



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Distribuição espacial da leptospirose nos municípios do vale do paraíba para o período entre 2012 e 2017: uma análise comparativa com dados de precipitação

Raíssa Caroline dos Santos Teixeira

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE Caixa Postal 515 – 12227-010

São José dos Campos – SP, Brasil

raissa.teixeira@inpe.br

RESUMO: O presente trabalho aborda uma análise da relação entre a ocorrência de casos de leptospirose e a precipitação para uma região do Vale do Paraíba, que abrange parte dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Foram utilizados dados populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dados de precipitação do *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS)*, através de operações vetoriais, métodos estatísticos e linguagem de programação Python. As análises realizadas mostraram que a relação entre as variáveis é muito fraca, ou seja, não é possível dizer que estão diretamente ligadas. Com isso, foi possível concluir que, apesar de ser um dos fatores que influenciam a incidência da leptospirose, a precipitação não pode ser um fator isolado para essa comparação, pois outros dados como os socioeconômicos e ambientais em conjunto podem possivelmente explicar melhor a ocorrência da doença e sua distribuição espacial, que foi observada através da plotagem de mapas.

Palavras chave: Leptospirose, doenças de veiculação hídrica, geoprocessamento.

1. Introdução

O Brasil é um país de vasta extensão territorial e o geoprocessamento, assim como o uso de dados de observação da terra, podem ser aliados no monitoramento da saúde e ocorrência de doenças nas diversas regiões. De acordo com o volume 2 da série *Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde (2006)*, com o atual desenvolvimento tecnológico, as possibilidades de utilização de abordagens espaciais ampliam e fortalecem a capacidade analítica sobre o processo saúde-doença, o que também eleva o potencial para utilização na análise de situação de saúde, consequentemente beneficiando o processo de decisão sobre prioridades. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido utilizados como ferramenta de consolidação e análise de grandes bases de dados sobre saúde e ambiente. Estes sistemas permitem a captura, armazenamento, manipulação, análise e exibição de dados georreferenciados,

isto é, relacionados a entidades gráficas com representação espacial (BARCELLOS et al., 1998).

Entre diversas doenças existentes no país, existe um grupo classificado como doenças de veiculação hídrica, que de acordo com o Ministério da Saúde em sua Diretriz para atuação em situações de surtos de doenças e agravos de veiculação hídrica (2018), ocorrem porque a água pode veicular substâncias químicas e agentes biológicos nocivos à saúde da população, podendo adentrar o organismo humano de diferentes formas, seja por meio da ingestão, inalação, pelo contato da água contaminada com a pele ou mucosas ou por alimentos lavados com água contaminada que pode causar danos à integridade física ou mental, ou até mesmo o adoecimento do indivíduo. Incluída nesse grupo de doenças, está a Leptospirose. Segundo Hino et al. (2006), a análise da distribuição de doenças e seus determinantes nas populações, no espaço e no tempo é um aspecto fundamental da Epidemiologia.

1.1. Leptospirose

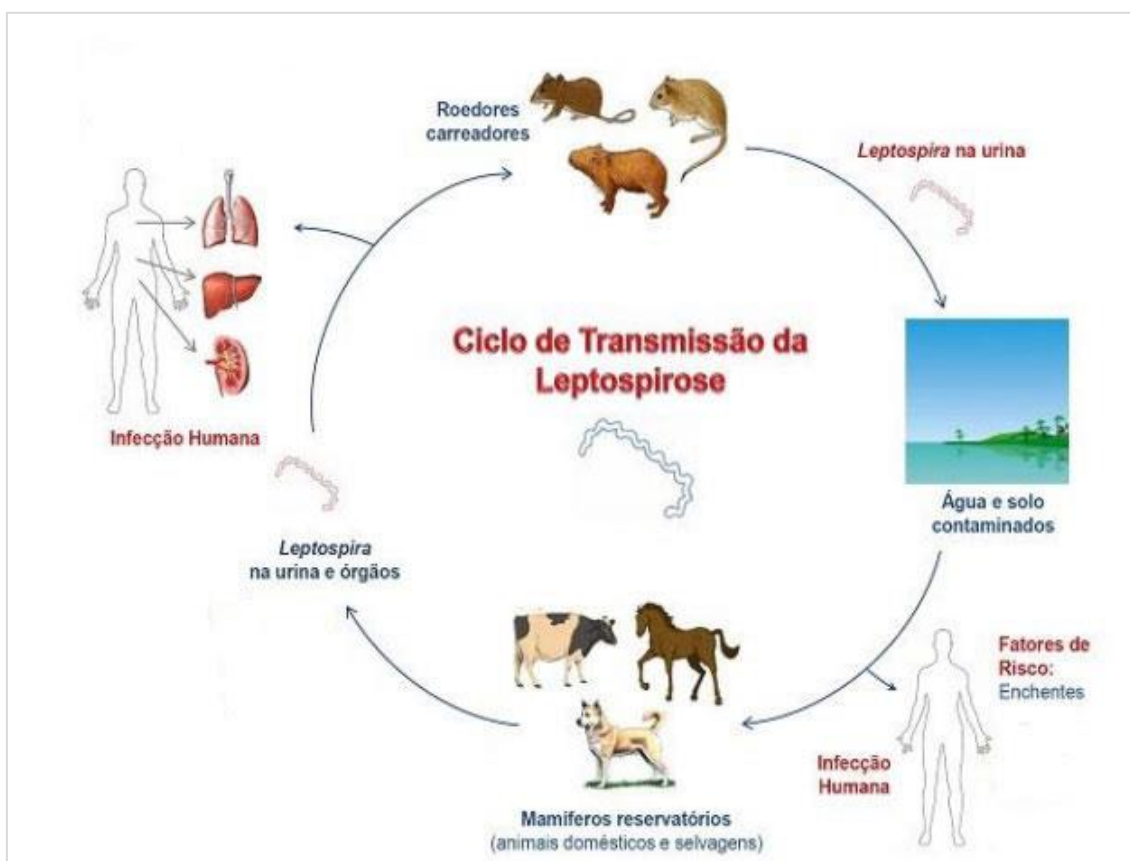
A leptospirose é uma doença de notificação compulsória no Brasil e no Estado de São Paulo, e a ocorrência de casos suspeitos isolados, assim como de surtos deve ser notificada, o mais rápido possível, para o desencadeamento das ações de vigilância epidemiológica e controle. De acordo com o Guia de Vigilância Epidemiológica do Ministério da Saúde, a notificação é a comunicação da ocorrência de determinada doença ou agravo à saúde, feita à autoridade sanitária por profissionais de saúde ou qualquer cidadão, para fins de adoção de medidas de intervenção pertinentes. Essas informações entram como dados no Sinan (Sistema de Informação de Agravos de Notificação), mediante formulários padronizados, e podem ser consultados no Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (SUS), o DATASUS.

