



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Presidente Prudente

BEATRIZ DA SILVA RIZZOLI

**ESTUDO DOS CASOS DA LEISHMANIOSE VISCERAL EM PRESIDENTE
EPITÁCIO, SÃO PAULO, BRASIL**

PRESIDENTE PRUDENTE

2024

BEATRIZ DA SILVA RIZZOLI

**ESTUDO DOS CASOS DA LEISHMANIOSE VISCERAL EM PRESIDENTE
EPITÁCIO, SÃO PAULO, BRASIL**

Relatório Final do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Estatística da FCT/Unesp para aproveitamento na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso. Orientador: Prof. Dr. Edilson Ferreira Flores. Supervisora: Lúcia de Fátima Henriques

PRESIDENTE PRUDENTE

2024

R627e Rizzoli, Beatriz da Silva
Estudo dos casos de leishmaniose visceral em Presidente Epitácio, São Paulo, Brasil / Beatriz da Silva Rizzoli. -- Presidente Prudente, 2024
39 f. : tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Estatística) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientador: Edilson Ferreira Flores

1. Leishmaniose visceral. 2. Encoleiramento. 3. Análise espacial. 4. Geoestatística. I. Título.

TERMO DE APROVAÇÃO


Beatriz da Silva Rizzoli

ESTUDO DOS CASOS DE LEISHMANIOSE VISCERAL EM PRESIDENTE EPITÁCIO, SÃO PAULO, BRASIL.

Relatório de Final de Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito para obtenção de créditos na disciplina Trabalho de Conclusão do curso de graduação em Estatística da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Unesp, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: **Edilson Ferreira Flores** Assinado de forma digital por Edilson Ferreira Flores
Dados: 2024.12.16 16:14:26 -03'00'

Prof. Dr. Edilson Ferreira Flores
Departamento de Estatística

Documento assinado digitalmente
 **KLAUS SCHLUNZEN JUNIOR**
Data: 16/12/2024 22:26:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Klaus Schlunzen Junior
Departamento de Estatística

Presidente Prudente, 07 de dezembro de 2024

RESUMO

A leishmaniose Visceral (LV) é uma doença que afeta humanos e animais, quando não tratada ela pode levar a óbito. É considerada endêmica em 76 países, sendo 12 deles no continente americano. 90% dos casos registrados na América Latina ocorrem no Brasil. São registrados, em média, 3.500 casos por ano (Ministério da Saúde) em território nacional. A doença geralmente apresenta febre prolongada, perda de peso, anemia e aumento do baço e fígado como principais sintomas. O diagnóstico precoce e tratamento adequado são essenciais para a sobrevivência do paciente. Para auxiliar no controle da doença está sendo feito um trabalho de encoleiramento nos cães do município. Esse estudo utilizará técnicas estatísticas de análise espacial para avaliar a distribuição dos casos de infecção em humanos e cães no município de Presidente Epitácio durante o período de 2018 a 2023. Foram aplicadas técnicas de análise espacial como análises de áreas e pontos, mapas de concentração, Estimador de Kernel, Técnica do Vizinho Mais Próximo, Índice de Moran e Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a fim de avaliar se o trabalho de encoleiramento está sendo eficaz. O estudo demonstrou que houve um aumento nos casos de LV canina durante os anos avaliados.

Palavras-chave: leishmaniose visceral, encoleiramento, análise espacial, Presidente Epitácio.

ABSTRACT

Visceral leishmaniasis (VL) is a disease that affects humans and animals, and if left untreated, it can be fatal. It is considered endemic in 76 countries, 12 of which are in the Americas. 90% of the cases recorded in Latin America occur in Brazil, with an average of 3.500 cases per year reported in the national territory (Ministry of Health). The disease typically presents with prolonged fever, weight loss, anemia, and enlargement of the spleen and liver as the main symptoms. Early diagnosis and appropriate treatment are essential for patient survival. To help control the disease, a dog collaring initiative is being implemented in the municipality. This study will use statistical spatial analysis techniques to evaluate the distribution of infection cases in humans and dogs in the municipality of Presidente Epitácio from 2018 to 2023. Spatial analysis techniques such as area and point analyses, concentration maps, Kernel Estimator, Nearest Neighbor Technique, Moran's Index, and Geographic Information Systems (GIS) were applied to assess the effectiveness of the collaring initiative. The study demonstrated an increase in canine VL cases during the evaluated years.

Keywords: visceral leishmaniasis, dog collaring, spatial analysis, Presidente Epitácio.

Lista de ilustrações

Figura 1: Status da endemia de Leishmaniose Visceral no mundo em 2023.....	3
Figura 2: Passos para cálculo da sensidade de pontos por kernel	8
Figura 3: Resumo do vizinho mais próximo	9
Figura 4: Quantidade de cães com LV por quadra de 2018 a 2022.....	11
Figura 5:Quantidade de cães com LV por quadra de 2018 a 2023.....	12
Figura 6: Área de encoleiramento dos cães.....	13
Figura 7: Casos e mortes de LV humana em Presidente Epitácio de 2018 a 2022. .	14
Figura 8: Casos e mortes de LV humana em Presidente Epitácio de 2018 a 2023. .	14
Figura 9:Casos de LV humana em Presidente Epitácio por ano de 2018 a 2023.	15
Figura 10: Kernel de humanos com LV em Presidente Epitácio de 2018 a 2022.....	16
Figura 11: Kernel de humanos com LV em Presidente Epitácio de 2018 a 2023.....	17
Figura 12: Kernel de cães com LV em Presidente Epitácio de 2018 a 2022.....	18
Figura 13: Kernel de cães com LV em Presidente Epitácio de 2018 a 2023.....	18
Figura 14: Análise do vizinho mais próximo para LV canina 2023	20
Figura 15: Análise do vizinho mais próximo para LV humana 2023.....	21
Figura 16: LISA da soma de cães por quadra de 2018 a 2023.....	23
Figura 17: Hot Spot da soma de cães por quadra de 2018 a 2023.....	24

Sumário

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Justificativa.....	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3 METODOLOGIA.....	6
3.1 Estatística Espacial	7
3.2 Estimador Kernel.....	7
4 RESULTADOS	11
5 CONSIDERAÇÕES.....	25
REFERÊNCIAS.....	26
APÊNDICE A – Cálculo do estimador kernel para análises pontuais.....	28
APÊNDICE B – Matriz de proximidade espacial	30

1 INTRODUÇÃO

A Leishmaniose Visceral (LV) é uma doença infecciosa causada por protozoários do gênero *Leishmania*, transmitida principalmente pela picada de flebotômíneos contaminados, e sua disseminação é fortemente influenciada por fatores ambientais e sociais. Considerada uma doença tropical negligenciada, a LV é uma das seis endemias prioritárias identificadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) devido à sua alta incidência e mortalidade, especialmente em indivíduos não tratados e imunodeficientes.

A análise global, apresentada no mapa da Organização Mundial da Saúde (OMS), Figura 1, evidencia que a Leishmaniose Visceral continua sendo uma ameaça significativa à saúde pública em diversas regiões do mundo, especialmente em países da Ásia, África e América Latina. A figura evidencia que o Brasil se mantém como um dos principais focos da doença na América Latina.

No Brasil, a transmissão da LV é do tipo zoonótico, envolvendo cães como fontes de infecção e vetores flebotômíneos. O agente etiológico é o protozoário *Leishmania infantum*, também conhecido como *L. chagasi*. A doença possui um curso crônico e pode manifestar-se de diversas formas, desde febre e hepatosplenomegalia até palidez cutâneo-mucosa, tosse e diarreia nos estágios iniciais. Sem tratamento oportuno, o quadro evolui para uma forma mais grave, com agravamento dos sintomas.

Nos cães, além do acometimento visceral, são observadas lesões cutâneas em animais infectados e sintomáticos. A LV canina desempenha um papel significativo na saúde pública, pois esses animais atuam como reservatórios e fontes de infecção para os vetores. Um estudo de revisão constatou que residências com animais têm maior chance de contrair a doença, destacando a importância da LV em cães na epidemiologia humana.

Apesar dos esforços e recursos empregados pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) nos países endêmicos, o Brasil tem experimentado um aumento no número de casos em novas áreas urbanas, tornando-se um desafio para profissionais de saúde e governos municipais. No Estado de São Paulo, programas de vigilância e controle da LV preconizam ações específicas para reduzir a transmissão e a morbimortalidade, adaptadas à situação epidemiológica dos municípios.

No município de Presidente Epitácio, localizado na região centro-oeste de São Paulo, a transmissão autóctone de LV humana foi registrada pela primeira vez em 1999, e desde então, o município tem enfrentado altas taxas de prevalência canina e incidência humana. De acordo com os parâmetros de classificação epidemiológica do Ministério da Saúde, o município é considerado de transmissão intensa desde 2015 e também é estratificado como de alto risco para transmissão da LV de acordo com o Sistema de Informação regional das leishmanioses nas Américas (SisLeish).

Diante da ineficácia das estratégias de controle isoladas, o Ministério da Saúde oficializou a proposta de incorporação da coleira impregnada com inseticida (deltametrina 4%) como parte das medidas de controle da LV canina em municípios prioritários. Diversos estudos já validaram essa estratégia como eficaz no controle da doença, sendo também mais aceitável pela população.

A nota técnica foi publicada em conjunto com a Secretaria de Vigilância em Saúde Departamento de Imunização e Doenças Transmissíveis Coordenação-Geral de Vigilância de Zoonoses e Doenças de Transmissão Vetorial Nº 5/2021-CGZV/DEIDT/SVS/MS, para oferecer aos municípios brasileiros com a transmissão de LV elevada o encoleiramento de cães para complementar as estratégias já aplicadas no controle da doença.

A implementação do encoleiramento inicia-se pela identificação de áreas prioritárias. Posteriormente, os cães dessas regiões serão equipados com coleiras impregnadas com inseticida, visando repelir os mosquitos e, assim, melhorar o controle da LV.

