



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE CASTANHAL
FACULDADE DE MATEMÁTICA
CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

ANDRÉ ROBERTO DE OLIVEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO DE ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS DA LEPTOSPIROSE NO PARÁ:
MINHA EXPERIÊNCIA COMO ESTUDANTE DE MATEMÁTICA**

CASTANHAL

2023

ANDRÉ ROBERTO DE OLIVEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO DE ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS DA LEPTOSPIROSE NO PARÁ:
MINHA EXPERIÊNCIA COMO ESTUDANTE DE MATEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a obtenção de título de Licenciado (a) em Matemática, pela Faculdade de Matemática, Campus Universitário de Castanhal, Universidade Federal do Pará.

Orientador (a): Prof.º Andréia Ferreira da Silva

CASTANHAL

2023

ANDRÉ ROBERTO DE OLIVEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO DE ASPECTOS EPIDEMIOLÓGICOS DA LEPTOSPIROSE NO PARÁ:
MINHA EXPERIÊNCIA COMO ESTUDANTE DE MATEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso, orientado pela Prof.ª
Andréia Ferreira da Silva, apresentado como requisito
para a obtenção de título de Licenciado (a) em
Matemática, pela Faculdade de Matemática, Campus
Universitário de Castanhal, Universidade Federal do
Pará.

Data de aprovação: ___ / ___ / ___

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Roberta Modesto Braga
Faculdade de Matemática
Universidade Federal do Pará

Renato Germano Reis Nunes
Faculdade de Matemática
Universidade Federal do Pará

Andréia Ferreira da Silva (orientadora)
Faculdade de Matemática
Universidade Federal do Pará

Agradeço e dedico, primeiramente, este trabalho a Deus, o maior orientador da minha vida, e carinhosamente a minha mãe Kênia Marcelly de Oliveira Santos, ao meu pai Adáias Lima dos Santos e a minha irmã Késia Gabrielly de Oliveira Santos. Todo o esforço e sacrifício valeu a pena, esta monografia é a prova disso.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar eu quero agradecer a Deus pela oportunidade de fazer a respectiva faculdade, por ter me dado força durante o curso para continuar e não desistir. Pude e posso perceber a sua mão em tudo na minha vida, agradeço carinhosamente e ofereço essa realização ao Senhor, reconhecendo que se não fosse por Ti, jamais isso seria possível.

Também quero agradecer imensamente os meus pais Kênia Marcelly de Oliveira Santos, minha mãe, e Adaias Lima dos Santos, meu pai, e minha irmã Késsia Gabrielly de Oliveira Santos, que indubitavelmente não pouparam esforços ao me ajudarem em todos os sentidos durante esta jornada, com conselhos, com motivação, por sempre estarem presentes. Muito obrigado por serem quem são na minha vida.

Meu muito obrigado também a Prof.º Andréia Ferreira da Silva, que, também, deu-me a oportunidade de ser minha orientadora, ajudando-me nesse processo tão importante que é o trabalho de conclusão de curso.

Quero agradecer, também, a todos os professores e amigos do meu curso, por contribuírem significativamente para o meu amadurecimento e crescimento enquanto estudante de licenciatura em Matemática e enquanto pessoa. Muito obrigado a todos!

“Jeová é a minha força e o meu escudo; Nele confiou o meu coração, e fui socorrido; pelo que o meu coração salta de prazer, e com o meu cântico O louvarei.”

(Salmos 28:7)

RESUMO

A Leptospirose é uma doença infecciosa transmitida principalmente pela urina de animais, poças d'água ou lama contaminados pela bactéria leptospira. É considerada questão de saúde pública no Brasil e em diversos países, devido à relação com aspectos sanitários precários nas regiões urbanas, ocasionados pela falta de manutenção, investimento em saneamento, urbanização, principalmente para a camada mais pobre da sociedade. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características epidemiológicas dos casos de leptospirose humana ocorrido no Estado do Pará no período de 2007 a 2017. Foram utilizadas as análises estatísticas: taxa de prevalência, o teste de hipóteses e significância, assim como o teste qui-quadrado de Pearson, realizadas a partir do software Excel. Dentre as variáveis analisadas neste estudo e a metodologia utilizada, considerando a população exposta (notificada) podemos afirmar que o perfil epidemiológico da leptospirose no estado do Pará durante o período estudado, caracteriza-se pela maior prevalência de aparecimento dos primeiros sintomas no 1º semestre do ano (21,29%); sendo predominante em pessoas do sexo masculino (25,92%), idade na faixa etária de 50 a 59 anos (25,39%), pessoas com ensino fundamental completo e incompleto (22,06%), pessoas com contato com local com sinais de roedores apresenta (34,88%), no ambiente provável de infecção no trabalho (96,96%). Assim, é possível considerar as análises geradas pelo trabalho como importante ferramenta para o planejamento e gestão da informação da situação epidemiológica no Estado do Pará.

Palavras-chave: Epidemiologia. Leptospirose. Teste de Hipóteses. Teste qui-quadrado de Pearson.

ABSTRACT

Leptospirosis is an infectious disease transmitted mainly by the urine of animals, water puddles or mud contaminated by leptospira bacteria. It is considered a public health issue in Brazil and in several countries, due to the relationship with precarious sanitary aspects in urban regions, caused by lack of maintenance, investment in sanitation, urbanization, mainly for the poorest layer of society. Thus, the objective of this study was to evaluate the epidemiological characteristics of cases of human leptospirosis that occurred in the State of Pará in the period from 2007 to 2017. Statistical analyzes were used: prevalence rate, hypothesis test and significance, as well as the test Pearson's chi-square, performed using Excel software. Among the variables analyzed in this study and the methodology used, considering the exposed (notified) population, we can state that the epidemiological profile of leptospirosis in the state of Pará during the period studied is characterized by a higher prevalence of the appearance of the first symptoms in the 1st semester of the year (21.29%); being predominant in males (25.92%), aged between 50 and 59 years (25.39%), people with complete or incomplete primary education (22.06%), people with contact with a place with rodent signs presents (34.88%), in the likely environment of infection at work (96.96%). Thus, it is possible to consider the analyzes generated by the work as an important tool for planning and managing information on the epidemiological situation in the State of Pará.

