DRENAGEM URBANA E SUA INFLUÊNCIA NA EPIDEMIOLOGIA DE LEPTOSPIROSE NA CIDADE DE BELÉM- REGIÃO AMAZÔNICA DO ESTADO DO PARÁ

Fábio Sergio Lima Brito¹, Karla Karoline Leite do Rosário², Mateus Souza Moraes³, Rosa Helena Ribeiro Cruz⁴

¹ Engenheiro Sanitarista e Ambiental formado pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Foi bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET) de Engenharia Sanitária e Ambiental onde desenvolveu atividades de ensino, pesquisa e extensão (2017-2018). E-mail: fabio.lima.ufpa@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-3807-0499>

² Engenheira Ambiental formada pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC-UFPA) ênfase em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. E-mail: karlaleite93@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0001-8919-9201>

³ Engenheiro Sanitarista e Ambiental formado Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC-UFPA) ênfase em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. E-mail: mateussmoraes8@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-7348-2114>

⁴ Engenheira Agrônoma pela Universidade federal rural da Amazônia (UFRA). Mestre em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento local na Amazônia (PPGEDAM). Professora Universidade do Estado do Pará (UEPA), Centro de Ciências Naturais e Tecnologia (CCNT). E-mail: cruzrh@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0002-8347-1208>

Artigo recebido em 31/05/2020 e aceito em 17/11/2020

RESUMO

Este trabalho busca analisar a relação entre drenagem urbana e seus impactos nas ocorrências epidemiológicas de leptospirose no município de Belém do Pará, com base nos levantamentos de 2001 a 2016. A metodologia foi sintetizada em duas etapas principais: inicialmente, foram verificadas informações contidas no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) da Secretaria Estadual de Saúde (SESPA); posteriormente, os dados foram correlacionados com os registros de alagamentos e inundações do Departamento Municipal de Defesa Civil de Belém. Os dados foram analisados a partir da estatística descritiva (média, máxima, mínima, desvio padrão e coeficiente de variação); uso da correlação linear de Pearson e teste de hipótese utilizando o software Excel em todos os cálculos. Por fim, os resultados apontaram para a associação estatística de correlação linear entre registros de alagamentos e leptospirose devido às falhas nos serviços de drenagem urbana na cidade, o que alerta o poder público municipal sobre a necessidade de melhorar o gerenciamento das águas pluviais, visto que esse fato tem colocado em perigo a saúde dos moradores que, por diversas vezes, entram em contato com água contaminada devido à precariedade da prestação do serviço.

Palavras-chave: Águas Pluviais; Alagamentos; Drenagem Urbana; Saúde Pública.

URBAN DRAINAGE AND ITS INFLUENCE IN THE EPIDEMIOLOGY OF LEPTOSPIROSIS IN THE CITY OF BELÉM-AMAZON REGION OF THE STATE OF PARÁ

ABSTRACT

This work will analyze the relationship between urban drainage and its impacts on the epidemiological occurrences of leptospirosis in the city of Belém do Pará, based on surveys from 2001 to 2016. The methodology was synthesized in two main stages: initially, information contained in the System Information System for Notifiable Diseases (SINAN) of the State Health Secretariat (SESPA); later, the data were correlated with the flood and flood records from the Municipal Department of Civil Defense of Belém. The data were analyzed using descriptive statistics (mean, maximum, minimum, standard deviation and variation coefficient); use of Pearson's linear correlation and hypothesis test using Excel software in all calculations. Finally, the results pointed to the statistical association of linear correlation between flooding records and leptospirosis because to failures in urban drainage services in the city, which alerts the municipal government about the need to improve stormwater management, since this fact has endangered the health of residents who, on several occasions, come in contact with contaminated water because to precarious provision of the service.

Keywords: Rainwater; Floods; Urban Drainage; Public health.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é o conjunto de medidas cujo objetivo é melhorar as condições de qualidade de vida da população por meio de ações preventivas no controle da transmissão de doenças que possam afetar o bem-estar da sociedade (TRATA BRASIL, 2019; OMS, 2015; ARAÚJO, 2004). Além disso, é considerado um direito essencial a todos os segmentos da sociedade, garantido no art.1, inciso III e reforçado no art.23, inciso IX da Constituição Brasileira de 1988.