De acordo com o Guia de Vigilância Epidemiológica do Ministério da Saúde, a leptospirose é uma doença infecciosa febril de início abrupto, cujo espectro pode variar desde um processo assintomático até formas sintomáticas graves. É uma doença transmitida ao homem pela urina de roedores, principalmente por ocasião das enchentes, e é causada por uma bactéria chamada *Leptospira*, presente na urina de ratos e outros animais (Ministério da Saúde, 2019). Trata-se de uma doença de veiculação hídrica que pode ter sua ocorrência afetada pelo regime de chuvas, considerando que inundações propiciam sua disseminação, assim como fatores socioeconômicos. Ainda segundo o

Guia de Vigilância Epidemiológica do Ministério da Saúde (2009), a leptospirose trata-se de uma zoonose de grande importância social e econômica, porque apresenta elevada incidência em determinadas áreas, causa altos custos hospitalares e perdas de dias de trabalho, e, além disso, sua letalidade pode chegar a 40%, nos casos mais graves. Por isso, é importante que sejam estudadas suas causas e identificadas áreas mais propícias para que ações de prevenção sejam tomadas.

As leptospiras penetram no corpo pela pele, principalmente por arranhões ou ferimentos, e também pela pele íntegra, imersa por longos períodos na água ou lama contaminada (Ministério da Saúde, 2019). Assim, sua ocorrência está relacionada às precárias condições de infraestrutura sanitária e alta infestação de roedores infectados, sendo que as inundações propiciam a disseminação e a persistência do agente causal no ambiente, facilitando a ocorrência de surtos (Guia de Vigilância Epidemiológica, 2009). A figura 1 mostra o ciclo de transmissão da leptospirose e os agentes e vetores envolvidos.

Figura 1 – Ciclo de transmissão da leptospirose.



Fonte: Fraga, 2014.

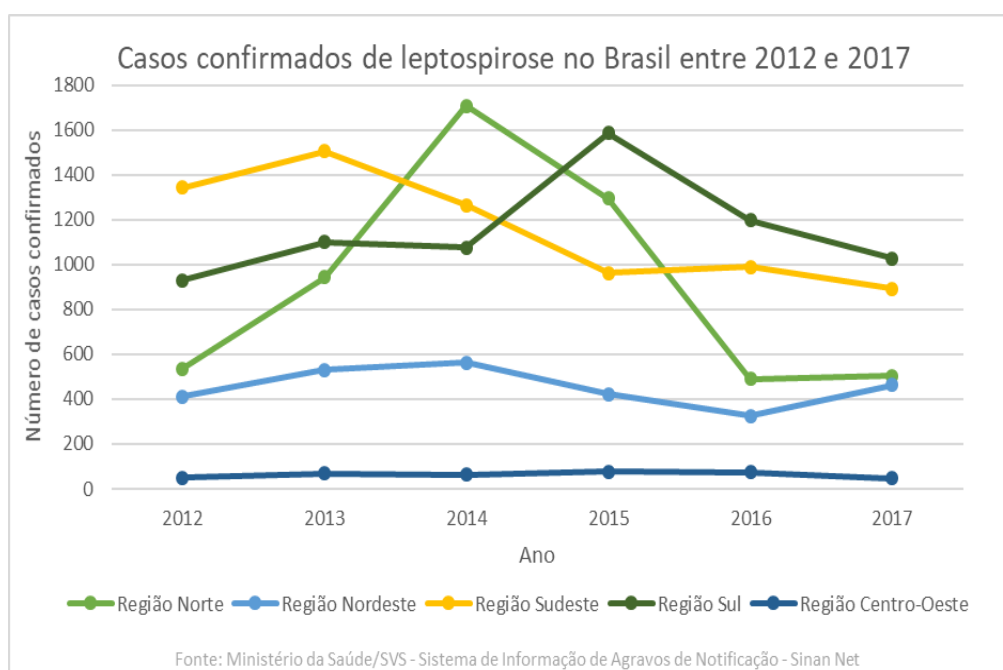
Dentre os fatores ligados ao agente etiológico da leptospirose que favorecem a persistência dos focos, é destacado o elevado grau de variação antigênica, a capacidade

de sobrevivência no meio ambiente que pode ser de até 180 dias e a ampla variedade de animais suscetíveis que podem hospedar o microrganismo, principalmente os roedores, que são os reservatórios essenciais para a persistência dos focos da infecção. Outros reservatórios de importância são: caninos, suínos, bovinos, equinos, ovinos e caprinos (Guia de Vigilância Epidemiológica, 2009).

A principal forma de infecção humana pela leptospirose resulta da exposição direta ou indireta à urina de animais infectados através da pele com presença de lesões, da pele íntegra imersa por longos períodos em água contaminada ou através de mucosas, sendo que o período de incubação da doença varia de 1 a 30 dias (Guia de Vigilância Epidemiológica, 2009).

No período de 2012 a 2017, foram confirmados e notificados no Sinan 22.439 casos de leptospirose no Brasil (média anual de 3.739 casos), sendo 6.956 casos na região sudeste e 6.915 na região sul, regiões com maior incidência, como mostra a figura 2. E do total de casos nesse período, houveram 1.843 óbitos pelo agravo notificado.

Figura 2: Número de casos confirmados de leptospirose no Brasil entre 2012 e 2017.



Fonte: Autoria própria.

Mesmo que o número de casos tenha diminuído ao longo dos anos, a leptospirose ainda é uma doença preocupante, e o estudo de seu comportamento e áreas de incidência é importante para a tomada de ações pertinentes de saúde.

Com o objetivo de verificar a relação existente entre a ocorrência da leptospirose e um dos fatores que podem influenciá-la, buscou-se através de métodos estatísticos avaliar a sua relação com a precipitação em uma região do vale do Paraíba, situada entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

Como objetivos específicos, inclui-se a utilização de novas tecnologias de armazenamento e gerenciamento de dados como o Google Earth Engine, utilização de linguagem Python para organização de bancos de dados de saúde e demográficos, análises de regressões estatísticas, plotagem de mapas de incidência da doença e precipitação para visualização da distribuição espacial na região de estudo e utilização do método de clustering K-médias para visualização de agrupamentos de áreas similares.

1.2. Influência da precipitação na incidência de doenças de veiculação hídrica

É comum que as doenças de veiculação hídrica sejam colocadas como ponto de atenção quando ocorrem eventos extremos relacionados à chuva em excesso. As transmissões das doenças de veiculação hídrica em escalas endêmicas e epidêmicas devem-se principalmente ao acesso à água, infraestruturas inadequadas de saneamento e drenagem, e falta de acesso a cuidados de saúde agravados por desastres naturais ou convulsões sociais (HASAN et al., 2018). Dentre essas doenças de veiculação hídrica a que se relaciona diretamente com o elemento climático precipitação é a leptospirose, pois apresenta a maior incidência durante o período chuvoso (ALEIXO, 2010).