Keywords: Epidemiology. Leptospirosis. Hypothesis Test. Pearson's chi-square test.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2.0 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivo Específico.....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
4.1 Semestre de ocorrência dos primeiros sintomas.....	20
4.2 Sexo.....	21
4.3 Idade.....	23
4.4 Escolaridade.....	26
4.5 Situação de risco.....	28
4.6 Ambiente provável da infecção.....	28
5. CONCLUSÃO.....	30
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30

1. INTRODUÇÃO

A humanidade sempre buscou superar doenças que causaram milhares de mortes, tais como a peste bubônica, a gripe espanhola e recentemente, no século XXI, o COVID-19. As doenças foram capazes de devastar países, continentes e de se espalharem rapidamente por serem transmitidas por vírus, bactérias e etc (Luiz, 2012).

Segundo Souza *et. al* (2020), o Brasil ocupa a 17ª posição no ranking de incidência anual de leptospirose no mundo, contabilizando 12,8 incidência anual de contaminação por milhão de pessoas. Segundo o Ministério da Saúde (Brasil, 2022), de 1997 a 2022 o estado do Pará ficou na nona posição em casos confirmados de leptospirose no Brasil, contabilizando 65 casos confirmados no total de 1.802 casos em todo o Brasil.

No Brasil, a leptospirose é considerada uma endemia causada pela bactéria *Leptospira* spp., ordem Spirochaetales, família Leptospiraceae, do gênero *Leptospira* (Souza *et. al*, 2010). Essa bactéria acomete pessoas de todo o território brasileiro, podendo causar picos de incidência em decorrência a chuvas e outros fatores como a ocupação desordenada de áreas sem infraestrutura básica de saneamento (água encanada, coleta de esgoto, resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais), assim como densidade demográfica e etc. O impacto causado pela doença não só atinge o âmbito social, mas também o fator econômico dos pacientes levando em consideração os gastos com remédios, médicos e condições hospitalares públicas, tornando-se uma questão de saúde pública (Lima *et al.*, 2012, p.33-40). Segundo Marteli *et al.* (2020), a leptospirose é uma doença infecciosa transmitida de forma direta ou indireta de animais para humanos, em que os ratos são os animais incriminados como disseminadores da bactéria no meio ambiente urbano.

A presença desses animais na área urbana é favorecida pela deficiência de saneamento básico (lixo e esgoto a céu aberto) que são características resultantes dos índices de pior cobertura dos serviços de saneamento disponibilizados à população no estado do Pará (Brasil, 2019). O estado do Pará está situado na região Norte do Brasil, na Amazônia Legal. É constituído por 144 municípios e tem uma população estimada de aproximadamente, 8.777,24 pessoas em 2021, e área territorial de 1.245.870,700 km quadrados (IBGE, 2013).

O Estado do Pará, dessa forma, apresenta segundo a Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA, 2021). Além disso, o Pará, ainda de acordo com a COSANPA, teve crescimento populacional nos últimos 10 anos, mas que não foi acompanhado e infraestrutura,

tendo atuação da companhia apenas em 55 municípios dos 144, o que acaba deixando a população mais vulnerável às doenças, principalmente aquelas transmissíveis por água parada, lama, enchentes e lixos.

De julho até dezembro de 2019, só na Região Metropolitana de Belém (RMB), a Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) teve 1025 ocorrências de interrupção e totalizou 9.200 horas de fornecimento de água interrompido. Belém tem um atendimento de 70% em água potável e 13,7% em atendimento urbano de esgoto; Ananindeua e Marituba têm menores porcentagens de atendimento. (COSANPA, 2021, p. 1-2).

Dessa forma, a capital do Estado do Pará (Belém), apresenta áreas com tais perfis devido a sua urbanização, que historicamente ocorreu de forma desordenada, prejudicando o planejamento e disponibilização dos serviços de distribuição de água, coleta e tratamento de esgoto, drenagem e pavimentação das vias. Observa-se isso nos dados do índice de atendimento da rede de esgoto em Belém, com aproximadamente 1,5 milhão de habitantes, apresenta apenas 13,56% de atendimento ao serviço respectivo, caindo ainda mais a porcentagem em Ananindeua que é 2,05% do serviço básico de saneamento.

Algumas ocupações facilitam o contato com a *Leptospira*, como trabalhadores em atividades de limpeza e desentupimento de esgotos, garis, catadores de recicláveis, agricultores, pescadores e bombeiros. Contudo, a maior parte dos casos ainda ocorre em pessoas que habitam ou trabalham em locais com infraestrutura sanitária precária e expostos à urina de roedores. Nas cidades, a principal via de contaminação ocorre por contato com água e lama contaminadas após alagamentos nos períodos de chuvas. (MARTELI, 2020).

Algumas doenças como a malária e a dengue, e a Leptospirose continuam sendo a prova e obrigando cientistas, virologistas, biólogos e médicos a estudarem formas eficazes de combatê-las.

Assim, as informações sobre a ocorrência de doenças em humanos e sequelas são ferramentas eficazes para desenvolver políticas públicas para os gestores governamentais. As políticas públicas possibilitam medidas relacionadas ao meio ambiente para melhorar as condições humanas através do saneamento, coleta de lixo, rede de esgoto, abastecimento de água, drenagem, canalização de córregos com o objetivo de prevenir ou minimizar os prejuízos e risco de mortes decorrentes da doença. (FIOCRUZ, 2013).

No decorrer dos anos, fez-se necessário estudar e sistematizar a epidemiologia das doenças, suas classificações, características de sua ocorrência, tempos e períodos de altos números de casos, epidemias, pandemias no sentido de entender o ciclo epidemiológico e a ocorrência em humanos (Brasil, 2019).

Devido a isso, foram criados os bancos de dados governamentais para o registro das informações sobre a ocorrência de doenças e características apresentadas pelo paciente. Essas informações são coletadas por meio de formulários durante a consulta e inseridas no banco de dados DATASUS do Ministério da Saúde (Ferraz, 2009), discriminando-se o número de doentes, sintomas, sexo, idade, escolaridade, ano e mês dos primeiros sintomas, região de notificação, raça, evolução, renda e etc. Essas informações subsidiam as análises estatísticas para pormenorizar a situação da saúde pública no estado e municípios, com o objetivo de embasar as políticas de saúde.

Desta forma, o DATASUS/Tabnet são sistemas de consulta pública que também podem ser acessados pela população e pelos acadêmicos como fonte de informação para o desenvolvimento das pesquisas e disseminação de informações em saúde (DATASUS/Tabnet, 2023). Essas informações também podem ser acessadas por matemáticos, já que uma das barreiras nas pesquisas é a coleta de dados- o tempo, quantidade, processo de coleta e espaços geográficos de difícil acessibilidade- a logística como um todo. (Silva, 2009, p.8).