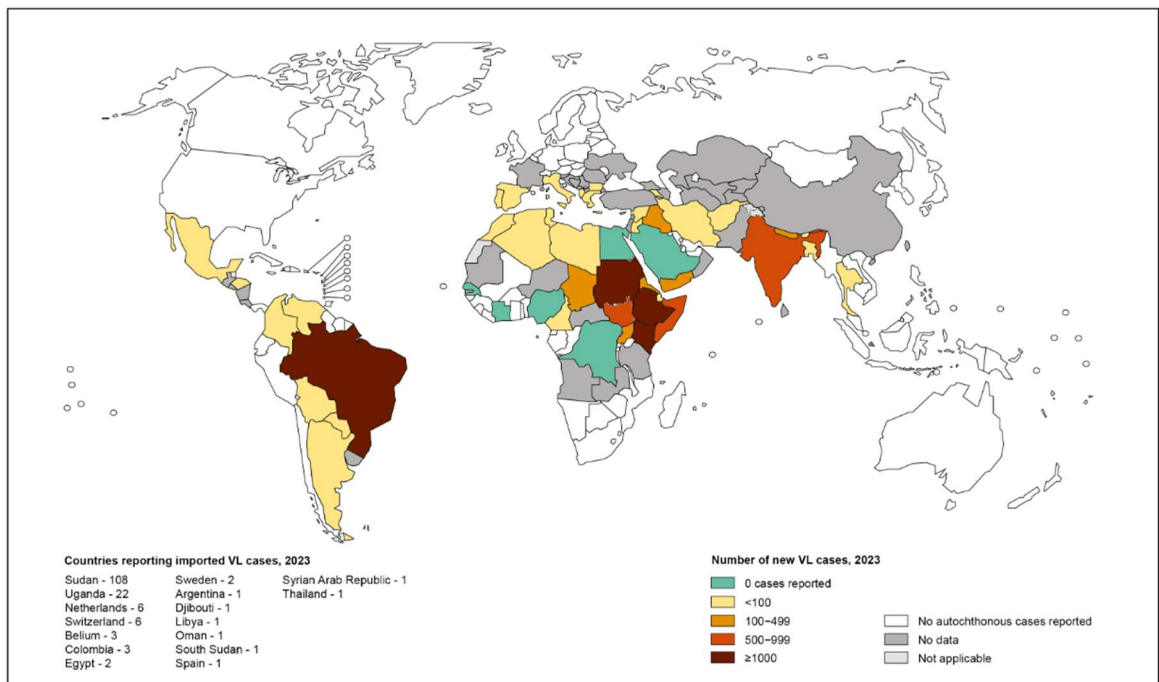
O presente estudo tem como objetivo investigar as medidas de controle da LV implementadas em uma área específica de Presidente Epitácio, abordando aspectos relacionados ao vetor, ao ambiente, à educação em saúde e ao uso de coleiras impregnadas com deltametrina 4%. Para isso, será utilizada a abordagem metodológica da Geografia da Saúde, que integra aspectos socioeconômicos e ambientais, apoiando-se em tecnologias como o Sistema de Informação Geográfica (SIG).

A relevância deste estudo reside na aplicação da análise geoespacial para compreender a dinâmica epidemiológica da LV na região de Presidente Epitácio - SP, fornecendo informações valiosas para a promoção da saúde da comunidade local e o aprimoramento das estratégias de controle da doença.

A análise espacial é a área da estatística que permite associar os dados e suas respectivas localizações espaciais, criando mapas que apresentam informações a respeito dos locais e dados de interesse. Os dados serão analisados usando as estatísticas por ponto, área e superfície, a fim de obter um resultado mais preciso sobre os casos de LV na região de Presidente Epitácio - SP.

Figura 1: Status da endemia de Leishmaniose Visceral no mundo em 2023.

Status of endemicity of visceral leishmaniasis (VL) worldwide, 2023 (as reported by November 2024)



The boundaries and names shown and the designations used on this map do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the World Health Organization concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries. Dotted lines on maps represent approximate border lines for which there may not yet be full agreement. © WHO 2024. All rights reserved

Data Source: World Health Organization
Map Production: Control of Neglected
Tropical Diseases (NTD)
World Health Organization



Fonte: Disponível em: https://www.who.int/images/default-source/maps/leishmaniasis_vl_2023.png?sfvrsn=94205cef_3

1.1 Objetivos

Objetivo Geral

O objetivo principal do trabalho é analisar, por meio de técnicas de estatística espacial, a ocorrência e evolução da leishmaniose visceral humana e canina em Presidente Epitácio nos anos de 2018 a 2023 e identificar as áreas com mais risco epidemiológico.

Objetivos Específicos

- Realizar a distribuição geoespacial dos dados epidemiológicos e de impacto das medidas aplicadas na área do estudo;
- Analisar as interações espaciais na redução espaço-temporal da incidência dos casos de LVH e LVC na área das intervenções.
- Realizar as técnicas de estatística espacial para localizar os focos da doença.
- Estratificar as áreas de Presidente Epitácio de acordo com o risco epidemiológico.
- Avaliar a taxa de soroconversão canina para *L. infantum* em cães submetidos ou não ao uso de coleiras nas residências/imóveis de maior risco epidemiológico.
- Realizar a distribuição geoespacial dos dados epidemiológicos e de impacto das medidas aplicadas na área do estudo.

1.2 Justificativa

O estudo dos casos de Leishmaniose Visceral em Presidente Epitácio deve ser mais explorado, apesar da alta letalidade da doença e da urgência em controlá-la. O município é uma prioridade na região para a realização de ações preventivas. Além disso, medidas como o encoleiramento dos cachorros são fundamentais para reduzir os riscos de transmissão da doença.

A análise dos dados de Presidente Epitácio permitirá identificar áreas com maior concentração de casos, auxiliando na tomada de decisões e na aprimoração do encoleiramento canino. Assim, diminuindo o número de casos e a mortalidade causada pela Leishmaniose Visceral.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Leishmaniose Visceral (LV) é uma doença que pode infectar seres humanos e cães. As espécies *Lutzomyia longipalpis* e *Lutzomyia cruzi* são consideradas vetores e transmissores da doença. Para controlar a LV, são adotadas estratégias como diagnóstico e tratamento precoces, controle da população de flebotomíneos, eliminação de reservatórios e campanhas de conscientização em saúde. A LV é endêmica no Brasil e continua a se espalhar para novas áreas, anteriormente livres da doença (BRASIL, 2010). No atual estudo será avaliado se a estratégia de colocar coleiras com veneno de insetos nos cães surtiu algum efeito.

Para analisar a distribuição dos casos de Leishmaniose Visceral será utilizada a estatística espacial que permite identificar e visualizar fenômenos que ocorrem em um local e modelá-los, incorporando fatores determinantes e padrões de distribuição. Essa abordagem é útil para entender sistemas reais, estudar suas dinâmicas, investigar causas de fenômenos e prever resultados (Andrade, 2007).

Os Estimadores de Kernel, são técnicas estatísticas não-paramétricas que suavizam pontos em uma superfície geográfica com base na densidade desses pontos. Essa técnica ajusta uma função bidimensional que leva em conta todos os pontos dentro de uma área específica e os pondera conforme a distância de cada ponto ao local de interesse (BRASIL, 2007). Essa metodologia cria uma superfície de densidade que facilita a visualização de áreas com altas concentrações de eventos, conhecidas como "hots pots".

O Método do Vizinheiro Mais Próximo é utilizado para avaliar a distribuição espacial de pontos. Esse método compara a distância média entre os vizinhos mais próximos com um padrão teórico de pontos, classificando a distribuição como agrupada (pontos muito próximos), aleatória (distâncias sem padrão definido) ou regular (pontos equidistantes).

O Índice de Moran é uma medida de autocorrelação espacial que analisa tanto pontos específicos quanto dados de áreas, como quadras ou municípios. Ele avalia a relação entre um local e sua vizinhança usando uma distância predefinida e a covariância entre eles. Quando aplicado a dados pontuais, o Índice de Moran ajuda a identificar padrões espaciais, como agrupamentos ou dispersões (Anselin, 1995).

3 METODOLOGIA

Esse estudo visa analisar como os casos de Leishmaniose Visceral se distribuem em Presidente Epitácio e se o uso do encoleiramento melhorou ou piorou o número de casos da Leishmaniose Visceral Canina. Os dados foram fornecidos pelo Serviço de Zoonose e Vigilância Epidemiológica da Secretaria Municipal de Saúde.

A análise será feita a partir de um software de informação geográfica, ArcGIS 10.8.2 (ESRI, 2021). Para a realização dos mapas serão usadas as bases do IBGE e atualizações de quadras pela SUCEN, serão atribuídos aos mapas dados coletados previamente, gerando assim uma análise visual deles. Será feito o georreferenciamento dos dados para realizar técnicas estatísticas, como análise exploratória, estatística espacial, geoestatística e modelagem.

A análise espacial é um ramo da estatística que permite relacionar dados à sua localização geográfica, resultando na criação de mapas que fornecem informações sobre áreas de interesse. Esse método é amplamente utilizado para estudar o comportamento dos dados e fazer previsões, podendo ser feita de três formas estatística espacial por pontos, áreas e superfície.

Os eventos pontuais são representados por pontos no contexto da análise espacial. Esses pontos estão vinculados à ocorrência do evento de interesse. As análises relacionadas a esse tipo de evento buscam determinar se a distribuição de ocorrências ocorre de maneira aleatória ou se segue algum padrão específico, como uma concentração significativa em uma localização específica.

O método Kernel é uma técnica de interpolação não paramétrica que transforma a distribuição de pontos em uma superfície de densidade. Isso permite a identificação de concentrações de pontos em áreas específicas, juntamente com suas respectivas distribuições, conforme descrito por Bertola (2015). Esse método oferece uma medida da influência das amostras analisadas e é determinada com base em um raio de influência que define quais pontos compõem a vizinhança do ponto interpolado. Além disso, a função de estimação suaviza o fenômeno sob investigação.

O índice de Moran é um coeficiente de correlação empregado para avaliar a presença de autocorrelação espacial nos dados em uma escala global, ou seja, ele

quantifica o grau de semelhança de um objeto com outros objetos ao seu redor. Por outro lado, a função Anselin Local Morans I (LISA) representa uma abordagem distinta para a detecção da autocorrelação em uma escala local, focalizando-se nos dados dos vizinhos mais próximos em vez de abordar o contexto global, como faz o índice de Moran.