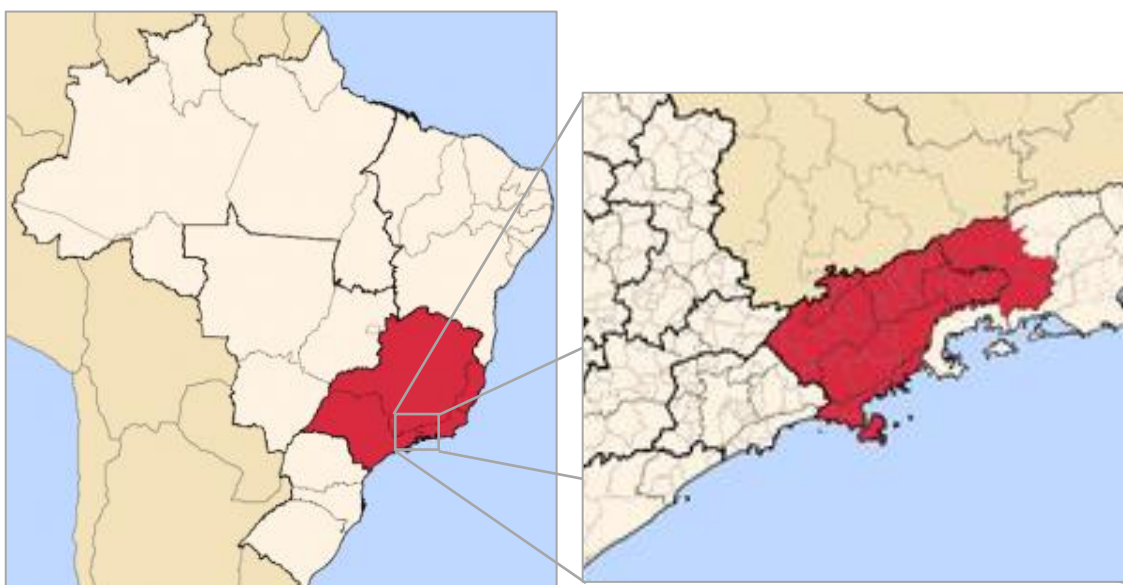
A leptospirose apresenta distribuição universal e, no Brasil, é uma doença endêmica que torna-se epidêmica em períodos chuvosos, principalmente nas capitais e áreas metropolitanas, devido às enchentes associadas a aglomerações da população de baixa renda, às condições inadequadas de saneamento e à alta infestação de roedores infectados (Guia de Vigilância Epidemiológica, 2009). Por isso, quando a drenagem não é suficiente, e há infestação de roedores contaminados no local, há maiores chances de contaminação da população que entra em contato com essa água contaminada. Existem outros fatores associados à essa doença, incluindo os socioeconômicos, porém neste trabalho foi relacionada a precipitação média anual ao número de casos confirmados de leptospirose por município, para ser verificada esta relação.

1.3. Área de estudo

A área de estudo selecionada foi na Região do Vale do Paraíba, que abrange a Mesorregião do Vale do Paraíba Paulista no estado de São Paulo, e Mesorregião do Sul Fluminense, no estado do Rio de Janeiro.

De acordo com o IBGE, a mesorregião do Vale do Paraíba é composta por 6 microrregiões, sendo elas: Campos do Jordão com 4 municípios, São José dos Campos com 8 municípios, Guaratinguetá com 11 municípios, Bananal com 5 municípios, Paraibuna/Paraitinga com 7 municípios e Caraguatatuba com 4 municípios. Já a mesorregião do Sul Fluminense é onde se situa a microrregião do Vale do Paraíba Fluminense com 9 municípios. Assim, a área de estudo incluiu um total de 48 municípios, como mostrado na figura 3.

Figura 3: Área de estudo.



Fonte: Nicolás Maia.

É uma região de grande de grande importância socioeconômica, devido a sua concentração de considerável parcela do PIB do Brasil, grande industrialização, localização entre as grandes capitais, São Paulo e Rio de Janeiro, por onde passam importantes rodovias, além formar parte da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

2. Materiais e métodos

2.1. Dados demográficos e vetoriais – IBGE

Em consulta ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foram baixados os dados demográficos de interesse para o trabalho, como o tamanho populacional dos municípios e as respectivas estimativas populacionais para os anos de 2012 a 2017.

Foram verificados quais municípios compõem cada microrregião da região de estudo, sendo que, cada município possui um código numeral de 7 dígitos que os identifica. Também foram baixados os dados vetoriais dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, sendo que, para cada município do shapefile disponibilizado pelo IBGE, existe o seu código atrelado. No software livre QGIS 2.6.2., multiplataforma de sistema de informação geográfica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados, foram realizadas as operações vetoriais necessárias para mergir, atribuir informações e recortar os municípios de interesse, resultando em um shapefile da região de estudo.

2.2. Dados de precipitação

Os dados de precipitação foram obtidos a partir da ferramenta Google Earth Engine, com código aberto e editável para filtrar o período e região de interesse. Os dados de precipitação diária foram extraídos do *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data* (CHIRPS), que disponibiliza um conjunto de dados pluviométricos globais de mais de 30 anos. O CHIRPS incorpora imagens de satélite com resolução de 0,05 ° com dados de estações in-situ para criar séries temporais de chuva para análise de tendências e monitoramento sazonal de secas, e a unidade é de mm/dia.

1.1.1. Cálculo das médias de precipitação anuais

Como os dados fornecidos pelo CHIRPS são em mm/dia, dados para cada município através de seus códigos, utilizando a linguagem Python foram calculadas as médias anuais de precipitação para cada município, resultando em valores médios de precipitação para cada ano de 2012 a 2017.

1.2. Dados de saúde

Neste estudo foram utilizados dados de ocorrência da leptospirose extraídos do DATASUS, o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil. O

DATASUS disponibiliza informações que podem servir para subsidiar análises objetivas da situação sanitária, tomadas de decisão baseadas em evidências e elaboração de programas de ações de saúde. Os dados são provenientes do Ministério da Saúde/SVS por meio do Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan Net, que tem como objetivo coletar, transmitir e disseminar dados gerados rotineiramente pelo Sistema de Vigilância Epidemiológica das três esferas de Governo, por meio de uma rede informatizada, para apoiar o processo de investigação e dar subsídios à análise das informações de vigilância epidemiológica das doenças de notificação compulsória.

Os dados epidemiológicos obtidos de ocorrência da leptospirose possuem resolução temporal anual e resolução espacial municipal, e foram filtrados para os anos de 2012 a 2017 e para os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, que posteriormente foram filtrados apenas para os municípios de interesse no estudo. Os dados foram organizados em tabela, relacionados para os seus respectivos códigos municipais.