A análise desses dados pode ser realizada por várias técnicas estatísticas que podem ser aplicadas na análise epidemiológica da ocorrência das doenças, frequência/prevalência, taxas de ocorrência, óbito, inclusive a modelagem matemática (OPAS, 2010, p. 10).

Devido à existência dessas doenças, estudos começaram a ser realizados com o objetivo de caracterizar cada tipo de epidemia, determinar os fatores causadores e buscar formas de controle das mesmas. Uma das ferramentas que auxilia esse estudo é a modelagem matemática. Esta consiste em transformar situações reais em modelos matemáticos que, após analisados, fornecem resultados que podem ser interpretados e aplicados na realidade. (Luiz, 2012, p. 12).

Dessa forma, os estudos que fazem a análise temporal e espacial das doenças representam um instrumento de gestão de saúde, pois podem contribuir com as políticas públicas de saúde (Martieli *et al.*, p. 805-817, 2020). Em consequência disso, a matemática aparece para adequar situações reais a equações, com o intuito de construir hipóteses e buscar previsões (Luiz, 2012, p.12).

Neste estudo, pretende-se analisar alguns aspectos epidemiológicos da ocorrência de leptospirose em humanos, e a relação de associação das variáveis que favorecem a infecção humana no estado do Pará, Brasil.

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a situação epidemiológica da leptospirose no estado do Pará no período compreendido entre os anos 2007 a 2017

2.2 Objetivo Específico

Avaliar a prevalência e correlação entre as variáveis semestre de ocorrência dos primeiros sintomas da doença, sexo, idade, escolaridade, situação de risco, ambiente provável da infecção e área de localização do domicílio.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo em questão é epidemiológico, observacional e descritivo, baseado nas séries temporais sobre ocorrência da Leptospirose humana no estado do Pará no período 2007 a 2017, fornecidas pelo Ministério da Saúde/Secretaria de estado de saúde pública do Pará.

Neste estudo foi utilizado o software Excell®, para a organização do banco de dados e realização dos cálculos, onde cada variável relacionada a doentes e não doentes foi disposta em planilhas no software.

Foram levados em consideração a taxa de prevalência, teste de hipóteses e significância, e o Teste X² (qui-quadrado) de Pearson.

Foram realizadas análises de prevalência dos doentes, durante o período estudado considerando as variáveis escolhidas, onde os casos de doentes foram divididos pelo total de casos notificados relacionados à mesma variável (Te) da doença, durante o período estudado.

Assim, utilizamos a equação abaixo (Eq. 1) para inserir o quantitativo de Não Doentes e os Doentes:

Equação 1 - Taxa de prevalência

$$\frac{\text{(doentes do 1º semestre)}}{\text{total (soma dos doentes e não doentes do 1º semestre)}} \quad (1)$$

O teste de hipóteses e significância é um método estatístico para medir as variáveis avaliadas com objetivo de identificar a existência de relacionamento com a população estudada, através do cálculo da probabilidade sem existir relação na população (hipótese nula) (Dancey, 2013).

Dessa forma, se a probabilidade calculada é pequena em relação à probabilidade tabelada ($p_{\text{calculado}} < p_{\text{tabelado}}$, considerando $\alpha=0,05$), ou se os resultados observados diferem significativamente dos esperados, deve-se rejeitar a hipótese nula (de que não há relação), considerando que existe relação e que o padrão encontrado é improvável de ter se originado ao acaso na população estudada (Dancey, 2013).

O Teste X^2 (qui-quadrado) de Pearson foi utilizado para identificar a relação de dependência ou associação (X^2) entre duas variáveis categóricas (doentes e não doentes), a partir de uma amostra aleatória, considerando as variáveis estudadas, valor do $p < 0,05$, os graus de liberdade das variáveis, as frequências observadas e esperadas (Dancey, 2013).

Foram analisados os casos notificados (suspeitos), que incluíam os não doentes e doentes de leptospirose humana, considerando as variáveis: semestre de ocorrência dos primeiros sintomas da doença, sexo, idade, escolaridade, situação de risco, ambiente provável da infecção e área de localização do domicílio.

Para essa análise, foi considerado intervalo de confiança de 95%, e a significância estatística com valores de 0,05, a partir da tabela de contingência apresentada na tabela 1.

Tabela 1- Distribuição qui-quadrado

(Continua)

Grau de liberdade	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0025	0,001	0,0005
1	1,32	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88	9,14	10,83	12,12
2	2,77	4,61	5,99	7,38	9,21	10,60	11,98	13,82	15,20
3	4,11	6,25	7,81	9,35	11,34	12,84	14,32	16,27	17,73
4	5,39	7,78	9,49	11,14	13,28	14,86	16,42	18,47	20,00
5	6,63	9,24	11,07	12,83	15,09	16,75	18,39	20,51	22,11
6	7,84	10,64	12,59	14,45	16,81	18,55	20,25	22,46	24,10

Tabela 1- Distribuição qui-quadrado

	(Conclusão)								
Grau de liberdade	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0025	0,001	0,0005
7	9,04	12,02	14,07	16,01	18,48	20,28	22,04	24,32	26,02

Fonte: Adaptado de Unicamp, 2023.

Nessa análise, as variáveis foram comparadas, levando em consideração diferença estatística significativa e teste qui quadrado calculado e tabelado para aceitação ou rejeição das hipóteses levantadas; H_0 , hipótese nula: quando as variáveis são independentes (não têm relação entre si) ($\rho < p_{tab} 0.05$) e H_1 hipótese de pesquisa: as variáveis são dependentes (têm relação) ($\rho > p_{tab} 0.05$).

A análise foi realizada com o quantitativo de doentes e não doentes para cada variável do estudo: doentes e não doentes para primeiro semestre e segundo semestre, posteriormente as demais variáveis (sexo masculino e feminino, idade, escolaridade, situação de risco, ambiente e ocupação).