Nessa perspectiva, para a existência de um ambiente ecologicamente equilibrado, é necessário que haja a prestação de serviços por meio das obras de engenharia. Com base nisso, foi criada a Lei nº 11.445/2007, que define e assegura o saneamento básico como: o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e manejo de resíduos sólidos (PNSB, 2007).

A Lei 8.080 do Sistema Único de Saúde (SUS) dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde pública e afirma que um dos fatores determinantes para o bem-estar da população é a prestação de serviços por meio do saneamento básico para que se alcance um meio ambiente salubre. De tal modo, entende-se a associação entre saneamento e riscos de exposições epidemiológicas em virtude dos problemas sanitários e ambientais existentes (BRASIL, 1990).

Um dos serviços de saneamento que pode constituir graves problemas ambientais e de saúde pública, se for ausente ou insuficiente em medidas estruturais é o sistema de drenagem urbana de

águas pluviais. A drenagem urbana é composta pelo conjunto de obras e instalações cujo objetivo é realizar o manejo, a coleta e a condução dos deflúvios oriundos das precipitações pluviométrica em virtude do seu excesso ser considerado prejudicial, indesejado e danoso (BASTOS, 1999; CHRISTOFIDIS et al., 2019).

No entanto, a maioria das cidades brasileiras sofre com problemas de alagamentos, inundações e cheias decorrentes de uma série de fatores, dentre eles: falta de planejamento, crescimento urbano exacerbado das cidades, ocupação de áreas de risco e o uso desordenado das áreas de escoamento natural, são alguns dos aspectos que têm provocado impactos significativos à população e ao meio ambiente (SILVA et al., 2016; LIMA & AMORIM, 2014).

Nesse contexto, a precipitação pluviométrica e o escoamento superficial têm influenciado no surgimento de doenças de veiculação hídrica, sobretudo devido à ausência de instrumentos de planejamento relacionados aos serviços de drenagem urbana, que se constituem como uma importante lacuna nos programas governamentais no campo do saneamento (FATIMA, 2013).

Outro aspecto importante, é que o sistema de drenagem tem por objetivo criar medidas nas quais minimizem os riscos a que estão expostas as populações, diminuindo os prejuízos causados pelas inundações e erosões. Ademais, favorecem as condições de salubridade aos moradores, evitando a ocorrência de contato com água contaminada, bem como a formação de alagamentos e inundações responsáveis pela criação de condições favoráveis à transmissão de doenças (FATIMA, 2013; TUCCI et al., 2001).

A precariedade ou carência dos dispositivos de microdrenagem ocasionam um ambiente favorável à proliferação de potenciais vetores de doenças, visto que a água presente nos dispositivos é poluída e possibilita um dos meios para reprodução de diversas moléstias, tais como: leptospirose, dengue, esquistossomose etc., enquanto que no sistema de macrodrenagem a reprodução de vetores é ocasionada, principalmente, pela ausência de limpeza dos canais e pela contaminação das águas pluviais por esgoto doméstico (PENNA, 2003; SOUZA, 2001).

Nesse sentido, na “epidemiologia existe a preocupação com a possível interação que possa ocorrer do fator precipitações extremas agregado à ausência ou ineficiência da drenagem com a doença em unidades ambientais, no caso, áreas urbanas dos municípios” (ROUQUAYROL & SILVA, 2013). Por isso, há a necessidade de pesquisar se tais variáveis estão relacionadas, não só pela forma de crescimento urbano, mas também pela interface que estabelecem com a conservação do meio ambiente e atenuação dos problemas de saúde pública.

De acordo com Almeida & Costa (2014), a relação causal entre drenagem e saúde pública ocorre devido à ausência do manejo adequado das águas pluviais que geram alagamentos os quais se agravam quando a população entra em contato com a água suja ou contaminada pela urina de roedores, causando várias doenças, principalmente a leptospirose. Desse modo, é importante estudar essa problemática, pois pode auxiliar os órgãos públicos na tomada de decisão acerca da seleção de políticas públicas para a erradicação da leptospirose derivada das falhas de drenagem urbana.