1.2.1. Cálculo da incidência da leptospirose por município

Utilizando os dados de casos de leptospirose por municípios e por ano, disponibilizados pelo DATASUS, e os tamanhos populacionais dos respectivos municípios, foi possível calcular a incidência da leptospirose, sendo esta, a razão entre o número de casos confirmados e o tamanho populacional de cada município.

1.3. Operações por linguagem de programação Python

Com todos os dados de interesse obtidos e organizados, foi realizada uma concatenação de tabelas no Excel, através de linguagem Python, em que foram atribuídos para cada código de município o ano, a incidência da leptospirose e a precipitação média anual. Assim, foi possível obter uma tabela completa com todos os dados para a realização dos procedimentos planejados.

Depois, o primeiro procedimento realizado foi a análise de regressão, pelo modelo de regressão de Poisson. O modelo de regressão de Poisson é geralmente usado em epidemiologia para analisar estudos longitudinais onde a resposta é o número de episódios de um evento ocorridos em um determinado período de tempo (COUTINHO et al., 2008). Análise de regressão é uma ferramenta estatística que utiliza a relação entre duas ou mais variáveis tal que uma variável possa ser explicada pela outra. Tem o objetivo de determinar como duas ou mais variáveis se relacionam.

A Regressão de Poisson, também conhecida como Modelo Log-Linear de Poisson, faz parte da família de Modelos Lineares Generalizados (GLM) e é adequada para a modelagem de variáveis que envolvam dados de contagem ou taxas.

Posteriormente, foi realizada a plotagem dos mapas para mostrar a distribuição espacial da leptospirose e da precipitação ao longo dos anos. Para isso, foi utilizada no código uma biblioteca criada especialmente para esta função, disponível na plataforma Github.

Por fim, foi aplicada a técnica K-médias, que é um algoritmo de clusterização e aprendizado não supervisionado, com o objetivo de mapear zonas similares para o conjunto de dados de precipitação e incidência de leptospirose, agregados com mesma resolução espacial e temporal. Para garantir variância escalonada, foi necessário realizar primeiramente a normalização dos dados.

3. Resultados e discussão

3.1. Análise de Regressão

A regressão realizada utilizou o modelo de regressão de Poisson, que considerou a precipitação para ser a variável comparada com a incidência da leptospirose. Na estatística, a regressão de Poisson é um modelo linear generalizado de análise de regressão usado para modelar dados de contagem e tabelas de contingência. A regressão de Poisson assume que a variável de resposta Y possui uma distribuição de Poisson e assume que o logaritmo de seu valor esperado pode ser modelado por uma combinação linear de parâmetros desconhecidos. Um modelo de regressão de Poisson às vezes é conhecido como um modelo log-linear, especialmente quando usado para modelar tabelas de contingência. Esse modelo de regressão foi escolhido porque foram utilizados dados discreto-quantitativos, ou seja, que não possuem distribuição contínua. As figuras 4 e 5 apresentam os resultados obtidos na Regressão de Poisson.

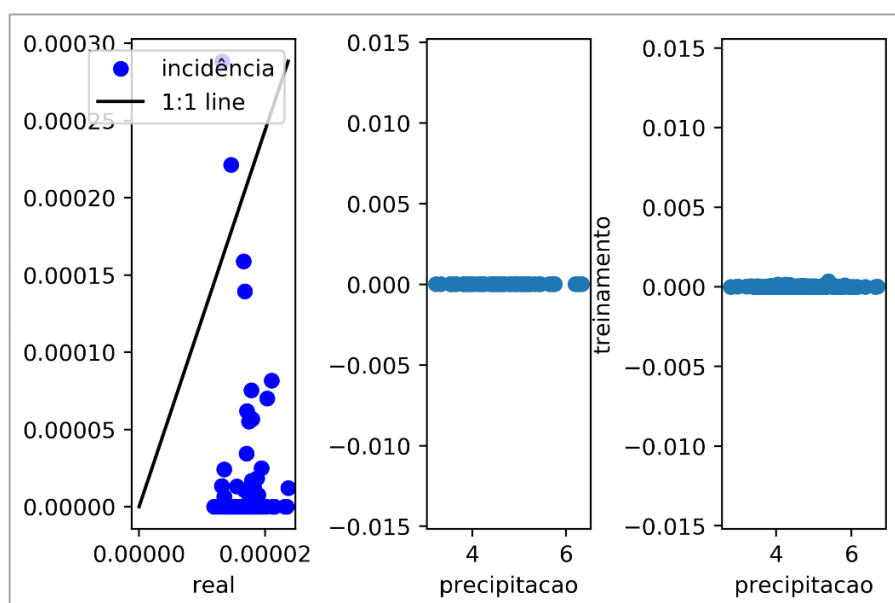
Figura 4: Resultados da Regressão de Poisson.

Generalized Linear Model Regression Results						
Dep. Variable:	Incidencia_relativa	No. Observations:	288			
Model:	GLM	Df Residuals:	286			
Model Family:	Poisson	Df Model:	1			
Link Function:	log	Scale:	1.0000			
Method:	IRLS	Log-Likelihood:	-0.056862			
Date:	Mon, 06 May 2019	Deviance:	0.014659			
Time:	17:34:31	Pearson chi2:	0.0276			
No. Iterations:	5	Covariance Type:	nonrobust			
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	-11.3232	85.229	-0.133	0.894	-178.370	155.723
Precipitacao_media_anual_mm_H	0.0800	18.541	0.004	0.997	-36.260	36.420

Fonte: Autoria própria.

Os resultados apresentados na regressão realizada através da linguagem Python indicaram que a probabilidade de a relação ser significativa mostrou-se muito baixa.