3.1 Estatística Espacial

A estatística espacial é focada na análise e interpretação de dados que estão relacionados a localizações específicas. Ela aborda a distribuição geográfica dos eventos, utilizando a estatística para identificar padrões e tendências nas variáveis que tem um contexto geográfico.

Essa análise estatística pode ser dividida em três áreas, sendo elas, eventos pontuais, superfícies e áreas, nesse trabalho serão aplicadas apenas as duas primeiras.

Os eventos pontuais representam pontos específicos na área de interesse, como casos de óbito em uma cidade ou quantidade de pessoas infectadas por um vírus em uma cidade. A análise desse tipo de evento procura identificar e compreender padrões da distribuição espacial dos dados, ao aplicar técnicas estatísticas pode-se afirmar qual a distribuição que os pontos seguem.

A distribuição é classificada em três padrões. Sendo eles, clusterizados (pontos mais próximos), randomizados (pontos com distancias parecidas) e aleatórios (não apresentam nenhuma distribuição).

3.2 Estimador Kernel

O estimador kernel é uma técnica estatística não-paramétrica usada para estimar a densidade dos pontos em uma área geográfica, gerando uma superfície de densidade, filtrando a variabilidade dos dados sem alterar suas características locais (Bayley e Gatrell, 1995). Essa técnica facilita a identificação de áreas com maior concentração de eventos, “áreas quentes”, pela superfície continua com densidade calculada em toda a área.

O ponto forte dessa técnica é a identificação rápida das áreas que precisam de atenção considerando o problema proposto, sem ser afetada pelas divisões político-administrativas. Logo o estimador é uma ferramenta que auxilia na avaliação dos

eventos pontuais em uma área específica. Em um primeiro momento essa estimativa servia para obter uma suavização de uma probabilidade univariada baseado nas amostras obtidas.

O kernel quártico pode ser sem atributos e o com atributos, e para cada um existe uma fórmula. O kernel quártico sem atributos tem sua intensidade dada por:

$$\lambda_r(s) = \sum_{i=1}^n \frac{3}{\pi\tau^2} \left(1 - \frac{h_i^2}{\tau^2}\right)^2$$

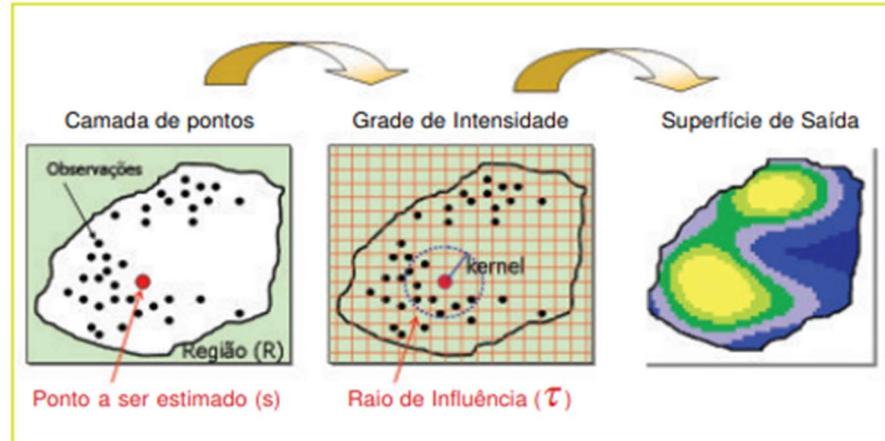
Onde, τ é o raio de influência ou “largura fixa” que suaviza a superfície. h_i é a distância entre o ponto e o valor observado.

Para os casos de kernel quártico com atributos utiliza-se a seguinte fórmula:

$$\lambda_r(s) = \sum_{i=1}^n \frac{3}{\pi\tau^2} \left(1 - \frac{h_i^2}{\tau^2}\right)^2 y_i$$

Onde, y_i representa o i-ésimo atributo referente aos pontos.

Figura 2: Passos para cálculo da sensidade de pontos por kernel



Fonte: Disponível em: https://ares.unasus.gov.br/acervo/html/ARES/1199/1/livro_3.pdf

A distância média observada dos vizinhos mais próximos é dada pela fórmula:

$$\bar{D}_o = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (2)$$

A distância média calculada esperada é dada pela fórmula:

$$\bar{D}_e = \frac{0,5}{\sqrt{n/A}} \quad (3)$$

O n representa o número de pontos, e A é a área mínima que contém os vizinhos mais próximos. Com isso, é possível calcular a estatística Z do vizinho mais próximo, é calculado por:

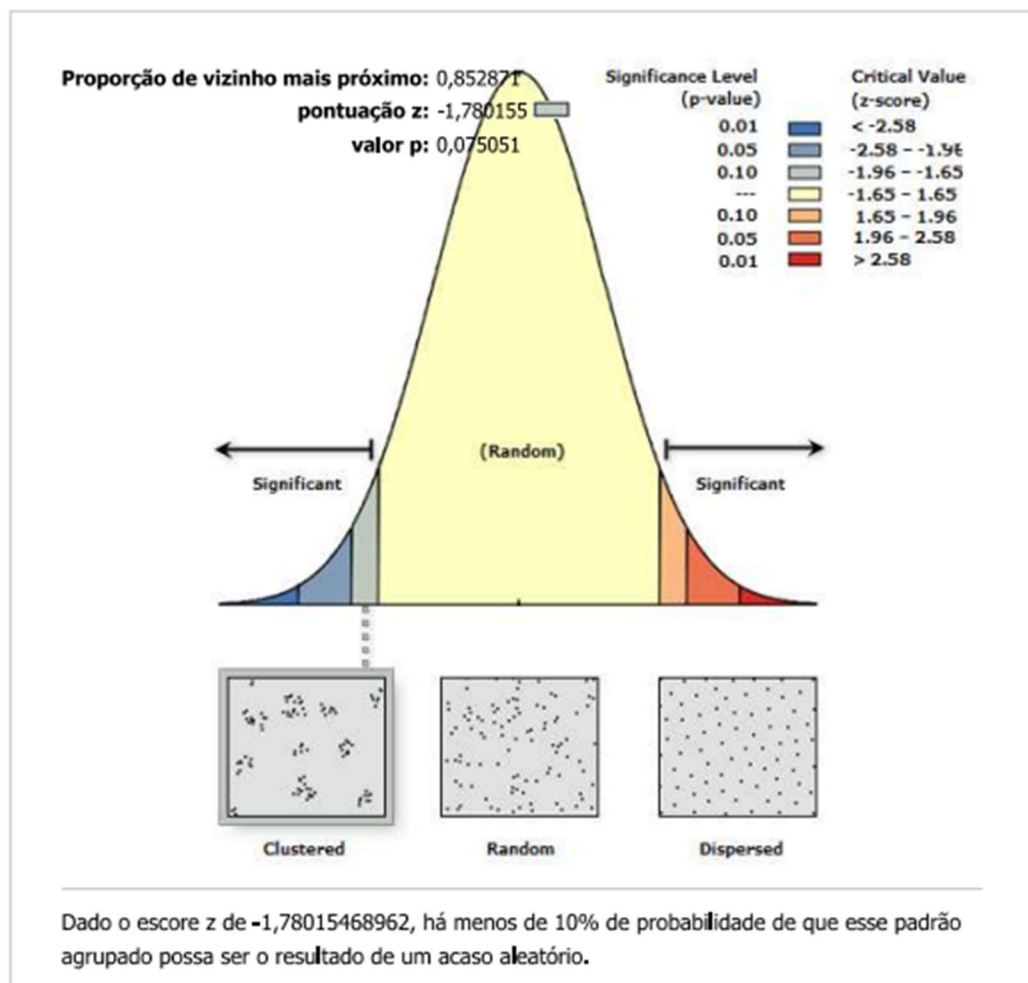
$$Z = \frac{\bar{D}_o - \bar{D}_e}{Se}$$

Com Se dado por:

$$Se = \frac{0.26136}{\sqrt{n^2/A}}$$

Figura 3: Resumo do vizinho mais próximo

Resumo médio do vizinho mais próximo



Fonte: Elaborado pela autora

Considerando o gráfico obtido como resposta, obtém-se três tipos de classificações: dados agrupados (R menor que 1), dados randomizados (R próximo de 1) e dados dispersos (R maior que 1). O p -valor representa uma aproximação numérica da área sob a curva para uma distribuição conhecida, sendo limitada pela estatística de teste.

A pontuação Z , ou escores de Z , é o desvio padrão dos dados e está associada à distribuição normal padrão, assim como o p -valor.

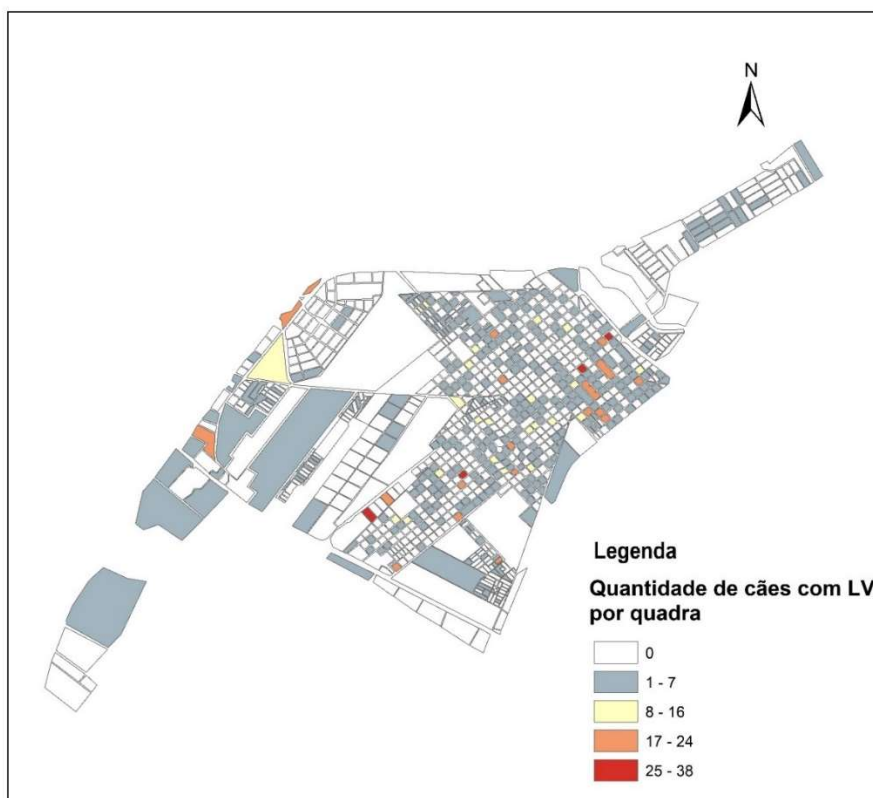
4 RESULTADOS

Inicialmente, foi realizada a soma por quadras do número de cães infectados pela Leishmaniose Visceral no município de 2018 a 2022, como apresentado na Figura 4. Durante esse período foram registrados 1.437 cães infectados pela LVC.