Portanto, o presente trabalho objetivou analisar os impactos do sistema de drenagem urbana na saúde pública dos moradores da cidade de Belém do Pará, com base no período histórico de 2001 a 2016. Ademais, buscou-se, ainda, identificar e analisar os problemas de macro e microdrenagem que a cidade tem enfrentado ao longo dos anos, além de elaborar um mapa temático de correlação entre casos de leptospirose e registros de alagamentos.

METODOLOGIA

Características da Área de Estudo

A área de estudo compreende o município de Belém, capital do Estado do Pará. Está localizada na Mesorregião Metropolitana de Belém e Microrregião de Belém, encontra-se a cerca de 130 km do Oceano Atlântico, possuindo altitude de 10 metros em relação ao nível do mar (Figura 1). Situa-se nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 01° 23' 06'' ao sul e longitude 48° 29' 05'' a oeste de Greenwich (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO, 2014).

De acordo com o Instituto de Geografia e Estatística (IBGE), o município tem uma população estimada de 1.485.732 para o ano de 2018, uma área de unidade territorial equivalente a 1.059,458 Km² e a densidade demográfica de 1.315,26 (hab/km²). O clima do Estado do Pará é tipicamente equatorial, com médias térmicas anuais entre 24° e 26° C, além de alto índice pluviométrico, com média anual é de 2.889 nas proximidades do rio Amazonas. De forma geral, Belém caracteriza-se como clima quente e úmido devido a sua baixa altitude, topografia plana e vegetação densa. O tipo climático atual é classificado como tropical úmido de floresta (PBM, 2014).

Figura 1 - Mapa de localização do Município de Belém, Estado do Pará

Fonte: Autores (2020)

Levantamento dos Dados

Inicialmente, foi utilizada como fonte principal para obtenção dos dados da pesquisa a série histórica disponibilizada pelo Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) da Secretaria do Estado de Saúde Pública (SESPA). Os dados compilados para realização deste estudo foram do período de 2001 a 2016, a fim de selecionar os casos confirmados de leptospirose na cidade.

No segundo momento, foram realizadas consultas junto à Coordenadoria Municipal de Defesa Civil de Belém para realizar o levantamento dos dados sobre as ruas com registros de alagamentos nos últimos 15 anos. Ademais, foram feitos levantamentos sobre o tema em artigos, sites, jornais e revistas locais.

Análise dos Dados

Na análise dos dados, foram utilizados: a estatística descritiva, o uso de inferências, a correlação Linear de Pearson (Equação 1) com a finalidade de testar uma hipótese por meio de uma

amostra pequena para populações maiores, buscando alto grau de segurança. Em todos os cálculos foi utilizado o software Excel, usando a opção “Análise de dados”.

$$r = \frac{n \cdot \sum(XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2}} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que $\sum^{(XY)}$ refere-se a cada par de observações; $\sum^X$ representa a soma os valores da variável X; $\sum^Y$ refere-se à soma dos valores da variável Y; $\sum X^2$ eleva ao quadrado cada valor de X e, depois, efetua-se a soma; e $\sum Y^2$ eleva ao quadrado cada valor de Y e, depois, efetua-se a soma.

O coeficiente de correlação linear foi analisado conforme a tabela 1, que expressa numericamente a força e o sentido da correlação que oscilam entre -1 e +1. Nesta pesquisa o nível de significância adotado foi de 0,05 (significativo no nível de 5%) de erro e 95% aceitação do método escolhido.

Tabela 1 - Coeficiente de correlação linear de Pearson

Valores	Correlação	Valores	Correlação
-1,00	Correlação negativa perfeita	+1,00	Correlação positiva perfeita
- 0,99 - 0,70	Correlação negativa forte	+ 0,99 - 0,70	Correlação positiva forte
- 0,69 - 0,40	Correlação negativa moderada	+ 0,69 - 0,40	Correlação positiva moderada
- 0 39 - 0,10	Correlação negativa fraca	+ 0 39 - 0,10	Correlação positiva fraca
0,0	Ausência de correlação	0,0	Ausência de correlação