Figura 5: Gráfico de dispersão da Regressão de Poisson



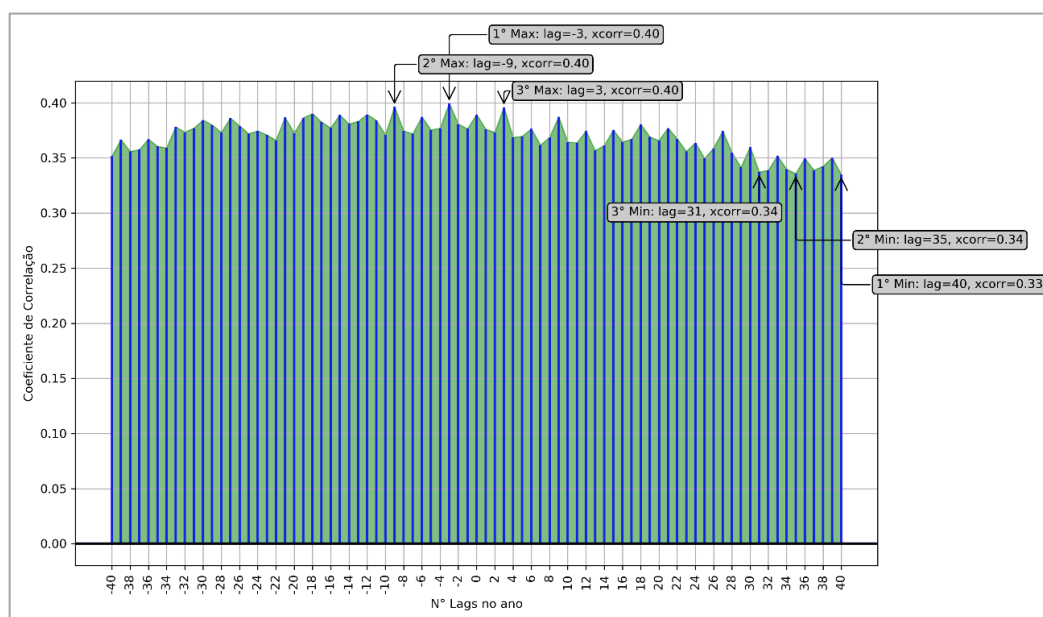
Fonte: Autoria própria.

Pôde ser observado que houve um achatamento dos pontos de dispersão, o que pode possivelmente ser explicado pela existência de incidência zerada em boa parte dos municípios de estudo. A distribuição mostra pouco ou nenhum acompanhamento da reta, indicando a falta de relação existente nesta comparação, e a ausência de uma regressão perfeita.

3.2. Correlação cruzada

A análise de correlação cruzada mostrada na figura 6, mostrou também uma possível ausência de relação direta entre a precipitação e a incidência de leptospirose na região de estudo, devido à falta de picos ou vales mais destacados. O comportamento da correlação mostrou-se constante ao longo do tempo, ou seja, ao longo das comparações entre as duas variáveis. Se houvessem pontos de maior destaque, seria possível existir uma relação mais direta entre elas.

Figura 6: Correlação cruzada.



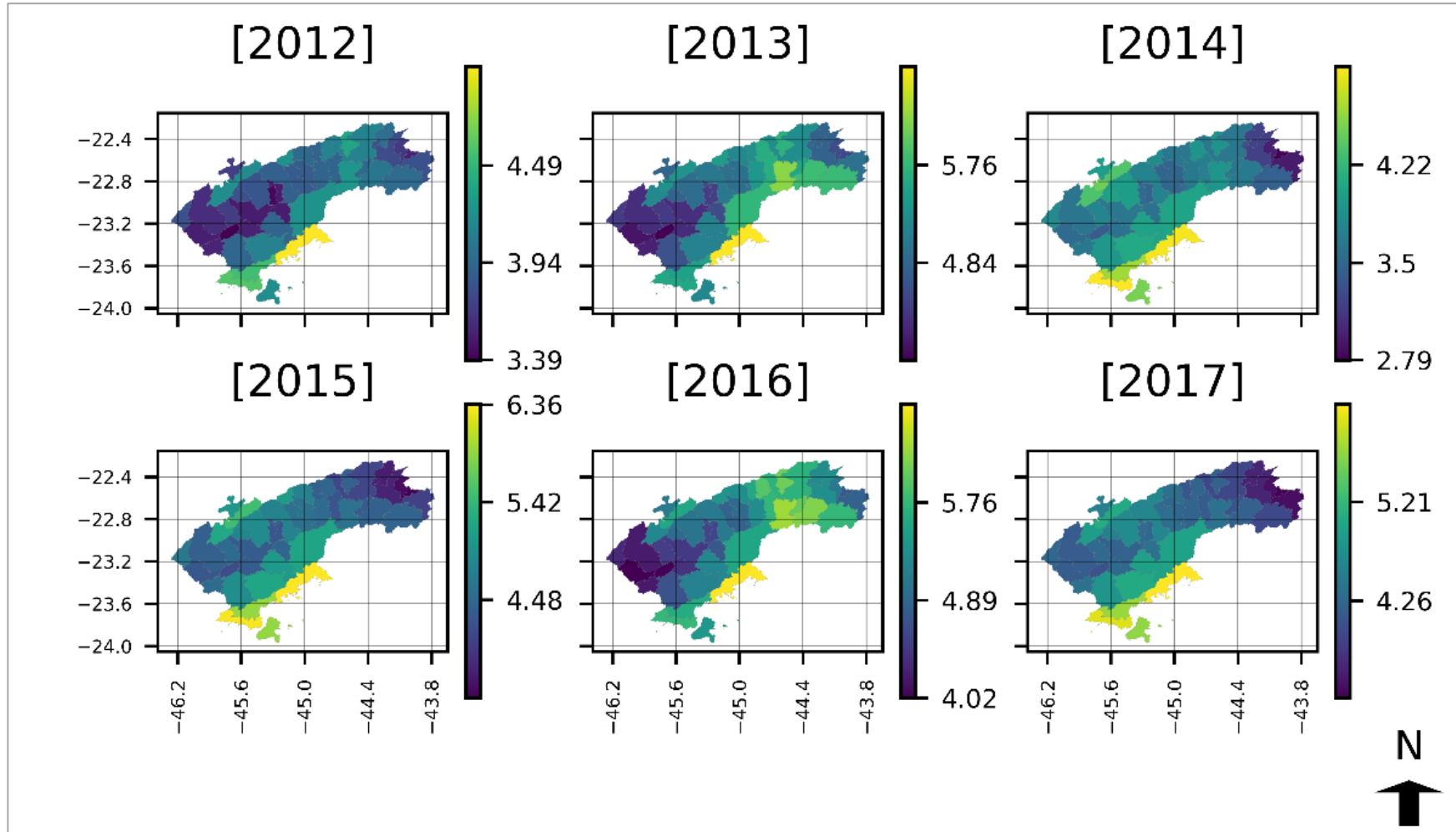
Fonte: Autoria própria.

É possível que a existência de incidência zerada de leptospirose em parte dos municípios possa ter induzido o comportamento da correlação. Outra possibilidade que possa ter influenciado neste resultado, é que a doença tem um tempo de incubação que pode demorar alguns dias para mostrar os sintomas, e posteriormente, através de exames, ser comprovada. Por isso, não necessariamente será apresentado um número maior de incidência exatamente no período de dias em que choveu.