No intervalo de 2018 a 2023, o total de cães aumentou para 1.953, representando um aumento de 516 casos em comparação ao período anterior. Observa-se um aumento no número de quadras com 1 a 7 cães infectados, bem como um leve crescimento nas demais classificações, conforme apresentado na Figura 5.

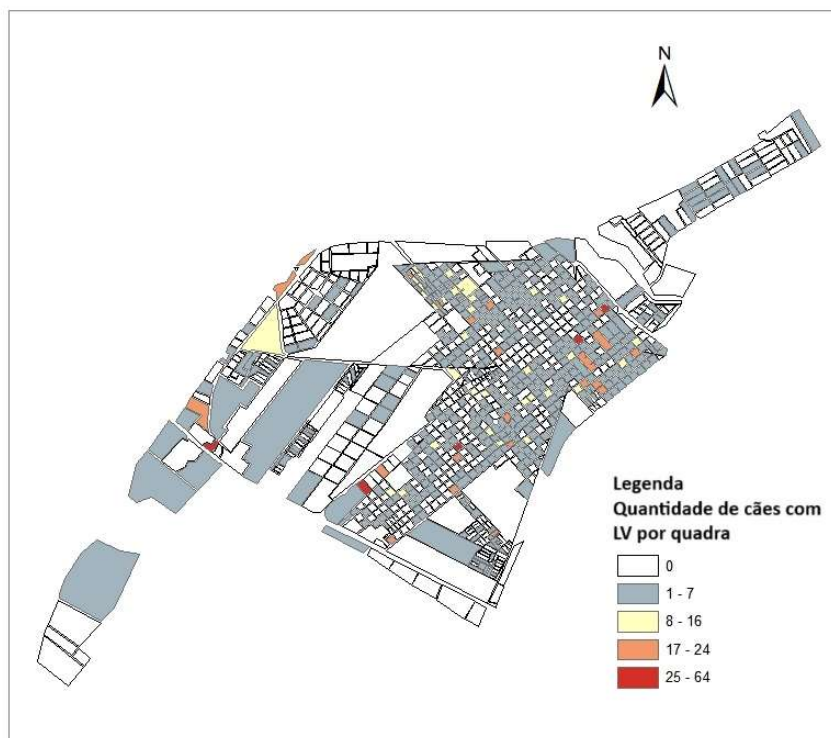
Também foi possível observar que o maior valor da soma de cães infectados pela Leishmaniose Visceral Canina (LVC) aumentou de 38 para 64, considerando os dois períodos avaliados. Esse aumento levou ao surgimento de mais uma quadra na classificação vermelha.

Figura 4: Quantidade de cães com LV por quadra de 2018 a 2022.



Fonte: Elaborado pela autora.

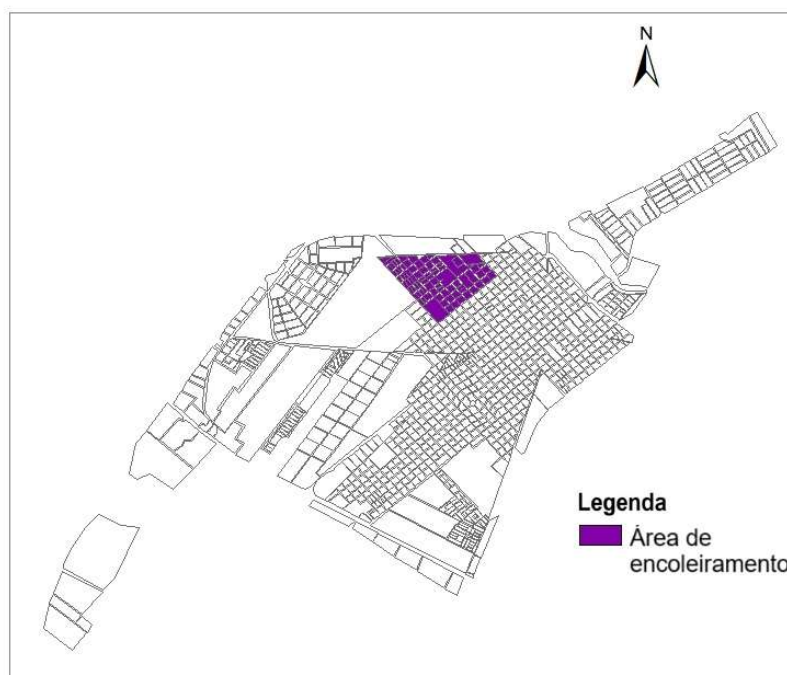
Figura 5: Quantidade de cães com LV por quadra de 2018 a 2023.



Fonte: Elaborado pela autora.

Em 2023, foi realizado o encoleiramento de cães utilizando coleiras impregnadas com inseticida à base de deltametrina 4%, abrangendo a área destacada em roxo na Figura 6. Essa área foi selecionada com base em critérios socioeconômicos e na quantidade de casos de Leishmaniose Visceral, tanto humana quanto canina. Além disso, a região coincide com a ocorrência de dois óbitos por Leishmaniose Visceral Humana, que ocorreram em anos anteriores.

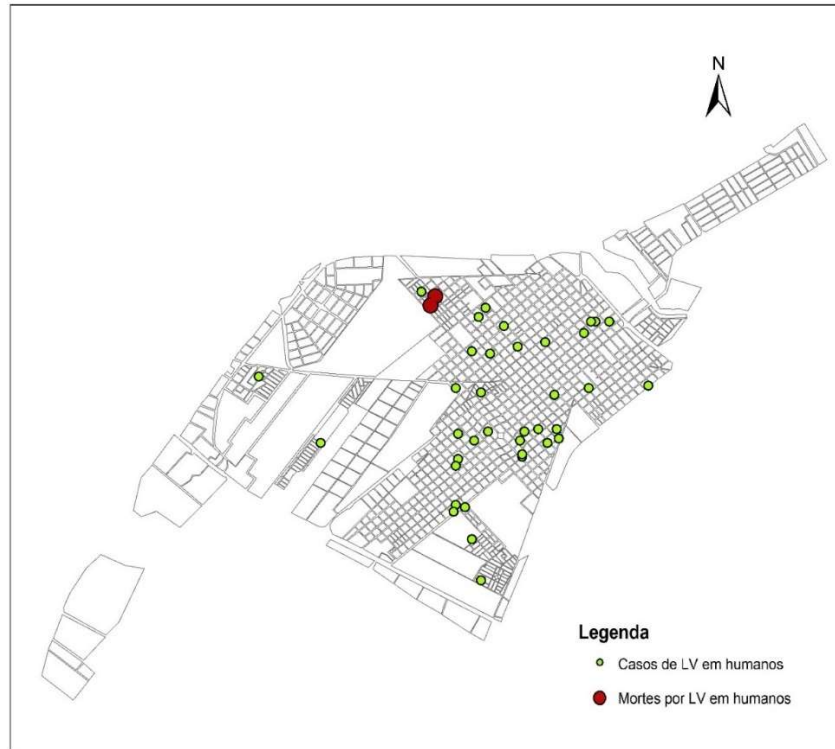
Figura 6: Área de encoleiramento dos cães.



Fonte: Elaborado pela autora.

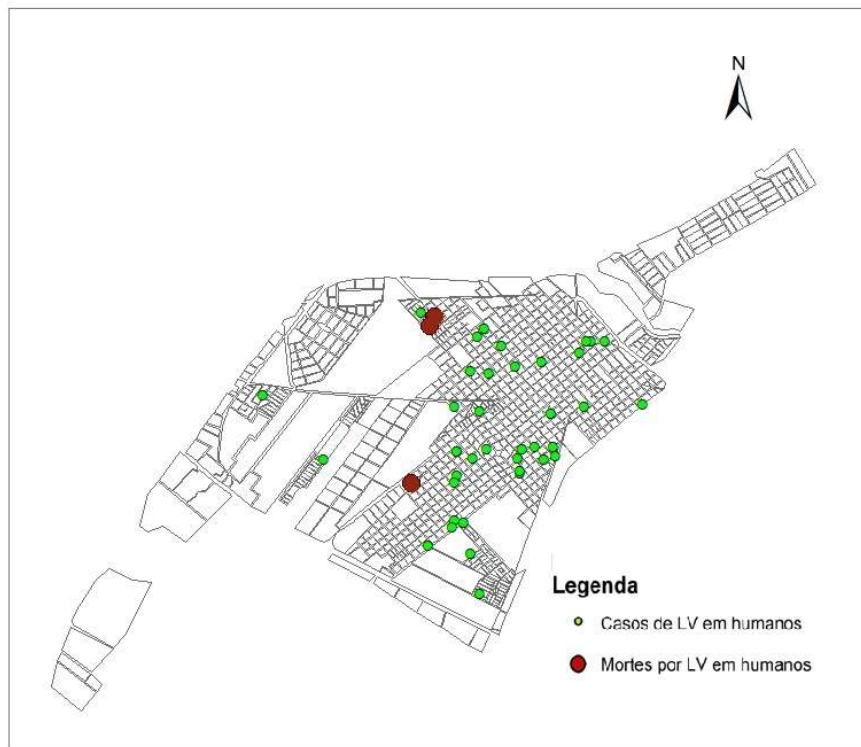
Na análise de casos de Leishmaniose Visceral Humana (LVH) em Presidente Epitácio, foram contabilizados 40 casos com 2 óbitos de 2018 a 2022, como apresentado na Figura 7. No período de 2018 a 2023, o total de casos de LVH subiu para 42, com 3 óbitos registrados, como representado na Figura 8. Nos mapas os pontos em verdes são os casos de LVH, enquanto os pontos em vermelho destacam os óbitos relacionados à doença.