Sob esse viés, fora utilizado a distribuição qui-quadrado χ^2 , a qual é usada na estatística inferencial (Eq. 2). Ou seja, para comparar proporções quando os valores (ou dados coletados) estão em distribuição diversas, assim, avaliando como é provável tal resultado. Sob a fórmula,

Equação 2 - Qui-quadrado de Pearson

$$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \quad (2)$$

Ocorrendo, $\frac{(O-E)^2}{E}$, o Qui quadrado pode ser representado conforme a equação 3:

Equação 3 - Qui-quadrado de Pearson

$$\chi^2 = \left(\frac{\text{observado} - \text{esperado}}{\text{esperado}} \right)^2 \quad (3)$$

O resultado dessa equação (χ^2) (Eq.3) foi comparado com o valor de probabilidade previsto na tabela de contingência, considerando o grau de liberdade entre as variáveis avaliadas naquele momento e o nível de significância 0,05. Se o valor de χ^2 foi maior que o valor tabelado, considerou-se que houve relação entre as variáveis.

Desta forma, este conhecimento estatístico foi utilizado para realização de todos os cálculos e seus resultados foram examinados para a elaboração do que influência e da relação de cada variável junto à quantidade de doentes.

4. RESULTADOS

Apesar de existirem 7.225 casos notificados no banco de dados, apenas os referentes à quantidade de doentes e não doentes de cada variável foram levados em consideração para fins de cálculo, haja vista que os dados obtidos também continham dados nomeados “ausentes” e “sem informação”.

Avaliamos que os dados “ausentes” e “sem informação” não teriam utilidade para a análise no que diz respeito à relação à ocorrência da leptospirose, uma vez que foram consideradas informações precisas sobre o quantitativo de pessoas doentes e não doentes. Foi realizado o cálculo de percentual de prevalência para cada variável a partir da utilização da Equação 1.

Tabela 2- Prevalência da leptospirose em humanos no estado do Pará, segundo variáveis epidemiológicas escolhidas, considerando as pessoas doentes e expostas.

(Continua)

Variáveis	Te	n	% Prevalência de pessoas doentes	ρ
Semestre dos primeiros sintomas				
1º semestre	4292	914	21,29 %	19,73
2º semestre	2356	395	16,76 %	
Sexo				
Masculino	3900	1011	25,92%	222,58
Feminino	2764	308	11,14%	

Tabela 2- Prevalência da leptospirose em humanos no estado do Pará, segundo variáveis epidemiológicas escolhidas, considerando as pessoas doentes e expostas.

(Continuação)

Variáveis	Te	n	% Prevalência de pessoas doentes	ρ
Idade				
0-9	684	50	07,30%	89,322
10-19	1284	249	19,39%	
20-29	1428	286	20,02%	
30-39	1190	242	20,33%	
40-49	926	208	22,46%	
50-59	634	161	25,39%	
60 ou mais	518	123	23,74%	
Escolaridade				
Ens. Fund. Completo e incompleto.	2366	522	22,06%	32,391
Ens. Médio. Completo e incompleto.	1345	236	17,54%	
Ens. Sup. Comp. incomp.	277	25	09,02%	
Analfabeto	61	13	21,31%	
Ignorado	949	232	24,44%	
Não se aplica	417	18	04,31%	
Situação de Risco				
Local com sinal de roedores	2405	839	34,88%	558,88
Água ou lama	1953	680	34,81%	394,12
Lixo ou entulho	1598	529	33,10%	239,42

Tabela 2- Prevalência da leptospirose em humanos no estado do Pará, segundo variáveis epidemiológicas escolhidas, considerando as pessoas doentes e expostas.

(Conclusão)

Variáveis	Te	n	% Prevalência de pessoas doentes	ρ
Roedores diretamente	1197	454	37,92%	304,28
Terreno baldio	1509	391	25,91%	45,31
Criação de animais	1486	308	20,72%	-
Fossa, caixa de gordura ou esgoto.	869	257	29,57%	60,413
Rio, córrego, lagoa ou represa.	1241	242	19,50%	-
Caixa d'água	724	132	18,23%	-
Plantio/colheita (lavoura)	460	75	16,30%	-
Armazenamento de grãos/alimento	225	44	19,55%	-
Ambiente provável de infecção				
Domiciliar	730	616	84,38%	
Trabalho	165	160	96,96%	
Lazer	24	23	95,83%	67,22
Outro	54	43	79,62%	
Ignorado	263	222	84,41%	

Fonte: Elaborado pelo autor do trabalho

De acordo com análise estatística bivariada, encontraram-se diferenças estatisticamente significativas em algumas variáveis estudadas. A análise estatística (Teste

qui-quadrado) foi realizada, a partir da Equação (3) para cada uma das variáveis, considerando-se as taxas de prevalência de doentes de leptospirose, conforme itens abaixo:

4.1 Semestre de ocorrência dos primeiros sintomas

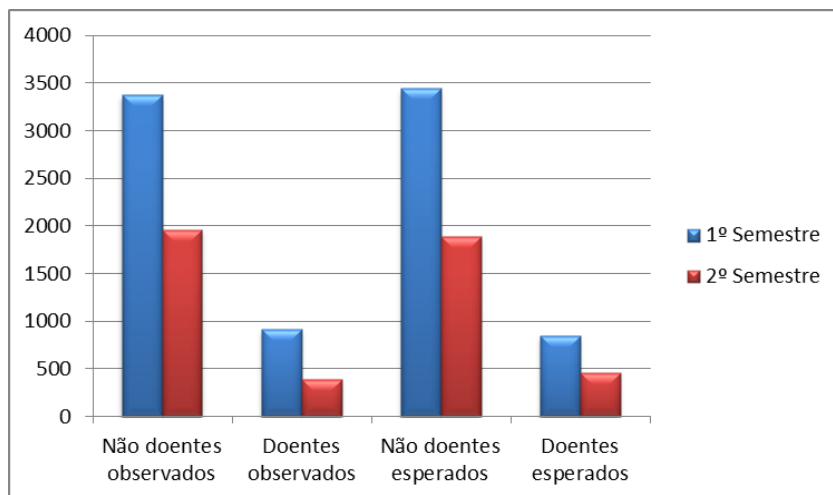
Aplicando a fórmula (3), temos, o número de não doentes esperado para o primeiro semestre é $\frac{4292.5339}{6648} = 3446,9$

O número de não doentes para o segundo semestre esperados é $\frac{2356.5339}{6648} = 1892,1$

Agora, os doentes esperados no primeiro semestre são $= \frac{4292.1309}{6648} = 845$

Para o número de doentes esperados no segundo semestre é $= \frac{2356.1309}{6648} = 464$

Figura 1 - Gráfico de valores observados e esperados para a variável semestre de aparecimento dos primeiros sintomas



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Dessa forma, aplica-se a equação (2) $\sum \frac{(O-E)^2}{E}$, logo,

$$\frac{(3378-3446,9)^2}{3446,9} + \frac{(1961-1892,1)^2}{1892,1} + \frac{(914-845)^2}{845} + \frac{(395-464)^2}{464}$$

$$= \chi^2 \cong 1,37722 + 5,61725 + 2,50893 + 10,2331 \cong 19,7365$$

Determinado o grau de liberdade $(n - 1) \cdot (n - 1) = (2 - 1) \cdot (2 - 1) = 1$

E admitindo a taxa de significância como 5%, analisando pela tabela de contingência de teste de qui-quadrado disponibilizado pela Unicamp, tem-se que o qui-quadrado encontrado $p \cong 19,7365$ é maior, comprando ao qui-quadrado tabelado $xt = 3,841$, ou seja, $X_c^2 > X_t^2$, logo a hipótese nula é rejeitada.