Fonte: Adaptados de AYRES, 2012

Consideraram-se nesta pesquisa as variáveis “x” (Ruas com registros Alagamentos) como independente e “y” (doenças), como variável dependente. Para o teste t de significância de r de Pearson parte da seguinte hipótese: Hipótese: $\rho = 0$ (variáveis independentes); $\rho \neq 0$ (variáveis dependentes) conforme a equação 2:

$$T = (r\sqrt{N} - 2)/\sqrt{1 - r^2} \quad \text{Equação (2)}$$

Em que t = razão t (t crítico observado e o calculado) para testar a significância do r de Pearson. N = número de pares de escores (compostos das variáveis x e y), r = o próprio r de Pearson (que está sendo posto à prova). T observado = > tabela student.

Além disso, foi utilizado software livre Qgis versão 3.12 para elaboração de mapa temático da distribuição espacial da leptospirose e os pontos de alagamentos na cidade de Belém. A técnica

utilizada foi a espacialização de Kernel que, segundo Carvalho, Magalhaes & Medronho (2017); Forgiarini, Pachaly & Favaretto (2018) e Silveira et al., (2019), é o método mais indicado para análise espacial quando se tem dados com período histórico de doenças, principalmente da leptospirose, que foi o foco deste trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diagnóstico do Sistema de Drenagem Urbana

Na cidade de Belém, Capital do Estado do Pará, existem atualmente 14 bacias hidrográficas, são elas: Bacia da Estrada Nova, Bacia do Tamandaré, Bacia do Tucunduba, Bacia do Reduto, Bacia do Murucutum, Bacia do Una, Bacia do Aurá, Bacia de Val-de-Cães, Bacia do Cajé, Bacia do Paracuri, Bacia do Ariri, Bacia do Mata Fome, Bacia do Anani e Bacia do Outeiro (PMB, 2014).

Na tabela 2, estão catalogados os dados sobre as principais características de 10 Bacias Hidrográficas. A partir dessas informações percebeu-se que a densidade média de habitante por hectare é de 125,01 Hab/ha; que as áreas suscetíveis a alagamentos chegam a 54,16 %, valor bastante representativo; e que as áreas permeáveis são de 25,09, o que é considerado crítico, segundo Araújo et al., (2011). A declividade média foi de 1,25, classificado como perfil de terreno plano.

Tabela 2 - Principais características do uso e ocupação do solo das Bacias Hidrográficas de Belém

Bacia Hidrográfica	Densidade (Hab/ha)	Áreas Alagáveis (%)	Áreas Permeáveis (%)	Declividade (%)
Estrada Nova	296,38	99	3,27	0,70
Tamandaré	130,9	50	3,4	1,32
Reduto	78,25	50	2,06	1,1
Tucunduba	269,33	50	22,5	0,66
Una	119	21,8	19	1,8
Paracuri	73,88	90,8	24	2,30
Mata-Fome	62	*SI	25	2,9
Cajé	148,58	SI	38	0,61
Outeiro	43,37	SI	47	0,65
Anani	28,4	SI	66,71	0,45
Média	125,01	54,16	25,09	1,25

Fonte: Adaptado de Cruz (2018); Santos (2017); Ribeiro (2015), Lisboa (2013) * Sem Informação (SI)

No que diz respeito ao sistema de macrodrenagem, de acordo com a Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN) existem aproximadamente 85 canais com 155 quilômetros de extensão

distribuídos nas Bacias Hidrográficas (PMB, 2019). Nesse sentido, a cidade de Belém enfrenta grandes problemas no manejo das águas pluviais em virtude de vários fatores, tais como: alto índice pluviométrico, superfície territorial abaixo do nível do mar e marés altas que provocam inundações e alagamentos.

A grande maioria dos canais de macrodrenagem da cidade são urbanizados e muitos apresentam condições de deterioração decorrente da falta de manutenção. A prefeitura de Belém realiza esporadicamente medidas paliativas no intuito de melhorar o escoamento dos deflúvios por meio de ações como: dragagem dos canais, limpeza das redes, desentupimento dos sistemas e retirada do acúmulo de resíduos sólidos das galerias.