3.3. Mapas

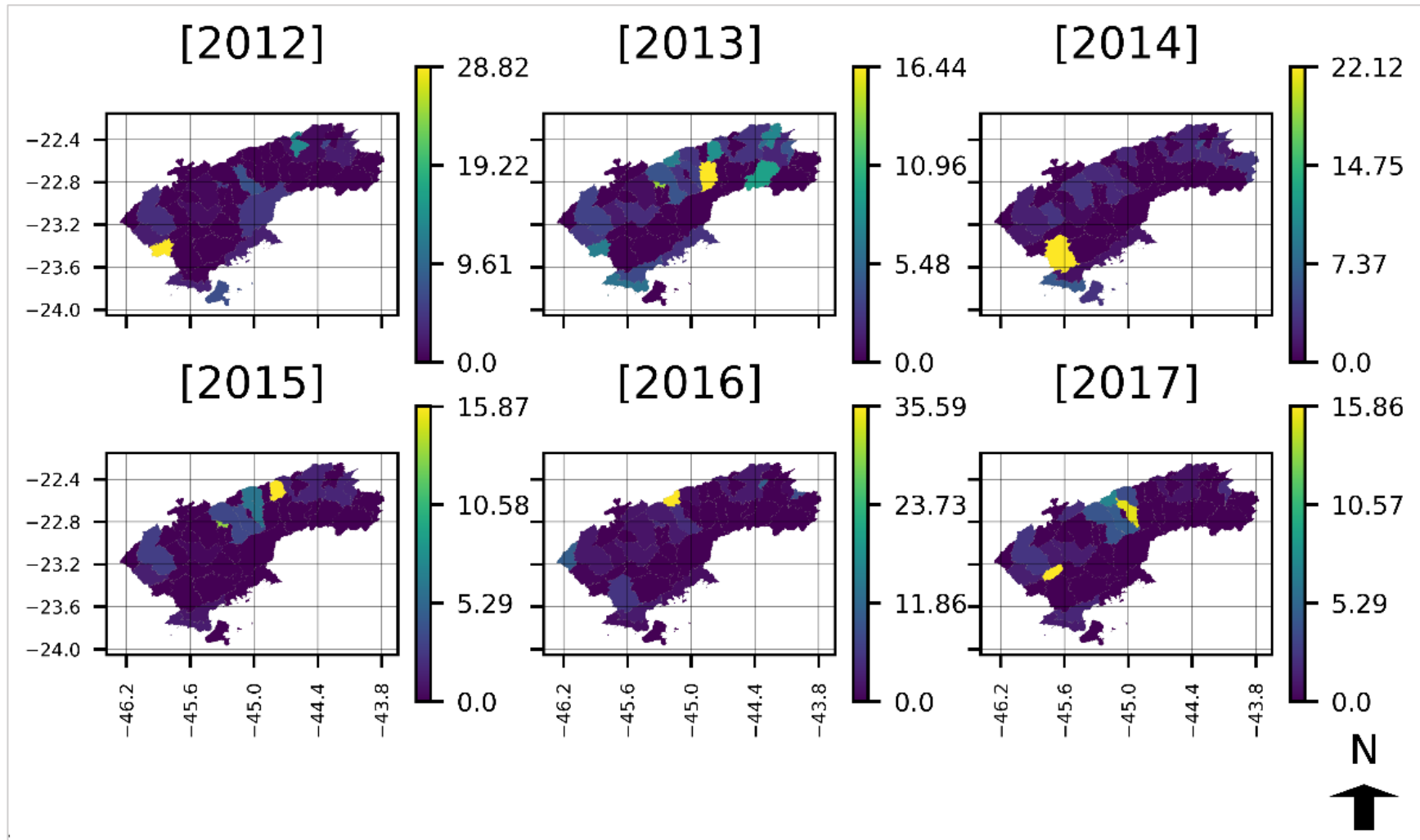
Os mapas gerados para cada variável demonstram espacialmente a distribuição da incidência da leptospirose e da precipitação média para cada ano, assim como os mapas para médias de todos os anos do período de interesse. As figuras 7 e 8 referem-se à análise temporal da distribuição da doença e da precipitação.

Figura 7: Precipitação média anual (mm/h)



Fonte: Autoria própria.

Figura 8: Incidência da leptospirose



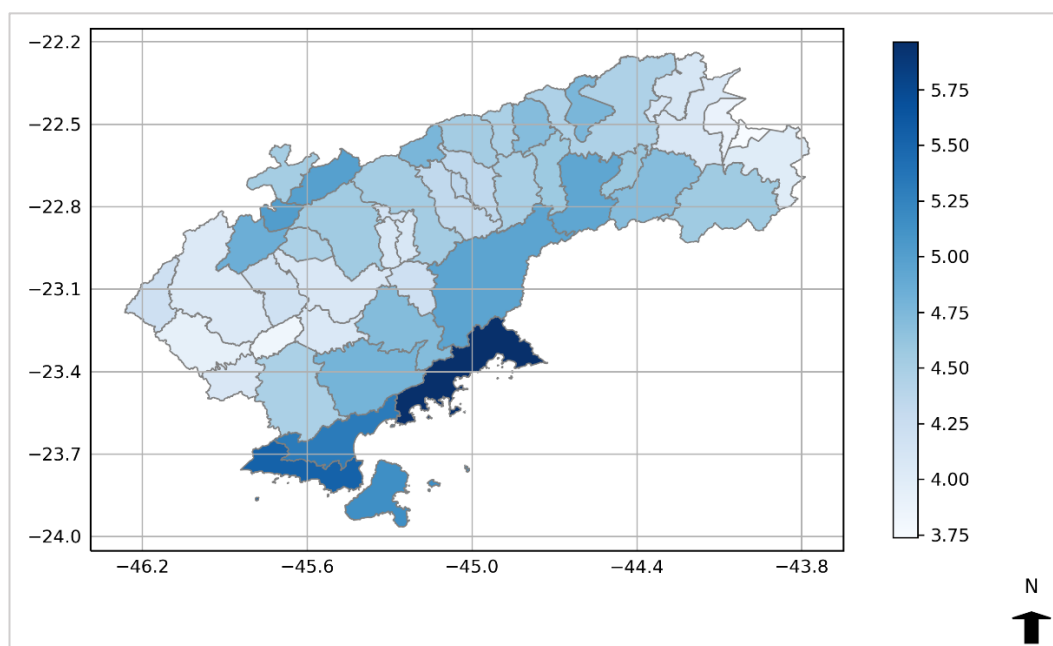
Fonte: Autoria própria.

Foi possível observar que a precipitação média anual ao longo dos anos ficou mais concentrada na região do litoral norte paulista, onde se encontra a Serra do Mar, principalmente no município de Ubatuba. Porém, nos anos de 2013 e 2016, ocorreu também uma grande quantidade de chuvas na região localizada entre a divisa dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, na região de Bananal, São José do Barreiro e Arapeí.