Na variável “primeiros sintomas” em relação aos semestres o total de extrato do primeiro semestre é a soma de não doentes e doentes que é 4292 o total de extrato neste momento, já o do segundo semestre é 2356, pois os não doentes do semestre respectivo são 1961 e os doentes são 395, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Distribuição dos dados relacionados ao semestre de aparecimento dos primeiros sintomas

Primeiros sintomas	Não doentes	Doentes	Total
1º semestre	3378	914	4292
2º semestre	1961	395	2356
Totais	5339	1309	6648

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Sendo dada por $\frac{n}{Te} = 21,29\%$ para a taxa de prevalência do primeiro semestre. Já para o segundo semestre a taxa de prevalência é, Fazendo $\frac{n}{Te} = \frac{395}{2356} = 16,76\%$ de prevalência.

Em relação à variável “semestre dos primeiros sintomas”, o percentual de prevalência corresponde a 21,29% do total de indivíduos que tinham leptospirose e apresentaram os primeiros sintomas no 1º semestre do período pesquisado e 16,97%, conforme Tabela 2. E baseado no teste qui quadrado $p = 19,73$, a hipótese nula foi rejeitada, o que indica que existe alguma associação entre doentes com leptospirose e o 1º semestre do ano de ocorrência da doença.

4.2 Sexo

Com 25,92% de prevalência do total de pessoas do sexo masculino com a doença, nota-se uma queda na taxa de prevalência do público feminino (11,14%) em relação ao público masculino. Na tabela 4, os dados estão discriminados:

Tabela 4: Distribuição dos dados relacionados ao sexo.

Sexo	Não doentes	Doentes	Total
Masculino	2889	1011	3900
Feminino	2456	308	2764
Totais	5345	1319	6664

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

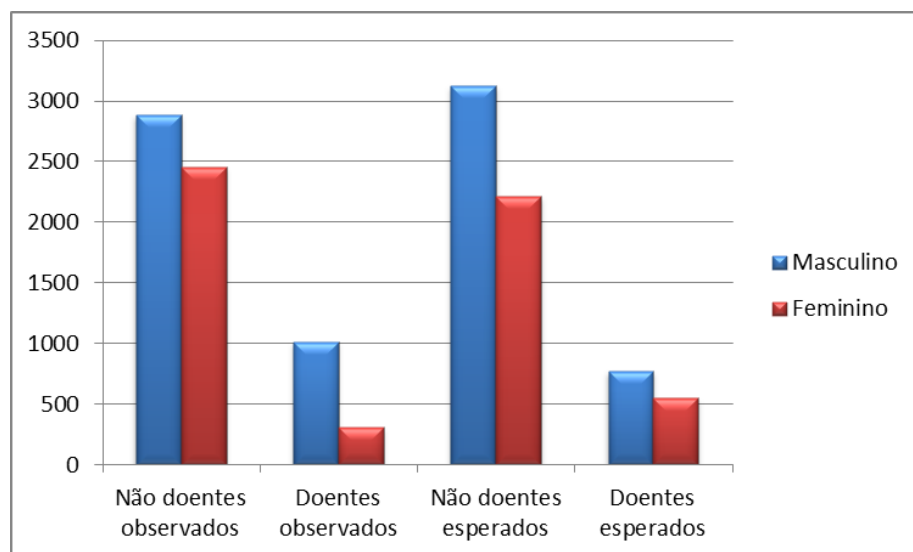
O número de não doentes esperados para o sexo masculino, de acordo com os dados catalogados, é de $\frac{3900 \cdot 5345}{6664} \cong 3128,076$.

Não doentes esperados para o sexo feminino é $\frac{2764 \cdot 5345}{6664} \cong 2216,924$

Os doentes esperados para o sexo masculino é $\frac{3900 \cdot 1319}{6664} \cong 772$

Os doentes esperados para o sexo feminino é $\frac{2764 \cdot 1319}{6664} \cong 547$

Figura 2 - Gráfico de valores observados e esperados para a variável sexo.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Dessa forma, aplica-se a equação (2), $\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$, logo,

$$\frac{(2889-3128,076)^2}{3128,076} + \frac{(1011-772)^2}{772} + \frac{(2456-2216,924)^2}{2216,924} + \frac{(308-547)^2}{547} \rightarrow \chi^2$$

$$\rightarrow \chi^2 = 18,272 + 74,045 + 25,782 + 104,48 = 222,58$$

Determinado o grau de liberdade $(m - 1) \cdot (n - 1) = (2 - 1) \cdot (2 - 1) = 1$

Observa-se que o $\chi_e^2 = 222,58 > \chi_t^2 = 3,841$. Assim, a hipótese de que os indivíduos com a respectiva doença independem do sexo é rejeitada, determinando que existe relação entre ambos os sexos e a contaminação, conforme $\rho = 222,58$.

4.3 Idade

A pesquisa, igualmente, analisou a contaminação pela doença e a idade das pessoas. Assim, o percentual de prevalência foi de 25,39% para os da idade de 50 a 59 anos, conforme Tabela 2. A distribuição de dados encontra-se na Tabela 5:

Tabela 5: Distribuição dos dados relacionados à idade.