Figura 7: Casos e mortes de LV humana em Presidente Epitácio de 2018 a 2022.



Fonte: Elaborado pela autora.

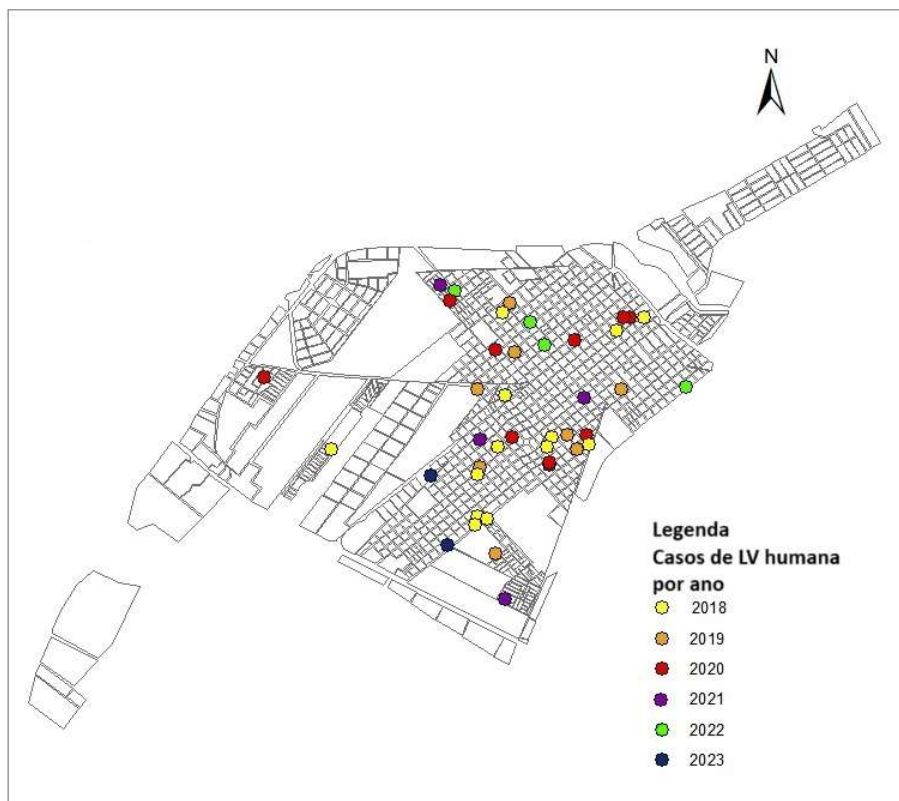
Figura 8: Casos e mortes de LV humana em Presidente Epitácio de 2018 a 2023.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os dois casos novos de LVH, registrados em 2023, estão localizados na parte sul da cidade, sendo um deles resultante em óbito. Conforme ilustrado pela Figura 9, observa-se que, ao longo dos anos, as áreas afetadas pela doença apresentam mudanças, com algumas regiões apresentando maior concentração de casos.

Figura 9: Casos de LV humana em Presidente Epitácio por ano de 2018 a 2023.



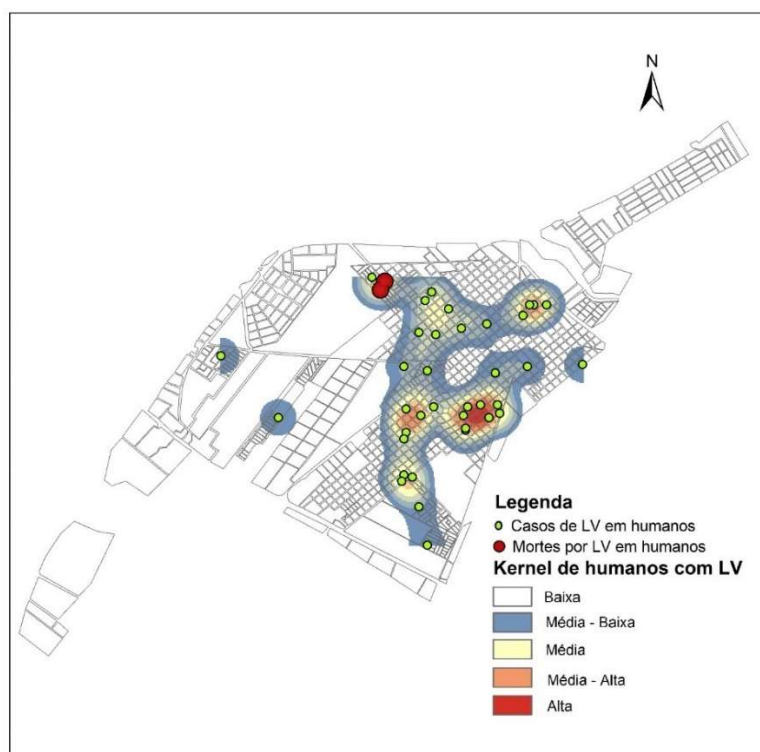
Fonte Elaborado pela autora.

O número de casos de Leishmaniose Visceral Humana apresentou uma redução significativa ao longo do período analisado, passando de 13 casos registrados em 2018 para apenas dois em 2023.

Com o início do encoleiramento de cães em 2023, utilizando coleiras impregnadas com inseticida à base de deltametrina 4%, observou-se uma redução nos casos registrados em comparação ao ano anterior, de quatro para dois. Além disso, os novos casos registrados em 2023 não ocorreram na área abrangida pela intervenção de encoleiramento, apresentada na Figura 6.

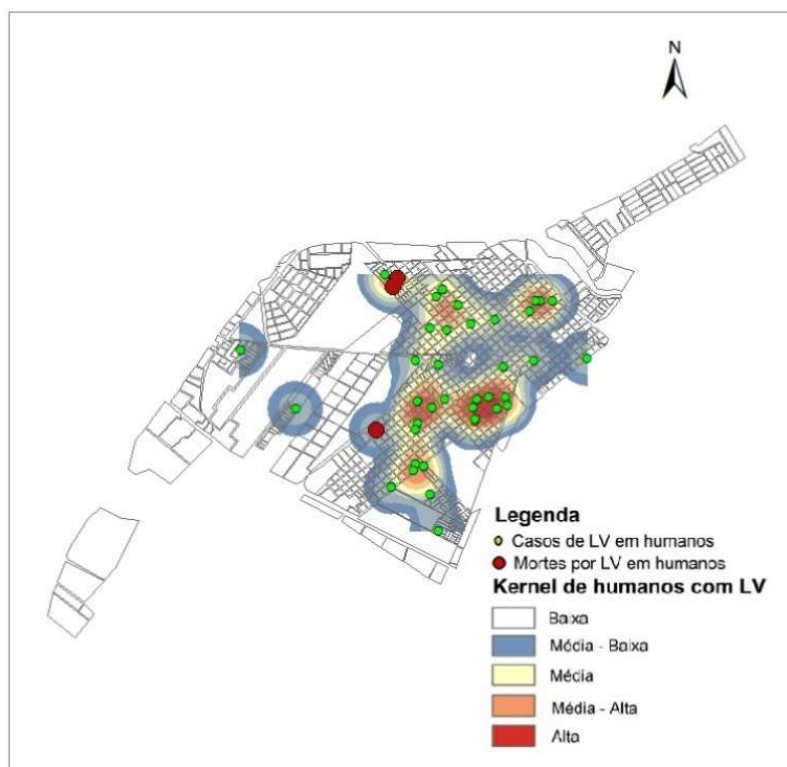
Para confirmar o agrupamento dos casos humanos, foram utilizadas as técnicas estatísticas do *Vizinho mais Próximo* e *Kernel*. Os resultados dessas análises estão apresentados nas figuras abaixo.

Figura 10: Kernel de humanos com LV em Presidente Epitácio de 2018 a 2022.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 11: Kernel de humanos com LV em Presidente Epitácio de 2018 a 2023.



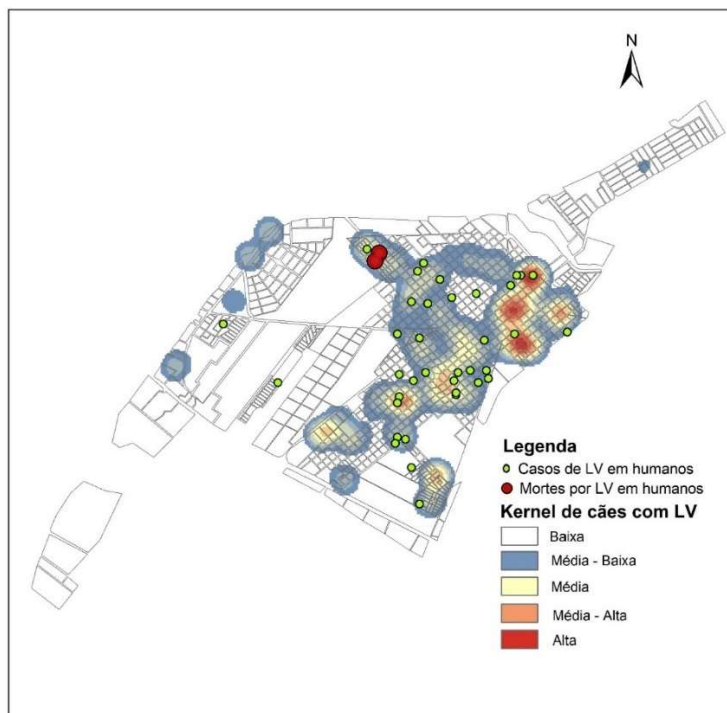
Fonte: Elaborado pela autora.

Nas Figuras 10 e 11, que representam os casos de Leishmaniose Visceral Humana em Presidente Epitácio, observa-se que, no período de 2018 a 2022, as áreas com alta intensidade de casos se concentra na região sudeste da cidade.

Ao comparar com o segundo período, 2018 a 2023, nota-se que, embora as áreas de alta intensidade tenham se mantido predominantemente na região sudeste do município, houve uma ampliação das áreas com intensidade média-alta para outras regiões.