O sistema de microdrenagem também apresenta comprometimento em virtude de problemas infraestruturais, tais como: vegetação no interior dos dispositivos, tampas quebradas ou vedadas por resíduos, meios-fios obstruídos, deterioração das sarjetas e paredes de concreto das bocas de lobo desmoronadas. Todos os problemas identificados nos sistemas de macrodrenagem e microdrenagem supracitados podem ser observados na Figura 2:

Figura 2 - A) Boca de lobo com resíduos na Bacia do Reduto; A) Boca de lobo mal dimensionada no bairro da Pedreira, Bacia do Una; C) Guarda-corpo derrubado no leito do Canal Vileta, Bacia do Tucunduba; D) Canal com Resíduos Leal Martins, Bacia do Tucunduba.

Fonte: Autores (2020)

É importante destacar que dois aspectos principais acentuam ainda mais os problemas de inundações e alagamentos na cidade. O primeiro ponto é o descarte inadequado dos resíduos sólidos nas margens dos canais, o que se tornou uma prática cultural recorrente e permanente, mesmo o município obtendo índice de cobertura regular de 95% para coleta dos resíduos no período histórico de 2001 a 2016, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020).

Outro aspecto a ser analisado é o baixo percentual médio de 7,95% para o índice de rede coletora de esgoto sanitário ao longo dos anos de 2001-2016 (SNIS, 2020). Os domicílios que não dispõem de fossas despejam os dejetos diretamente nas redes de drenagem, comprometendo suas águas do ponto de vista sanitário e propiciando o surgimento de doenças de veiculação hídrica.

Nesse sentido, percebeu-se, na visita de campo, que muitos pontos de alagamentos e inundações (Figura 3) são fixos e apresentam maiores ocorrências no inverno amazônico, período considerado mais chuvoso. As maiores incidências são, segundo Nylander (2017), Martins (2015) e Santos & Rocha (2013), nas Bacia da Tamandaré, Bacia do Tucunduba e Bacia do Reduto.

Figura 3 - A) Alagamento na João Paulo II, Bacia do Murucutum; B) Alagamento na rua Pinajés, Bacia da Estrada Nova; C) Alagamento na Tv. Estrella, Bacia do Tucunduba; D) Transbordamento de canal, Bacia do Una
Fonte: Autores (2020)

No estudo de Guimarães et al., (2017), foram georreferenciados 85 pontos de alagamentos no município de Belém, os quais correspondem a áreas com obras inacabadas de microdrenagem e macrodrenagem. Esse fato tem ocasionado vários transtornos nos bairros da cidade, havendo maior frequência no tempo de inverno amazônico (período de maior intensidade pluviométrica). Vale ressaltar, também, o clima tropical do município, o qual faz com que as chuvas sejam frequentes durante o ano todo, reforçando a necessidade de sistemas eficientes para o correto escoamento dos deflúvios.

Estatística Descritiva dos casos epidemiológicos e ocorrência de alagamentos

Na tabela 3, estão dispostos os dados dos casos confirmados de leptospirose registrados pelo SINAN na cidade de Belém do Pará; a partir desses é possível perceber que a maior incidência da enfermidade foi nos anos de 2002 e 2005, com somatória de 127 casos em cada um dos anos, média anual de 11 pessoa acometidas pela doença, apresentando desvio padrão de 3,85 em 2002 e 8,60 em 2005, com coeficiente de variação de 0,36 e 0,81, respectivamente.

Tabela 3 - Estatística descritiva dos casos de Leptospirose anual de 2001-2016

Ano	Média	Máxima	Mínima	Somatória	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação
2001	6	19	1	76	4,77	0.75
2002	11	15	4	127	3,85	0.36
2003	8	23	2	91	6,35	0.84
2004	12	31	6	148	7,44	0.60
2005	11	28	2	127	8,60	0.81
2006	10	21	0	125	6,22	0.60
2007	7	17	0	86	5,49	0.77
2008	9	26	2	113	8,25	0.88
2009	7	15	0	80	5,43	0.81
2010	1	2	0	6	0,80	1.60
2011	7	17	1	79	5,09	0.77
2012	3	6	0	35	1,88	0.64
2013	6	13	2	66	3,32	0.60
2014	6	13	1	68	4,33	0.76
2015	6	11	2	67	3,23	0.58
2016	5	11	1	61	2,84	0.56

Fonte: Adaptado de DATASUS, 2020

O menor registro foi ano de 2010, com somatória de 6 casos anuais, média de 1 pessoa acometida pela doença; desvio padrão de 0,80 e coeficiente de variação de 1,60, o que significa dizer que houve uma grande variação ao longo do ano, quando mais de 50% dos registros foram de 0 casos.