Idade (anos)	Não doentes	Doentes	Total
0-9	634	50	684
10-19	1035	249	1284
20-29	1142	286	1428
30-39	948	242	1190
40-49	718	208	926
50-59	473	161	634
60 ou mais	395	123	518
Totais	5345	1319	6664

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Não doentes esperados para a faixa etária de 0 a 9 anos é $\frac{684.5345}{6664} \cong 548,6164$

Não doentes esperados para a faixa etária de 10 a 19 anos é $\frac{1284.5345}{6664} \cong 1029,859$

Não doentes esperados para a faixa etária de 20 a 29 anos é $\frac{1428.5345}{6664} \cong 1145,357$

Não doentes esperados para a faixa etária de 30 a 39 anos é $\frac{1190.5345}{6664} \cong 954,4643$

Não doentes esperados para a faixa etária de 40 a 49 anos é $\frac{926.5345}{6664} \cong 742,7176$

Não doentes esperados para a faixa etária de 50 a 59 anos é $\frac{634.5345}{6664} \cong 508,5129$

Não doentes esperados para a faixa etária de 60 anos ou mais é $\frac{518.5345}{6664} \cong 415,4727$

Doentes esperados para a faixa etária de 0 a 9 anos é $\frac{684.1319}{6664} \cong 135$

Doentes esperados para a faixa etária de 10 a 19 anos é $\frac{1284.1319}{6664} \cong 254$

Doentes esperados para a faixa etária de 20 a 29 anos é $\frac{1428.1319}{6664} \cong 283$

Doentes esperados para a faixa etária de 30 a 39 anos é $\frac{1190.1319}{6664} \cong 236$

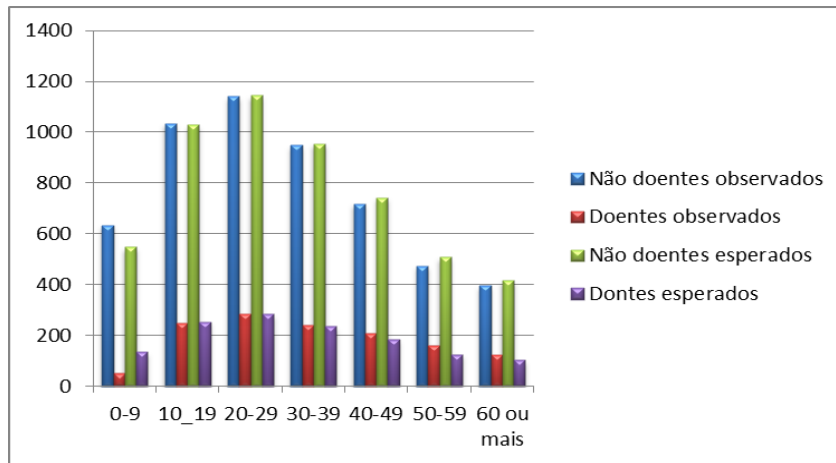
Doentes esperados para a faixa etária de 40 a 49 anos é $\frac{926.1319}{6664} \cong 183$

Doentes esperados para a faixa etária de 50 a 59 anos é $\frac{634.1319}{6664} \cong 125$

Doentes esperados para a faixa etária de 60 anos ou mais é $\frac{518.1319}{6664} \cong 103$

A seguir temos os valores observados e esperados expressos graficamente,

Figura 3- Gráfico de valores observados e esperados para a variável idade



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Dessa forma, aplica-se a equação (2),

$$X^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}, \text{ logo,}$$

$$\frac{(634-548,616)^2}{548,616} + \frac{(1035-1029,86)^2}{1029,86} + \frac{(1142-1145,36)^2}{1145,36} + \frac{(948-954,464)^2}{954,464}.$$

$$+ \frac{(718-742,718)^2}{742,718} + \frac{(473-508,513)^2}{508,513} + \frac{(395-415,473)^2}{415,473} + \frac{(50-135)^2}{135}$$

$$+ \frac{(249-254)^2}{254} + \frac{(286-283)^2}{283} + \frac{(242-236)^2}{236} + \frac{(208-183)^2}{183}$$

$$+ \frac{(161-125)^2}{125} + \frac{(123-103)^2}{103} \rightarrow X^2 = 13,289 + 0,0257 + 0,0098$$

$$+ 0,0438 + 0,8226 + 2,4801 + 1,0088 + 53,85 + 0,104$$

$$+ 0,0399 + 0,1774 + 3,3334 + 10,05 + 4,088 \cong 89,322$$

Determinado o grau de liberdade $(m - 1) \cdot (n - 1) = (7 - 1) \cdot (2 - 1) = 6$.

Observa-se que o $X_e^2 = 89,322 > X_t^2 = 12,592$

Partindo de que a hipótese nula é “vinculada” a idade das pessoas contaminadas e de que o teste qui quadrado foi de $\rho = 89,322$, esta hipótese é descartada e, dessa maneira, assume-se que os indivíduos contaminados com a bactéria leptospira dependem da faixa etária da idade. A maior taxa de prevalência de doentes em relação a idade é a de 25,39% que

corresponde ao grupo de 50 a 59 anos de idade e a menor taxa é de 07,30% que é do grupo de 0 a 9 anos de idade.

4.4 Escolaridade

Já os casos de doentes e a possível relação da doença com o grau de escolaridade do indivíduo, observou-se que a prevalência foi de 22,06% para os doentes com ensino fundamental completo e incompleto, conforme Tabela 2. A distribuição de dados encontra-se na Tabela 6:

Tabela 6: Distribuição dos dados relacionados à escolaridade.

Escolaridade	Não doentes	Doentes	Total
Ensino Fundamental completo e incompleto	1844	522	2366
Ensino médio completo e incompleto	1109	236	1345
Ensino superior completo e incompleto	252	25	277
Analfabeto	48	13	61
Totais	3253	796	4049

Fonte: autores.

$$\text{Não doentes do ensino fundamental completo e incompleto } \frac{2366.3253}{4049} \cong 1900,86$$

$$\text{Não doentes do ensino médio completo e incompleto } \frac{1345.3253}{4049} \cong 1080,58$$

$$\text{Não doentes do ensino superior completo e incompleto } \frac{277.3253}{4049} \cong 222,544$$

$$\text{Para os analfabetos } \frac{61.3253}{4049} \cong 49,0079$$

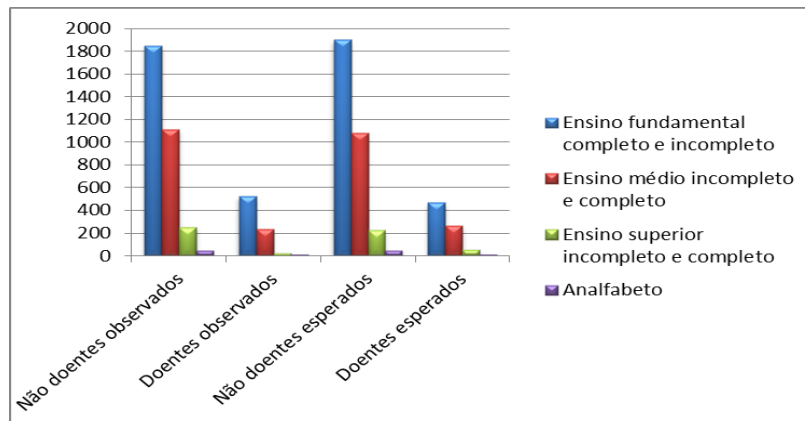
$$\text{Doentes esperados do ensino fundamental completo e incompleto } \frac{2366.796}{4049} \cong 465$$

$$\text{Doentes esperados do ensino médio completo e incompleto } \frac{1345.796}{4049} \cong 264$$