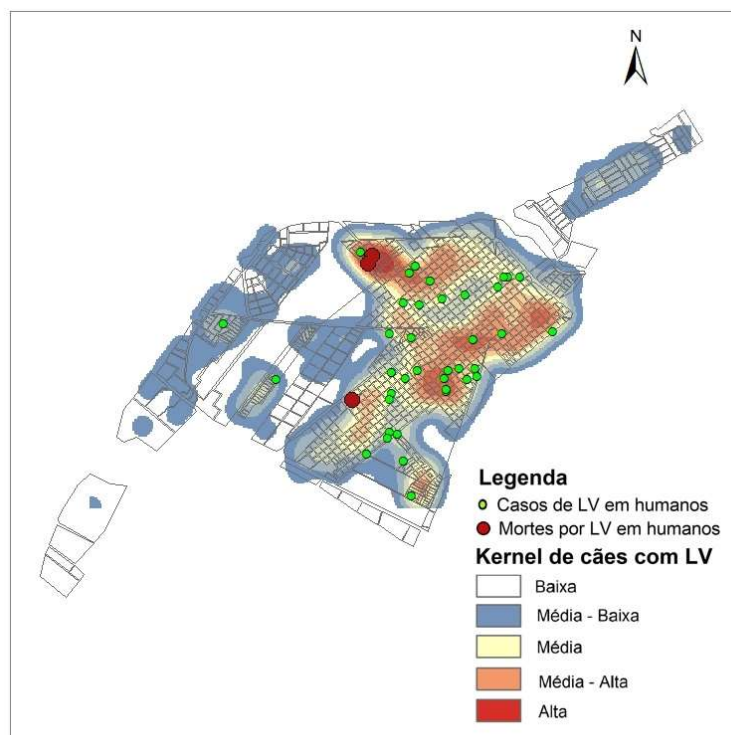
Esses resultados destacam a importância de um monitoramento contínuo e ações de controle direcionadas as áreas com maior foco dos casos.

Figura 12: Kernel de cães com LV em Presidente Epitácio de 2018 a 2022.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 13: Kernel de cães com LV em Presidente Epitácio de 2018 a 2023.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os mapas das Figuras 12 e 13 representam a distribuição espacial de cães infectados pela Leishmaniose Visceral Canina no município, respectivamente para os períodos de 2018 a 2022 e 2018 a 2023.

No primeiro mapa, Figura 12, observa-se que as áreas de maior intensidade de cães infectados pela Leishmaniose Visceral estão concentradas principalmente na região nordeste, mas existem pontos de concentração no centro-sul do município.

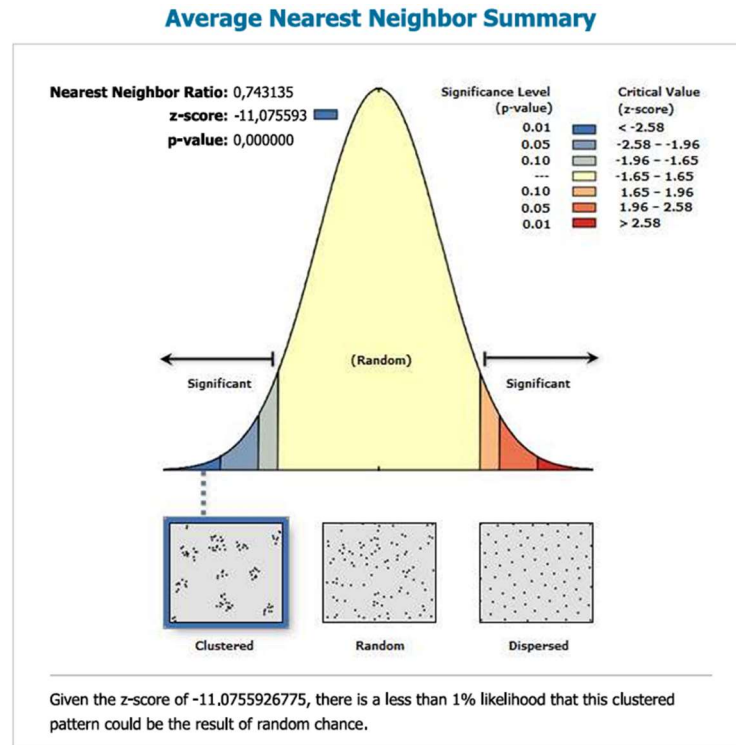
Na Figura 13 o mapa apresenta um padrão de distribuição mais disperso dos casos de LVC, com a expansão para regiões periféricas que não estavam no mapa anterior. Além disso, as áreas de alta intensidade de cães infectados aumentaram. A expansão está relacionada com os três óbitos humanos registrados no município, todos localizados em áreas de alta densidade de cães infectados.

Ao comparar os mapas de Kernel de LV Humana com os mapas de Kernel de LV canina percebe-se que, em ambos os períodos analisados, há uma clara correspondência espacial entre as áreas de maior densidade de cães infectados e a concentração de casos humanos.

Mas enquanto o Kernel dos cães infectados por LVC, Figura 13, apresenta uma expansão geográfica maior, já o mapa de casos humanos do mesmo período, Figura 11, apresenta uma dispersão menos intensa dos casos, principalmente em áreas mais periféricas. Eles também se diferenciam quando comparados as regiões de alta densidade de casos, uma vez que, os casos humanos se concentram na região centro-sul e os caninos na região centro-norte, apesar de se tratar de uma doença causada pelo mesmo protozoário.

Para a confirmação da clusterização dos dados foi realizando o estimador do vizinho mais próximo, obteve-se os resultados apresentados nas Figuras 14 e 15.

Figura 14: Análise do vizinho mais próximo para LV canina 2023



Average Nearest Neighbor Summary

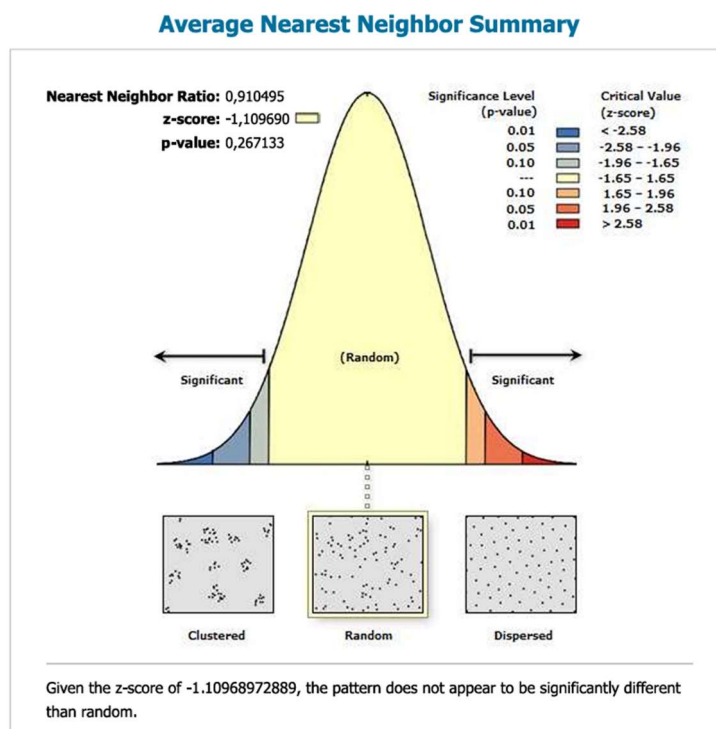
Observed Mean Distance:	111,3488 Meters
Expected Mean Distance:	149,8365 Meters
Nearest Neighbor Ratio:	0,743135
z-score:	-11,075593
p-value:	0,000000

Dataset Information

Input Feature Class:	caesporquadra
Distance Method:	EUCLIDEAN
Study Area:	45620394,729224
Selection Set:	False

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 15: Análise do vizinho mais próximo para LV humana 2023



Average Nearest Neighbor Summary

Observed Mean Distance:	264,8684 Meters
Expected Mean Distance:	290,9058 Meters
Nearest Neighbor Ratio:	0,910495
z-score:	-1,109690
p-value:	0,267133

Dataset Information

Input Feature Class:	humanos1823
Distance Method:	EUCLIDEAN
Study Area:	14217203,357529
Selection Set:	False

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a melhor visualização dos resultados foi gerada a tabela 1 com as informações fornecidas pelos estimadores do vizinho mais próximo dos casos de LV humana e LV canina.

Tabela 1: Resultado da análise do vizinho mais próximo

	Ano	Índice de Moran	Z-Score	P-Valor	Situação
LV humana	2022	0,852871	-1,780155	0,07505	Clusterizado
	2023	0,910495	-1,109690	0,267133	Aleatório
LV canina	2022	0,707419	-10,954093	0	Clusterizado
	2023	0,743135	-11,075593	0	Clusterizado

Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados obtidos concluem que para os casos de LV humana, durante 2018 a 2022, houve menos de 10% de probabilidade de que o padrão agrupado fosse aleatório, considerando o z-score de -1,780155, mas de 2018 a 2023 o padrão de casos não parece ser diferente de aleatório, considerando um z-score de -1,109690. Para os casos de LV canina, de 2018 a 2022, tinha menos de 1% de probabilidade de que esse padrão agrupado possa ser aleatório, considerando o z-score de -10,954093. No período de 2018 a 2023, os casos de LVC seguiram o mesmo padrão do período anterior, com um z-score de -11,075593.

Logo, tendo em base a análise do kernel e do vizinho mais próximo, conclui-se que os casos de Leishmaniose Visceral canina são clusterizados e os de Leishmaniose Visceral humana são aleatórios. Ou seja, é possível afirmar com base científica que os casos de infecção canina pela doença estão fortemente correlacionados com as áreas onde são registrados.