Já em relação à distribuição da incidência da leptospirose, as localidades de maior ocorrência mostraram-se variáveis ao longo dos anos, ou seja, a maior incidência não ficou estática. Inclusive, como pode ser observado, as localidades em que ocorreram maior incidência relativa ao tamanho populacional, não estão de acordo necessariamente com as localidades de maior precipitação, o que apenas comprova a falta de resultados mais diretamente relacionados na regressão e correlação realizadas. O ano de 2013 pode ser destacado devido à sua maior distribuição proporcional, considerando as diferentes escalas aplicadas para cada ano, devido seus diferentes valores. Há indícios de que, observando neste ano em questão, tenham ocorrido mais casos confirmados de leptospirose em mais municípios ao longo da região de estudo, principalmente na parte mais norte e próxima à divisa entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Os municípios que se destacaram pelas maiores incidências da leptospirose ao longo dos anos são: Santa Branca – SP, Silveiras – SP, Paraibuna – SP, Queluz – SP, Piquete – SP, Jambuí – SP e Cachoeira Paulista – SP. No Rio de Janeiro, apenas para o ano de 2013 ocorreram maiores incidências comparadas aos municípios de São Paulo, o que pode sugerir alguma relação com a precipitação maior nessas localidades.

Uma análise temporal é válida e interessante pois mostra o comportamento dos fatores analisados ao longo dos anos. Porém, também é interessante que seja mostrado em mapas a distribuição espacial para a média de todos os anos de estudo, para assim, avaliar os locais de maior incidência e precipitação geral. A figura 9 representa a distribuição espacial da precipitação média entre os anos de 2012 e 2017.

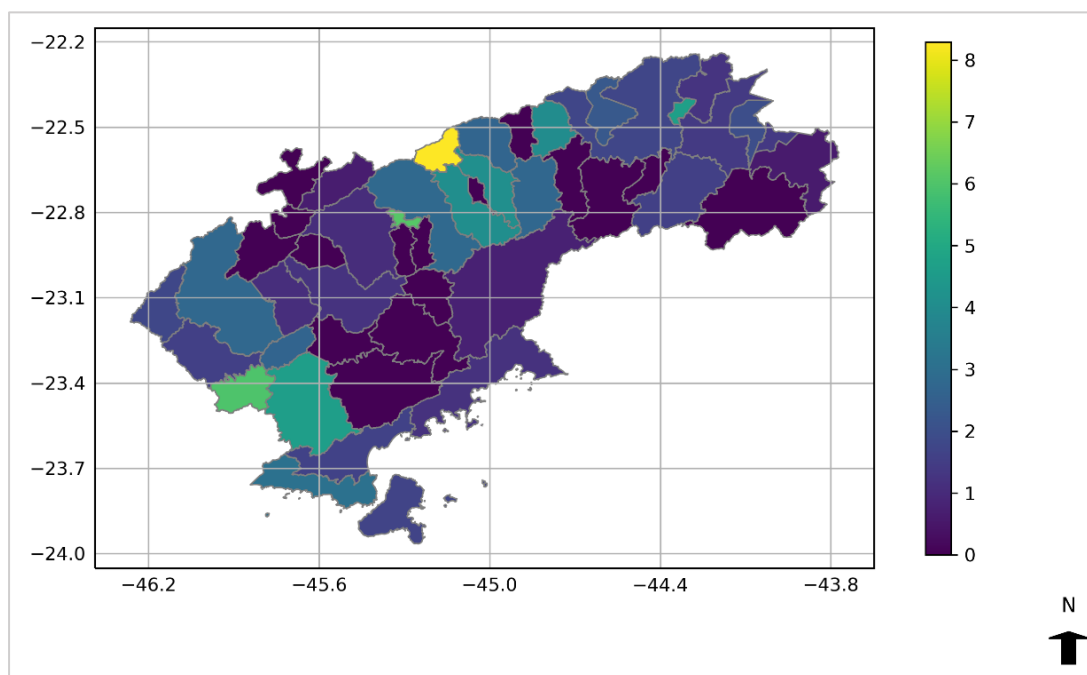
Figura 9: Precipitação média total (mm/h) entre 2012 e 2017.



Fonte: Aatoria própria.

É possível observar na figura 9 que, assim como o esperado, a maior concentração de precipitação ficou localizada na região da Serra do Mar no litoral norte de São Paulo, assim como em seus municípios vizinhos, e também na serra da Mantiqueira, principalmente nos municípios de Campos do Jordão – SP, Santo Antônio do Pinhal – SP e Monteiro Lobato – SP.

Figura 10: Incidência média total entre 2012 e 2017.



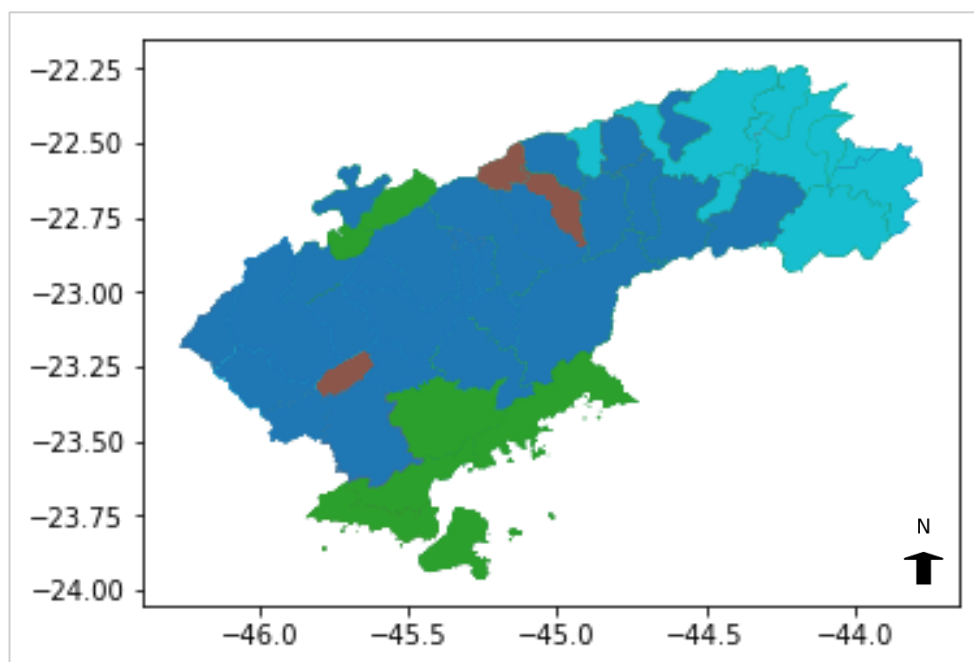
Fonte: Aatoria própria.

Na figura 10 é possível observar que os municípios com maiores incidências médias de leptospirose ao longo dos anos estão localizados na região norte do Vale do Paraíba Paulista, na região de Piquete, Cachoeira Paulista e Lorena, com alguns outros municípios destacados como os pequenos municípios de Potim – SP e Porto real – RJ, assim como Santa Branca e Paraibuna, próximos à região da Serra do Mar no litoral norte de São Paulo.