Doentes esperados do ensino superior completo e incompleto $\frac{277.796}{4049} \cong 54,5$

Para os doentes esperados analfabetos $\frac{61.796}{4049} \cong 12$

Figura 5- Gráfico de valores observados e esperados para a variável escolaridade



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Dessa forma, aplica-se a equação (2), $\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$, logo,

$$\begin{aligned} & \frac{(1844-1900,86)^2}{1900,86} + \frac{(1109-1080,58)^2}{1080,58} + \frac{(252-222,544)^2}{222,544} + \frac{(48-49,0079)^2}{49,0079} \\ & + \frac{(522-465)^2}{465} + \frac{(236-264)^2}{264} + \frac{(25-54,5)^2}{54,5} + \frac{(13-12)^2}{12} \rightarrow \chi^2 \\ & \chi^2 \cong 1,7011 + 0,7472 + 3,8988 + 0,0207 + 6,9517 \\ & + 3,0538 + 15,933 + 0,0847 \cong 32,391 \end{aligned}$$

Determinado o grau de liberdade $(m - 1) \cdot (n - 1) = (4 - 1) \cdot (2 - 1) = 3$.

Observa-se que o $\chi_e^2 = 32,391 > \chi_t^2 = 7,815$

Nesse caso, já que o qui quadrado tabelado é menor que o calculado ($\rho = 32,391$) então se admite que os casos de leptospirose têm alguma correlação com a escolaridade do doente, ou seja, o grau de instrução e de informação do indivíduo pode favorecer a contaminação da doença.

4.5 Situação de risco

Foram avaliadas várias situações de risco que possibilitam maior probabilidade de infecção humana, mas a situação de risco contato com locais com sinais de roedores apresentou maior prevalência (34,88%), seguida de contato com água ou lama (34,81%), conforme Tabela 2.

A análise de qui-quadrado indicam que os fatores de risco contato com local com sinais de roedores ($p = 558,88$) e contato com água ou lama, respectivamente ($p = 394,12$) estão associados à ocorrência da doença.

4.6 Ambiente provável da infecção

Observou-se que o ambiente provável da infecção foi o trabalho com prevalência de 96,96%, respectivamente, conforme apresentado na Tabela 2. Na Tabela 7 estão discriminados os dados:

Tabela 7: Distribuição dos dados relacionados ao ambiente da infecção.

Ambiente da infecção	Não doentes	Doentes	Total
Domiciliar	114	616	730
Trabalho	5	160	165
Totais	119	776	895

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

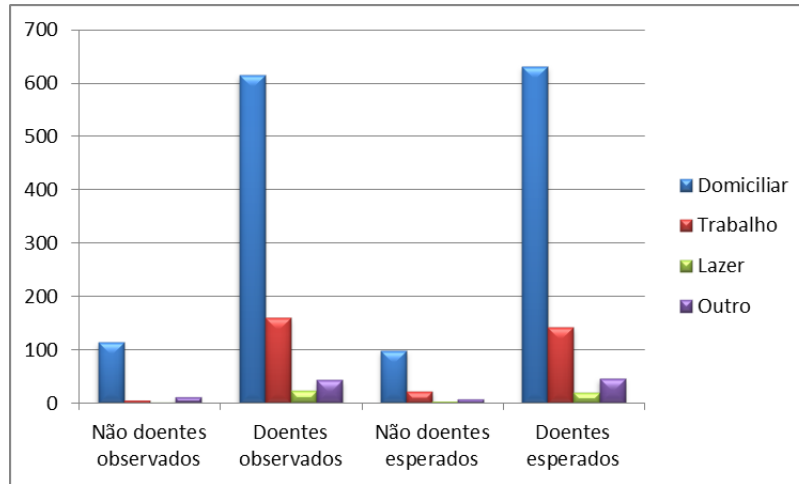
$$\text{Não doentes esperado no ambiente domiciliar } \frac{730 \cdot 131}{973} \cong 98,2837$$

$$\text{Não doentes esperado no ambiente trabalho } \frac{165 \cdot 131}{973} \cong 22,2148$$

$$\text{Doentes esperados o ambiente domiciliar } \frac{730 \cdot 842}{973} \cong 632$$

$$\text{Doentes esperados o ambiente trabalho } \frac{165 \cdot 842}{973} \cong 143$$

Figura 6- Gráfico de valores observados e esperados para a variável ambiente da infecção.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Dessa forma, aplica-se a equação (2), $\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$, logo,

$$\frac{(114-98,2837)^2}{98,2837} + \frac{(5-22,2148)^2}{22,2148} +$$

$$+ \frac{(616-632)^2}{632} + \frac{(160-143)^2}{143} \rightarrow \chi^2 \cong 18,493.$$

Determinado o grau de liberdade $(m - 1) \cdot (n - 1) = (4 - 1) \cdot (2 - 1) = 3$.

Observa-se que o $\chi_e^2 = 18,493 > \chi_t^2 = 7,815$

Baseando-se no teste qui com $\rho = 18,493$, a hipótese nula – os indivíduos contaminados independem do ambiente da infecção- é rejeitada, assim, é determinado que há correlação, ou seja, os indivíduos dependem do ambiente da infecção para o adoecimento por leptospirose.

Observamos que a taxa de prevalência no trabalho é alta, sendo 96,96%, a diferença estatística significativa no ambiente de infecção trabalho foi $\rho = 67,22$, indicando que o ambiente pode influenciar na ocorrência da doença.