No levantamento sobre as ruas com registros de alagamentos, notou-se que, com o passar do tempo, as ocorrências vêm aumentando paulatinamente na cidade, o que pode estar relacionado à

preocupação da Defesa Civil e dos demais pesquisadores que estão desenvolvendo estudos sobre monitoramento de áreas com vulnerabilidade a riscos de inundações e alagamentos no município (Tabela 4).

Tabela 4 - Estatística descritiva das ruas com registros de alagamentos de 2001-2016

Ano	Média	Máxima	Mínima	Somatória	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
2001	1,3	2	1	15	0,45	0,36
2002	1,2	2	1	14	0,39	0,33
2003	1,2	2	1	14	0,39	0,33
2004	1,3	5	0	16	1,37	1,03
2005	1,7	3	1	20	0,65	0,39
2006	2,1	3	1	25	0,79	0,38
2007	2,5	3	1	30	0,80	0,32
2008	3,1	4	3	37	0,29	0,09
2009	3,4	4	3	41	0,51	0,15
2010	4,2	5	4	50	0,39	0,09
2011	3,3	4	1	40	1,15	0,35
2012	4,8	5	3	58	0,58	0,12
2013	4,7	5	4	56	0,49	0,11
2014	3,9	7	1	47	2,27	0,58
2015	6,3	10	5	76	1,92	0,30
2016	9,6	11	5	115	1,51	0,16

Fonte: Adaptado de Defesa Civil, 2019 e pesquisa documental, 2001-2016

Nesse contexto, observou-se que o ano com maior registro de alagamento foi em 2016 com somatória de 115 pontos, obtendo média de 9,6; desvio padrão de 1,51 e coeficiente de variação de 0,16. A menor ocorrência foi no ano de 2001, com levantamento de 15 vias com registro de alagamento, média e desvio padrão de 1,3 e 0,45, respectivamente, em que mais 75% dos valores foram de baixos registros ao ano.

Drenagem Urbana e Saúde Pública

Ao analisar os agravos de leptospirose relacionados aos pontos de alagamentos em detrimento da precariedade dos serviços de drenagem urbana, observou-se um comportamento endêmico em todo o período histórico analisado (Figura 4). De modo geral, os casos de leptospirose confirmados acompanham a ocorrência de alagamentos, exceto no ano de 2010 e 2012, o que pode estar relacionado às campanhas de erradicação do agente transmissor da doença, conforme informações da Secretaria Municipal de Saúde de Belém (PMB, 2017).

De acordo com a SESMA (2015), desde quando os casos se mostraram expressivos na cidade, todos os anos são realizadas medidas de prevenção e controle, com orientação a feirantes,

comerciantes e à população em geral sobre higiene e cuidados básicos. Além disso, a secretaria utiliza raticidas em locais de proliferação, tais como: esgoto, valas, canais e buracos próximos aos roteiros de coleta de resíduos sólidos.

Ademais, observou, ainda na Figura 4, que a partir do ano de 2007 houve uma queda significativa na ocorrência da doença. O principal motivo que gerou a redução do número de casos foi a atuação da Prefeitura de Belém, que buscou investimentos federais a partir do ano de 2008, por intermédio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), o qual tem por objetivo o planejamento, a gestão e o desenvolvimento das cidades, incluindo a inserção de infraestrutura sanitária em áreas não saneadas.

Figura 4 - Variação dos casos de leptospirose em relação a precipitação anual 2001-2016
Fonte: Adaptados de DATASUS e Defesa Civil, 2019

Nesse período, foram investidos R\$ 704.469,62 em ampliação do sistema de esgotamento sanitário para os bairros da Marambaia e da Guanabara; em elaboração e execução de obras para Augusto Montenegro, com serviço de sistema de abastecimento de água e 27 milhões investidos em pavimentação, drenagem e terraplanagem (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2016).