3.4. K-médias

Com o intuito de mapear áreas similares em relação aos fatores de comparação, precipitação e incidência, o K-médias resultou em um mapa representado pela figura 11.

Figura 11: Mapa com aplicação do K-médias.



Fonte: Autoria própria.

Os resultados obtidos através do K-médias possibilitaram a identificação de áreas similares. Como esperado, houve uma diferenciação de áreas específicas, como pode ser observado, onde a região pertencente ao estado do Rio de Janeiro mostrou-se diferente da região do estado de São Paulo. E, dentro do estado de São Paulo, algumas regiões se destacaram, como por exemplo, a região do Litoral Norte de São Paulo, possivelmente com os municípios assemelhados pela maior precipitação. Essa área também mostrou-se similar aos municípios de Campos do Jordão e Santo Antônio do Pinhal, sugerindo ainda mais que essas áreas se assemelham pela precipitação local.

Os municípios de Jambuí, Piquete e Cachoeira Paulista na parte paulista da região de estudo, mostraram-se similares entre si, porém, de acordo com os dados envolvidos no trabalho, não foram encontradas possíveis explicações para esse fato. Por isso, como esperado, é necessário que sejam relacionados outros fatores e dados para um melhor embasamento do trabalho, pois a leptospirose está relacionada a um conjunto de fatores que podem influenciar a sua incidência, e todos eles precisam ser estudados e entendidos.

4. Conclusões

Diante de todo o exposto, com este trabalho foi possível observar e comprovar que, apesar de a leptospirose comumente ser relacionada à chuva e aos seus eventos extremos, essas duas variáveis selecionadas não estão necessariamente e diretamente relacionadas, e, mesmo que algumas regiões mostrem certa relação positiva, existem muitos outros fatores associados à ocorrência da doença, que devem ser estudados mais a fundo. Os mapas gerados para cada ano, e para a média do período mostraram o que a regressão de Poisson e a correlação cruzada resultaram em números e gráficos, ou seja, uma maior possibilidade de essa relação entre a leptospirose e a precipitação ser aleatória, se comparadas sozinhas. Através deste trabalho foi possível entender melhor algumas relações estatísticas, e aplicar conhecimentos de linguagem de programação, assim como operações vetoriais na utilização de software livre.

4.1. Perspectivas futuras

Para uma análise mais completa da ocorrência da leptospirose na região, o mais adequado e enriquecedor para o estudo seria a utilização de outras fontes de dados, incluindo dados socioeconômicos, outros dados demográficos, e qualquer dado que possa ter relação com a doença baseado em indícios e hipóteses já publicadas. Ou seja, o ideal seria realizar uma análise exploratória mais completa, utilizando-se do universo de relações que o geoprocessamento proporciona, analisando diversas variáveis no espaço, como condições de saneamento básico e índice de desenvolvimento local. Outro fator de importância para um trabalho com abordagem mais completa, seria a utilização de dados com resolução espacial mais adequada, pois a resolução espacial em escala municipal muitas vezes não possibilita a identificação e diferenciação de áreas de maior risco dentro de um município que, dependendo do tamanho e de suas características, pode ser heterogêneo.

Outros dados que poderiam fazer parte de uma sobreposição de camadas seriam condições de saneamento básico, drenagem de águas pluviais, rede de coleta e resíduos, condições de habitação, entre outros. Assim, a utilização de outros dados seria uma possibilidade de abordagem futura para esse trabalho, considerando que a maioria das doenças de veiculação hídrica está diretamente relacionada à qualidade da água de consumo e uso da população, o que também se aplica para a leptospirose.

Agradecimentos

Ao Philipe Riskala Leal pelo auxílio e pelos códigos disponibilizados na plataforma Github e Google Earth Engine.

Referências Bibliográficas

ALEIXO, Natacha Cíntia Regina; NETO, João Lima Sant'Anna. **Eventos pluviométricos extremos e saúde: perspectivas de interação pelos casos de leptospirose em ambiente urbano**-rainfall events extremes and health: perspectives of interaction by leptospirosis cases in urban environment. **Hygeia**, v. 6, n. 11, 2010.

BARCELLOS, C. et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.

Biblioteca para plotagem de mapas em Python. Github. Disponível em:

https://github.com/PhilipeRLeal/fancy_cartopy_plot. Acesso em: 30 jun. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Guia de vigilância epidemiológica** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. 7. ed. – Brasília, Ministério da Saúde, 2009. 816 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos). Disponível em: <http://pesquisa.bvsalud.org/bvsms/resource/pt/mis-34404>. Acesso em 04 abr. 2019.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Abordagens espaciais na saúde pública / Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz; Simone M.Santos, Christovam Barcellos, organizadores. – Brasília : Ministério da

Saúde, 2006. 136 p. : il. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) (**Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde; 1**) ISBN 85-334-1181-2.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública / Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz; Simone M. Santos, Reinaldo Souza-Santos, organizadores. - Brasília : Ministério da Saúde, 2007. 148 p. : il. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) (**Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde; 2**) ISBN 978-85-334-1421-1.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Leptospirose: o que é, causas, sintomas, tratamento, diagnóstico e prevenção.** Disponível em: <http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/leptospirose>. Acesso em: 02 jun. 2019.

COUTINHO, Leticia; SCAZUFCA, Marcia; MENEZES, Paulo R. Métodos para estimar razão de prevalência em estudos de corte transversal. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, p. 992-998, 2008.

FRAGA, Tatiana Rodrigues. **Identificação de proteases de Leptospira envolvidas com mecanismos de escape do sistema complemento humano.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2014.

HASAN, M. A. et al. Quantification of Rotavirus Diarrheal Risk Due to Hydroclimatic Extremes Over South Asia: Prospects of Satellite-Based Observations in Detecting Outbreaks. **GeoHealth**, v. 2, n. 2, p. 70-86, 2018.

HINO, P., VILLA, T. C. S., SASSAKI, C. M., NOGUEIRA, J. A., DOS SANTOS, C. B. Geoprocessamento aplicado à área da saúde. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v.14, n.6, p. 939-943, 2006. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rlae/article/view/2383> Acesso em 27 mar. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Malhas municipais, Brasil. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2017/Brasil/BR/. Acesso em: 13 ago. 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Dados Populacionais. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao>. Acesso em: 10 abr. 2019.

Ministério da Saúde. Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan Net. Departamento de informática do Sistema Único de Saúde do Brasil – DATASUS. Disponível em: <http://datasus.saude.gov.br/>. Acesso em: 27 abr. 2019.

PAIVA, R. F. P. et al. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, p. e00017316, 2018.