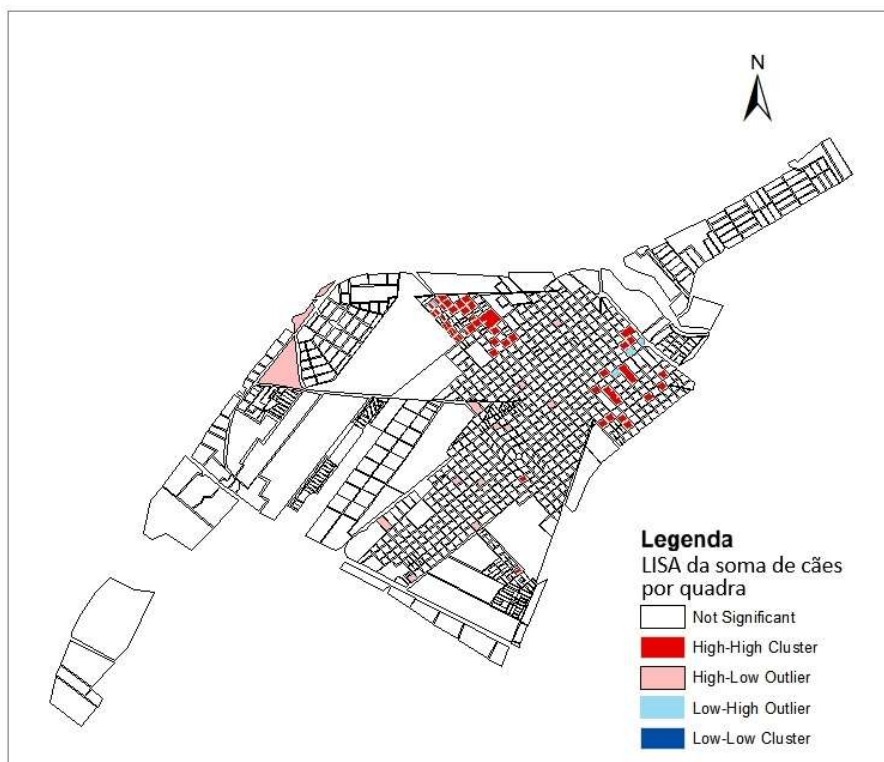
Também foram feitos o LISA (Índice de I-Moran) e o Hot-Spot, apresentados nas Figuras 16 e 17.

A análise do LISA permite identificar a distribuição dos clusters da soma de cães infectados pela LVC no município. Os clusters classificados como “High-High”, em vermelho, representam regiões de alto número de cães infectados, próximos de outras regiões com valores elevados. Por outro lado, as áreas classificadas como “Low-Low”, em azul escuro, indicam as regiões com baixo número de cães infectados, próximos a locais com características similares.

Na Figura 16, observa-se identificar que no município tem clusters classificados como “High-High” e “High-Low”, que são regiões com alto índice de cães infectados próximas de regiões com baixo índice. A maior concentração de clusters “High-High” está localizada no centro-norte, podendo significar que essa área tem uma tendência

maior de fatores que favorecem a transmissão da LV. Os clusters “High-Low” estão mais dispersos pelo município, significando que esses pontos devem ser investigados para identificar fatores que possam estar contribuindo para a ocorrência de mais casos de LVC.

Figura 16: LISA da soma de cães por quadra de 2018 a 2023.

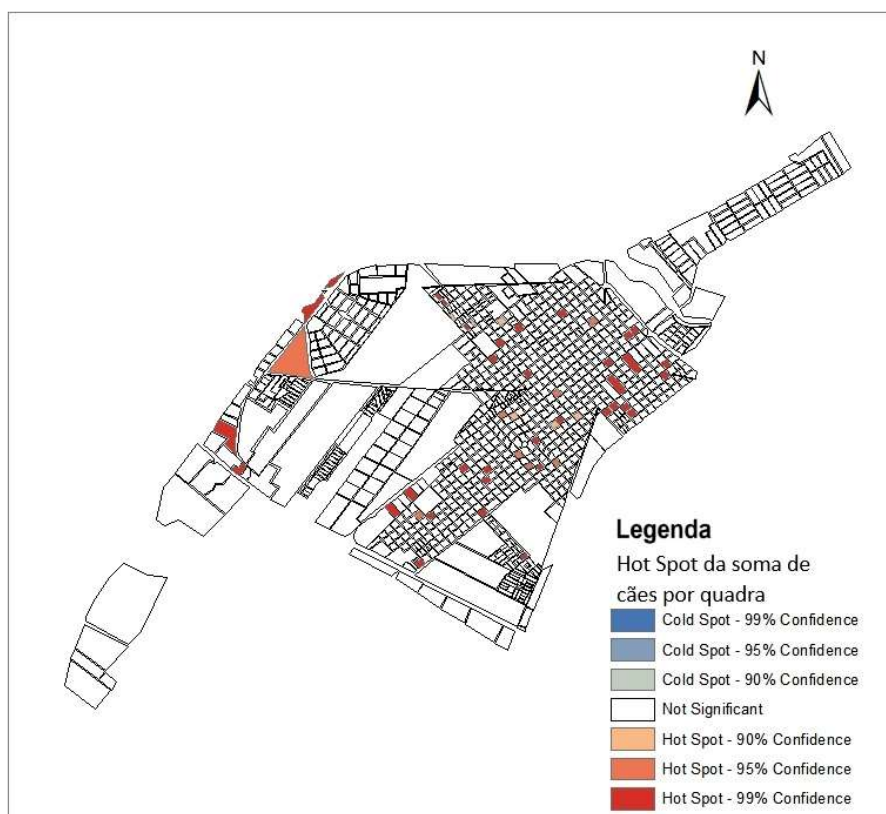


Fonte: Elaborado pela autora.

A análise do representa o HotSpot dos cães infectados pela LV entre 2018 a 2023, essa análise destaca as áreas com maior e menor intensidade da doença no município. As regiões em vermelho representam as regiões de alta concentração de cães infectados com diferentes níveis de confiança. Já as regiões em azul representam as áreas de baixa concentração de cães infectados, cold spots, com diferentes níveis de confiança.

Na Figura 17 é possível identificar que o município apresenta hot spots, sem a presença de cold spots significativos. A identificação de regiões críticas de cães infectados ajuda na priorização de intervenções para reduzir a transmissão de LV.

Figura 17: Hot Spot da soma de cães por quadra de 2018 a 2023.



Fonte: Elaborado pela autora.

5 CONSIDERAÇÕES

Esse trabalho utilizou técnicas de estatística espacial para investigar os padrões da Leishmaniose Visceral em Presidente Epitácio, com foco no encoleiramento dos cães como medida de controle. O estudo evidenciou a relação espacial entre as áreas de maior concentração de cães com os casos de Leishmaniose Visceral Humana.

Os resultados mostram que a LV humana teve uma redução significativa no período analisado, além disso, não apresentou nenhum novo caso onde foi efetuado o encoleiramento. A análise demonstrou que a intervenção foi eficaz ao reduzir os casos humanos, reforçando a importância de estratégias para o controle da doença. Porém, é notório que houve uma expansão geográfica dos casos de LV canina, exigindo um monitoramento contínuo e mais medidas de controle para a doença.

As ferramentas de geoprocessamento usadas no trabalho foram essenciais para a identificação de áreas com alta concentração de casos. O que evidencia a importância da análise espacial no controle de doenças, auxiliando no planejamento de ações preventivas.

Dessa forma, este estudo contribui para a compreensão da epidemiologia da LV em Presidente Epitácio e reforça a relevância de métodos estatísticos no controle de doenças endêmicas. Espera-se que os resultados apresentados auxiliem na ampliação de medidas de controle, como o encoleiramento dos cães e a conscientização da população, e em ações mais eficazes, promovendo a saúde da população e a redução dos impactos da Leishmaniose Visceral na região.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Ana Lúcia et al. **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública**. Brasília: [s. n.], 2007.

ANSELIN, L. **Local Indicators of Spatial Association—LISA**. *Geographical Analysis*, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>. Acesso em: 20 mai. 2024.

BAILEY, T. C., GATRELL, A. C. **Interactive Spatial Data Analysis**. London: Longman, 1995.

BERTOLA, J. **Técnicas de análise de dados distribuídos em áreas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Biometria) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/7218b59f-f45e-436b-8d75-13739fa8459d>. Acesso em: 24 out. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Abordagens Espaciais na Saúde Pública**. 1 ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública**. 1 ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública**. 1 ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Vigilância e Controle da Leishmaniose Visceral**. 1 ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Situação Epidemiológica Das Zoonoses De Interesse Para A Saúde Pública**. Bol. Eletr. Epidemiol., v. 10, n. 2, p. 1- 7, 2010.

CÂMARA, G., ORTIZ, M. **Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral**. Brasília: INPE, 1998. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/papers/analise.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.

CÂMARA, G. et. al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. 1996. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>. Acesso em: 25 out. 2023.

DRUCK, S. et. al. **Análise Especial de dados Geográficos**. Brasília, 2004. Disponível em: <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00075490.pdf>. Acesso em: 24 out. 2023.

ESRI. **ArcGIS**. Versão 10.8.2. Redlands, Califórnia, 2021. Disponível em: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/get-started/installation-guide/installing-on-your-computer.htm>. Acesso em: 26 out. 2023.

GONTIJO, Célia Maria Ferreira; MELO, Maria Norma. **Leishmaniose visceral no Brasil: quadro atual, desafios e perspectivas**. Revista Brasileira de epidemiologia, v. 7, p. 338-349, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2004000300011>. Acesso em: 25 out. 2023.