Nesse contexto, é evidente que os investimentos públicos contribuem de forma significativa para o melhoramento do saneamento básico, mas ainda existe a necessidade de se fomentar tais recursos para completa evolução e universalização dos serviços fornecidos à população, visando à diminuição dos agravos à saúde pública, posto que os benefícios são relevantes para os setores ambientais, sociais e econômicos.

Ao fazer uma análise mais detalhada dos dados dispostos na tabela (05), observou-se que os índices de doenças por leptospirose obtiveram maiores incidências no período mais chuvoso, o qual se inicia no mês de dezembro e vai até maio. Notou-se que nos anos de 2001 a 2007 os agravos de notificações foram mais acentuados, enquanto nos anos consecutivos notou-se um decaimento das enfermidades de junho a agosto, que corresponde a estação menos chuvosa em todos os anos.

Nos anos de 2008 e 2010 houve variações significativas, especificamente quanto à redução dos índices da doença que ocorreu paulatinamente na cidade, visto que, em 2009, a quantidade de casos notificados e confirmados foi de 80 ocorrências, enquanto que no ano de 2016 os números foram de 61 registros efetuados pelo SINAN.

Tabela 5 – Ocorrência de leptospirose nos meses dos anos de 2001-2016

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Agoo	Set	Out	Nov	Dez
2001	9	8	19	8	7	7	5	2	3	4	1	3
2002	15	9	15	12	13	14	11	6	14	7	4	7
2003	10	23	15	12	4	4	3	6	2	6	3	3
2004	9	9	23	31	14	10	6	9	13	6	10	8
2005	7	19	21	18	28	4	6	4	6	9	2	3
2006	12	5	14	19	15	10	9	8	3	0	9	21
2007	17	9	11	12	11	5	12	1	0	2	3	3
2008	24	26	15	12	8	4	2	4	3	3	7	5
2009	8	15	13	13	12	7	4	4	0	1	2	1
2010	1	0	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0
2011	3	11	17	12	10	4	8	2	7	2	2	1
2012	5	3	0	2	5	4	6	3	3	0	2	2
2013	7	4	13	10	7	3	3	6	2	5	3	3
2014	8	9	9	12	13	5	3	3	2	2	1	1
2015	4	6	11	6	11	8	2	5	2	2	3	7
2016	6	8	11	6	3	6	7	5	1	2	3	3

Na pesquisa de Lima et al., (2012), foram percebidos os mesmos problemas decorrentes da sazonalidade no período de maior precipitação pluviométrica no município de Belém-PA. Além disso, o autor afirmou que os eventos de marés altas ocorrem no período considerado como inverno amazônico, quando se acentua ainda mais os problemas de alagamentos e inundações nas áreas com perfil topográfico mais baixo da cidade.

No estudo de Fátima & Cabral (2013), os autores também constataram que casos patológicos tornam-se epidêmicos quando, nos períodos de maior intensidade de chuva, há ocorrência de

enchentes e inundações, visto que o manejo inadequado das águas pluviais é decorrente da ausência de um sistema eficiente de drenagem urbana.

Além disso, no município de Belém, o crescimento urbano iniciou-se majoritariamente por moradias irregulares em áreas de baixadas, ou seja, próximas aos rios e igarapés que cortavam a cidade. Esses locais se caracterizam pela falta de saneamento básico e pelos recorrentes alagamentos, contribuindo de forma significativa para a proliferação de vetores, como os roedores, devido às péssimas condições de salubridade.

Na pesquisa de Almeida (1994) e Freitas & Ximenes (2012), os autores constataram que a ausência de condições infraestruturais estabelece maior risco para as populações de baixa renda que estejam em condições de moradias precárias, pois a maioria dos domicílios está à margem de rios e canais contaminados por esgoto a céu aberto, tornando estes locais mais expostos a enchentes e a alagamentos.