5. CONCLUSÃO

Dentre as variáveis analisadas neste estudo e a metodologia utilizada, considerando a população exposta (notificada) podemos afirmar que o perfil epidemiológico da leptospirose no estado do Pará durante o período estudado, caracteriza-se pela maior prevalência de aparecimento dos primeiros sintomas no 1º semestre do ano (21,29%); sendo predominante em pessoas do sexo masculino (25,92%), idade na faixa etária de 50 a 59 anos (25,39%), pessoas com ensino fundamental completo e incompleto (22,06%), pessoas com contato com local com sinais de roedores apresenta (34,88%), no ambiente provável de infecção no trabalho (96,96%).

Adicionalmente, sugerimos maior atenção no preenchimento das informações e alimentação da base de dados do Ministério da Saúde, pois a incompletude de dados pode ocasionar avaliação incorreta sobre as variáveis epidemiológicas. Mediante isso, vê-se a importância das informações relativas a aspectos epidemiológicos fomentados matematicamente. Por incumbência, sob a perspectiva do poder público, os dados são parte da ação governamental na esfera sanitária, pois auxiliam no planejamento interventor, já que através da informação, poder-se-á realizar planos de cunho político e social, instigando a investigação das características estaduais relacionada às contaminações por leptospirose.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Iniciei a minha trajetória na análise de dados epidemiológicos da leptospirose no estado do Pará a partir do momento em que me tornei bolsista PRODOUTOR/PIBIC do projeto intitulado “Epidemiologia da leptospirose no estado do Pará” com vínculo no período de 08/2021 a 07/2023. Vinculado a este projeto, adquiri experiências relacionadas à obtenção de dados em bases públicas de informação (Datusus/Tabnet e IBGE), organização e cálculos estatísticos, assim como busquei informação sobre softwares próprios para realizar os cálculos. Dentre esses programas, o software Excel, que de forma simples e dinâmica possibilitou resultados organizados e didáticos que facilitaram a realização dos cálculos estatísticos, contemplando a área de matemática aplicada. Ao longo do meu percurso como bolsista, os objetivos do trabalho foram sendo polidos resultando em uma maior clareza sobre

os métodos e a metodologia, haja vista que se tratava de uma temática que ainda era desconhecida do meu âmbito de aluno de matemática.

Ao participar da pesquisa, percebi o quanto a produção de trabalhos acadêmicos na área da matemática aplicada é importante para as questões de sociais e de saúde públicas, no que tange à avaliação dos bancos de dados governamentais e planejamento de políticas públicas sociais e de saúde, possibilitando uma intervenção mais realística, como é o caso do DataSus.

Ao realizar as pesquisas na internet, notei que informações relacionadas à situação epidemiológica da leptospirose no estado do Pará são escassas, especialmente de cunho estatístico. Essa escassez foi um dos fatores que despertou interesse em fazer o trabalho de matemática aplicada voltado para essa questão.

O desenvolvimento deste trabalho representou um desafio, pois precisei fazer análises estatísticas de muitas variáveis para entregar um conteúdo que representasse um perfil da realidade epidemiológica da doença no estado. Além disso, na disciplina de Estatística da Faculdade, foram trabalhados conteúdos básicos que não abordam a especificidade da área da saúde. E desta forma, precisei aprender a aplicabilidade da estatística na área da saúde e a utilização do Excel, para realização dos cálculos.

Por fim, compreendi o quão importante é apresentar exemplos interdisciplinares nas disciplinas, a fim de incentivar os alunos a se aventurarem em áreas distintas da licenciatura em Matemática, para pesquisa e desenvolvimento de modelos matemáticos aplicáveis em várias áreas do conhecimento.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Saúde. **Saúde de A - Z. Leptospirose. Situação epidemiológica. Casos confirmados e óbitos por leptospirose no Brasil e Grandes regiões do Brasil.** [cited 2022 July 12]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/l/leptospirose/situacao-epidemiologica>;
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. Guia de Vigilância em Saúde. 3ª. Brasília - DF: 2019; 2019. 740 p.
- COSANPA. Companhia de Saneamento do Estado do Pará. **Projeto de Desenvolvimento de Saneamento do Pará.** Pará, 2021.
- DANCEY, Christine P. **Estatística sem matemática para psicologia.** Lori Viali - 5. ed - Porto Alegre: Penso, 2013.
- DATASUS. tabnet.datasus.gov.br/tabnet/tabnet.htm. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinanet/cnv/leptobr.def> . Acesso em fev. 2023.
- FERRAZ, Lygia Helena Valle da Costa. **O SUS, o DATASUS e a informação em saúde: uma proposta de gestão participativa.** 2009. 100 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2009.
- FIOCRUZ. Fundação Oswaldo Cruz (Brasil). Acesso à informação. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/taxonomia-geral-doencas-relacionadas/leptospirose>>. Acesso em 20. jan. 2023.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil). **Panorama do Estado do Pará.** Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>. Acesso em: 01 mar. 2023.
- LIMA RJ da S. *et al.* **Análise da distribuição espaço-temporal da leptospirose humana em Belém, Estado do Pará, Brasil.** Rev Pan-Amazônica Saúde. Ananindeua-Pará-Brasil. 2012.
- LUIZ, Mônica Helena Ribeiro. **Modelos Matemáticos em Epidemiologia.** 2012. 64 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. São Paulo, 2012.
- MARTELI, Alice Nardoni. *et al.* **Análise espacial da leptospirose no Brasil** Spatial analysis of leptospirosis in Brazil. Saúde Debate. Rio de Janeiro, 2020.
- OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde. **Módulos de Princípios de Epidemiologia para o Controle de Enfermidades.** Módulo 3: medida das condições de saúde e doença na

população / Organização Pan-Americana da Saúde. Brasília : Organização Pan-Americana da Saúde ; Ministério da Saúde, 2010. 94 p.: il. 7 volumes. ISBN 978-85-7967-021-3

SILVA, Norberto Peçanha da. **A utilização dos programas TABWIN e TABNET como ferramentas de apoio a disseminação das informações em saúde**. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2009.

SOUZA V.M.M de. *et al.* **Avaliação do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica da Leptospirose – Brasil**. 2010. Cad Saúde Coletiva. 2010.

SOUZA, Isabela Pereira de Oliveira; UBERTI, Marlene Salete; TASSINARI, Wagner de Souza. **Geoprocessing and spatial analysis for identifying leptospirosis risk areas: a systematic review**. Rev Inst Med Trop São Paulo. 2020.

UNICAMP: Tabela Qui-quadrado. [s.d]. Disponível em: <https://www.ime.unicamp.br/~cnaber/Tabela%20da%20Qui-quadrado.pdf> . Acesso em: 01 mar. 2023