GOVERNO do estado de São Paulo. **SUCEN** - Superintendência de Controle de Endemias. Disponível em: <https://www.saude.sp.gov.br/sucen-superintendencia-de-controle-de-endemias/programas/leishmaniose-visceral/situacao-atual>, Acesso em: 17 out. 2023

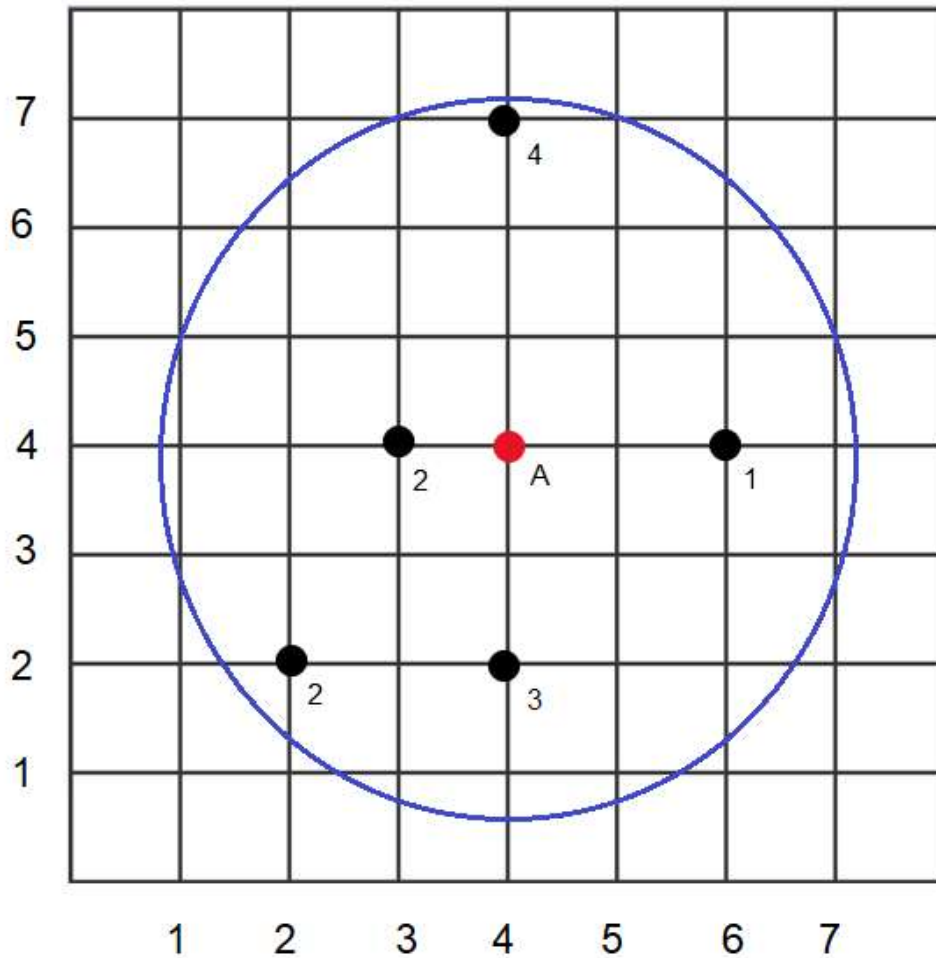
LOURENÇÃO, Beatriz de Oliveira. **Análise espacial dos casos de leishmaniose visceral na região de Presidente Prudente**. 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/2dd71aea-d0b8-48a7-a7eb-63d78cd34939>. Acesso em: 20 out. 2023.

MARCONDES, Mary; ROSSI, Claudio Nazaretian. **Leishmaniose visceral no Brasil**. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v. 50, n. 5, p. 341-352, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/bjvras/article/view/79913>. Acesso em: 25 out. 2023.

ROSA, Roberto; BRITO, Jorge Luis Silva. **Introdução ao geoprocessamento**. UFU: Apostila. Uberlândia, 2013. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7676925/mod_resource/content/1/Apostila_Geop_rosa.pdf. Acesso em: 26 out. 2023.

APÊNDICE A – Cálculo do estimador kernel para análises pontuais

A fim de mostrar como o estimador kernel quártico é aplicado foi elaborado um exercício explicativo.



O kernel quártico pode considerar apenas os pontos ou considerar também os atributos.

Para o kernel quártico para análise pontual sem atributos, utiliza-se a seguinte fórmula

$$\lambda_r(s) = \sum_{i=1}^n \frac{3}{\pi\tau^2} \left(1 - \frac{h_i^2}{\tau^2}\right)^2$$

O h representa a distância e quando necessário utiliza-se o teorema de Pitágoras: $h^2=a^2+b^2$. E o τ representa o raio do círculo, nesse caso é 3,2.

Estimando os pontos:

$$\text{Ponto (2,2):} = \frac{3}{3,14 \times 3,2^2} \left(1 - \frac{(\sqrt{8})^2}{3,2^2}\right) = 0,0933 \times 0,2187 = 0,0204$$

$$\text{Ponto (3,4):} = \frac{3}{3,14 \times 3,2^2} \left(1 - \frac{(1)^2}{3,2^2}\right) = 0,0933 \times 0,9023 = 0,0842$$

$$\text{Ponto (4,2):} = \frac{3}{3,14 \times 3,2^2} \left(1 - \frac{(2)^2}{3,2^2}\right) = 0,0933 \times 0,6093 = 0,0568$$

$$\text{Ponto (4,7):} = \frac{3}{3,14 \times 3,2^2} \left(1 - \frac{(3)^2}{3,2^2}\right) = 0,0933 \times 0,1211 = 0,0113$$

$$\text{Ponto (6,4):} = \frac{3}{3,14 \times 3,2^2} \left(1 - \frac{(2)^2}{3,2^2}\right) = 0,0933 \times 0,6093 = 0,0568$$

Já para calcular o kernel quártico para análise pontual com atributos multiplica-se a fórmula acima pelo valor do seu atributo. Logo,

$$\lambda_r(s) = \sum_{i=1}^n \frac{3}{\pi \tau^2} \left(1 - \frac{h_i^2}{\tau^2}\right)^2 y_i$$

É a fórmula a ser utilizada para esse caso.

Estimando os pontos:

$$\text{Ponto (2,2):} = \frac{3}{3,14 \times 3,2^2} \left(1 - \frac{(\sqrt{8})^2}{3,2^2}\right) \times 2 = 0,0933 \times 0,2187 \times 2 = 0,0408$$

$$\text{Ponto (3,4):} = \frac{3}{3,14 \times 3,2^2} \left(1 - \frac{(1)^2}{3,2^2}\right) \times 2 = 0,0933 \times 0,9023 \times 2 = 0,1684$$

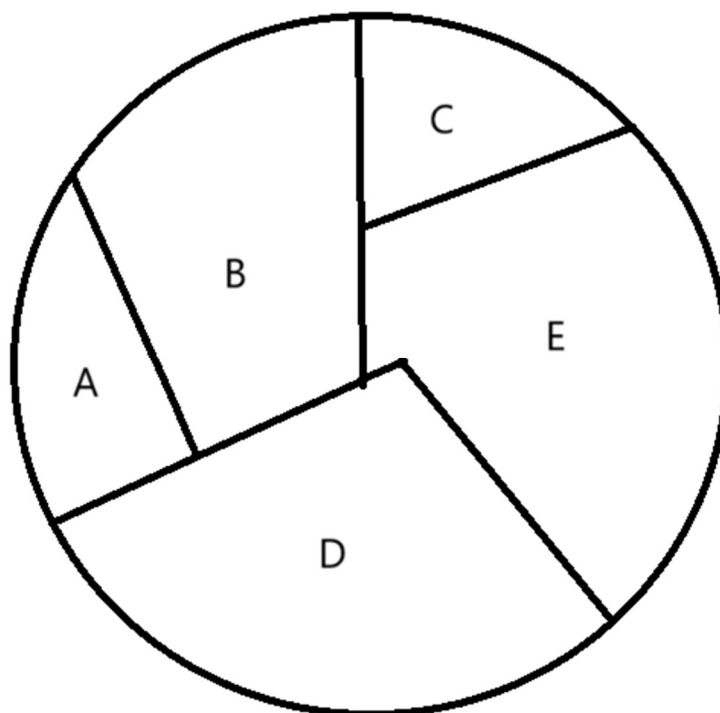
$$\text{Ponto (4,2):} = \frac{3}{3,14 \times 3,2^2} \left(1 - \frac{(2)^2}{3,2^2}\right) \times 3 = 0,0933 \times 0,6093 \times 3 = 0,1705$$

$$\text{Ponto (4,7):} = \frac{3}{3,14 \times 3,2^2} \left(1 - \frac{(3)^2}{3,2^2}\right) \times 4 = 0,0933 \times 0,1211 \times 4 = 0,0452$$

$$\text{Ponto (6,4):} = \frac{3}{3,14 \times 3,2^2} \left(1 - \frac{(2)^2}{3,2^2}\right) \times 1 = 0,0933 \times 0,6093 \times 1 = 0,0568$$

APÊNDICE B – Matriz de proximidade espacial

A fim de mostrar como a matriz de proximidade espacial funciona foi elaborado um exercício explicativo.



Supondo que exista uma região com as quadras A, B, C, D, e E. A matriz de proximidade espacial recebe o valor 1 caso uma quadra faça fronteira com a outra e 0 caso contrário e na diagonal principal.

	A	B	C	D	E
A	0	1	0	1	0
B	1	0	1	1	1
C	0	1	0	0	1
D	1	1	0	0	1
E	0	1	1	1	0

A média espacial móvel é o valor da média atribuído a região de estudo, mostrando padrões e tendências do local. Nesse caso, a matriz de proximidade sofre alterações, o valor 0 só é atribuído para as quadras que não tem fronteira.

	A	B	C	D	E
A	1	1	0	1	0

B	1	1	1	1	1
C	0	1	1	0	1
D	1	1	0	1	1
E	0	1	1	1	1

Caso estivesse em avaliação a quantidade de cães infectados por leishmaniose visceral em cada quadra e fossem atribuídos os valores 10, 20, 30, 40 e 50 para as quadras A, B, C, D, e E, respectivamente, a conta se dá por:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & 0 & \frac{1}{4} & 0 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ 0 & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 0 & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ 0 & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 10 \\ 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \end{bmatrix}$$

$$\mu_a = (10 * \frac{1}{3}) + (20 * \frac{1}{5}) + (30 * 0) + (40 * \frac{1}{4}) + (50 * 0) = 17,333$$

$$\mu_b = (10 * \frac{1}{3}) + (20 * \frac{1}{5}) + (30 * \frac{1}{3}) + (40 * \frac{1}{4}) + (50 * \frac{1}{4}) = 39,833$$

$$\mu_c = (10 * 0) + (20 * \frac{1}{5}) + (30 * \frac{1}{3}) + (40 * 0) + (50 * \frac{1}{4}) = 26,5$$

$$\mu_d = (10 * \frac{1}{3}) + (20 * \frac{1}{5}) + (30 * 0) + (40 * \frac{1}{4}) + (50 * \frac{1}{4}) = 29,833$$

$$\mu_e = (10 * 0) + (20 * \frac{1}{5}) + (30 * \frac{1}{3}) + (40 * \frac{1}{4}) + (50 * \frac{1}{4}) = 36,5$$