com o uso da ciência de dados, com ênfase em Matemática Aplicada, aprendizagem automática e estatística, realiza pesquisas aplicadas às doenças zoonóticas em parceria com vários parceiros brasileiros. E-mail: emmanuel.roux@ird.fr

Francisco Mendonça

Graduado em Geografia (UFG), tem mestrado em Geografia Física/Meio ambiente (USP), doutorado em Clima e Planejamento Urbano (USP) e Pós-doutorado em Epistemologia da Geografia (Université Sorbonne/Paris I/França) e em Estudo do ambiente urbano (Universidad de Chile). É Professor Titular da Universidade Federal do Paraná. E-mail: chico@ufpr.br

Helen Gurgel

Graduada em Geografia (UFF), tem mestrado em Sensoriamento Remoto (INPE), doutorado em Geografia e Prática do Desenvolvimento pela Université Paris X (2006) e realizou pós-doutorado no INPE em parceria com o IRD. É Professora Adjunta da Universidade de Brasília e coordenadora do Laboratório de Geografia, Ambiente e Saúde (LAGAS). E-mail: helengurgel@unb.br

Jorge Pickenhayn

Graduado em Geografia (Universidade de Buenos Aires) e tem Doutorado em Filosofia-Guidance (Universidade de Buenos Aires). Atualmente é Professor da Universidade Nacional de San Juan na Argentina e é diretor do Programa em Geografia Médica da Universidade de San Juan. E-mail: jpickenhayn@gmail.com

Ligia Vizeu Barrozo

Geógrafa pela Universidade de São Paulo e possui mestrado e doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Botucatu. Atualmente é Professora Doutora (DR2) do Departamento de Geografia da FFLCH da Universidade de São Paulo e Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Geografia Física. E-mail: lija@usp.br

Luisa Basilia Ñíguez Rojas

Possui Licenciatura em Geografia (Universidade de Havana). Doutorado em Ciências Geográficas (Universidade de Havana). Tem Especialização em Métodos de Pesquisa Cartográficos pela Universidade de Havana, em Geografia Médica pelo Instituto Moscou, em Geografia de Solos e Geoquímica de Paisagens pela Universidade Estadual de Moscou. Atualmente é Professora Titular da Universidade de Havana. E-mail: luisa@flasco.uh.cu

Maria Isabel Sobral Escada

Graduação em Ecologia (UNESP), mestrado e doutorado em Sensoriamento Remoto (INPE). Atualmente é Pesquisadora da Divisão de Processamento de Imagens do INPE. E-mail: isabel@dpi.inpe.br

Michelle Andrade Furtado

Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Franca, possui mestrado em Promoção de Saúde pela mesma instituição e tem doutorado em Ciência do Sistema Terrestre pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Atualmente é pesquisadora no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. E-mail: mi601furtado@hotmail.com

Nayara Belle

Graduada em Relações Internacionais (Faculdade Michelangelo/Instituto Rui Barbosa do Brasil), tem mestrado na UnB sobre migrações internacionais e refúgio no Brasil e com doutorado sanduíche, UnB - Maastricht University, em andamento, sobre migração e saúde. Membro do Laboratório de Geografia, Ambiente e Saúde (LAGAS/UnB) desde 2016. E-mail: nayarabelle@gmail.com

Neli Aparecida de Mello-Théry

Graduada em Geografia (UFG), tem mestrado em Arquitetura e Urbanismo (UnB) e em Geografia e Prática do Desenvolvimento (Université de Paris X). É doutora em Geografia pela USP e pela Université de Paris X. É Professora Titular na Universidade de São Paulo. E-mail: namello@usp.br

Pascal Handschumacher

Diplomado em Estatística Aplicada à Medicina e à Biologia e Epidemiologia pela Universidade Louis Pasteur e Universidade Pierre e Marie Curie e possui doutorado em Geografia. Atualmente é Oficial de pesquisa do Institut Recherche pour le Développement. E-mail: pascal.handschumacher@ird.fr

Paulo Peiter

Graduado em Arquitetura e Urbanismo (UFRJ), e em Economia (UCAM), tem mestrado em Geografia (UFRJ) e doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2005). É professor/pesquisador do Laboratório de Doenças Parasitárias do Instituto Oswaldo Cruz, atuando como professor colaborador do Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical. É pesquisador colaborador do Grupo Retis de Pesquisa do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. E-mail: ppeiter@fiocruz.br

Rafael de Castro Catão

Graduado em Geografia - Bacharelado e Licenciatura (UnB), tem mestrado e doutorado em Geografia (UNESP - Presidente Prudente). Pós-doutorado na Universidade de Brasília e Universidade Federal do Mato Grosso. Professor Adjunto da Universidade Federal do Espírito Santo. E-mail: rafadicastr@gmail.com

Raul Borges Guimarães

Graduado em Geografia - Licenciatura e Bacharelado (PUC-SP), mestrado e doutorado em Geografia Humana (USP). É Professor Adjunto da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, campus de Presidente Prudente. Coordena o Laboratório de Biogeografia e Geografia da Saúde (Centro de Estudos do Trabalho, Ambiente e Saúde - CETAS). E-mail: raul.guimaraes@unesp.br

Renaud Marti

Engenheiro em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informação Geográfica, possui Doutorado em Geografia e Planejamento pela Universidade de Toulouse - Jean Jaurès. Atualmente faz pós-doutorado em Geografia Física na Universidade de Toulouse. É pesquisador contratual no Laboratório Espace-Dev do Institut de Recherche pour le Développement (IRD) em Montpellier. E-mail: renaud.marti@gmail.com