Figueiredo et al., (2001) e Basso & Righi (2015), concluíram em seus trabalhos que apesar dos fatores socioeconômicos estarem relacionados à propagação da leptospirose. A distribuição da doença está diretamente associada às condições climáticas e ambientais, pois as regiões em que o clima é tropical, com elevadas temperaturas, como é o caso de Belém do Pará, os riscos à exposição da enfermidade são bem maiores quando comparados com outras classificações atmosféricas.

Distribuição Espacial da Leptospirose e sua relação com a Drenagem

Analisando a Figura 5, é possível observar que a aplicação da distribuição espacial de Kernel para os casos de leptospirose acontece, principalmente, nos pontos em que há registro de alagamento, mostrando que a precariedade do sistema de drenagem para o correto escoamento das águas pluviais tem colocado em risco a saúde da população, a qual, por diversas vezes, entra em contato com a água contaminada pela urina do rato.

Além disso, observou-se que as áreas em vermelho e amarelo correspondem a bairros periféricos (Guamá, Jurunas e Montese), onde, frequentemente, a população é acometida por doenças de veiculação ou associação hídrica, como é o caso da leptospirose. Outros bairros também começam a apresentar suscetibilidade à doença em virtude do déficit do sistema de drenagem, como é o caso do Curió Utinga, que já apresenta ocorrências de adoecimento por leptospirose, em razão dos frequentes registros de alagamentos na Avenida João Paulo II.

Nesse contexto, Gonçalves et al., (2016) analisaram os seguintes bairros da cidade de Belém: Condor, Guamá e Jurunas, os quais são marcados historicamente com situação de aglomerados

subnormais. Os autores observaram que, o desenvolvimento do espaço urbano de forma desordenada aliado à degradação ambiental constitui uma situação de suscetibilidade para o risco adoecimento por leptospirose.

No estudo de Almeida & Costa (2014), ao analisarem o sistema de drenagem urbana e sua relação com a saúde pública no município de Santana no Estado do Amapá. Os autores concluíram que é necessário que os órgãos públicos municipais e estaduais intensifiquem as ações de vigilância sanitária devido à exposição da população aos riscos de doenças em áreas com vulnerabilidade de alagamentos e inundações nas cidades brasileiras.

Figura 5 - Distribuição espacial média da leptospirose e vias com registros de alagamentos em Belém- 2001 a 2016
Fonte: Autores (2020)

Análise da Correlação Linear e Teste de Hipótese

Na Tabela 6, os dados estão dispostos quanto à forma na qual as variáveis estão relacionadas estatisticamente entre vias com alagamentos e incidência de leptospirose. Tais informações indicaram que essas variáveis estão correlacionadas de forma positivamente moderadas nos anos de 2001, 2002,

2004, 2005, 2007, 2008, 2011 e 2015. Nos anos intermitentes, as associações entre as variáveis obtiveram correlação positiva forte nos anos de 2003, 2006, e 2009 e 2014, sendo os valores, respectivamente: 0,84; 0,71; 0,90; 0,89, conforme comprovação estatística a seguir.

Tabela 6 - Correlação linear e teste de hipótese entre leptospirose e precipitação anual de 2001 a 2016.

Ano	R de Pearson	Correlação	Teste de Hipótese
2001	0,63	Positiva moderada	Rejeitar H0
2002	-0,62	Positiva moderada	Rejeitar H0
2003	0,84	Positiva forte	Rejeitar H0
2004	0,65	Positiva moderada	Rejeitar H0
2005	0,64	Positiva moderada	Rejeitar H0
2006	0,71	Positiva forte	Rejeitar H0
2007	0,60	Positiva moderada	Rejeitar H0
2008	0,56	Positiva moderada	Rejeitar H0
2009	0,90	Positiva forte	Rejeitar H0
2010	0,00	Ausência de correlação	Não rejeitar H0
2011	0,54	Positiva moderada	Rejeitar H0
2012	0,15	Positiva fraca	Não rejeitar H0
2013	-0,67	Negativa moderada	Rejeitar H0
2014	0,89	Positiva forte	Rejeitar H0
2015	0,59	Positiva moderada	Rejeitar H0
2016	-0,54	Negativa moderada	Rejeitar H0

Fonte: Autores (2020)

No entanto, faz-se necessário analisar a significância desse coeficiente ao verificar o teste, rejeita-se a hipótese nula de que $\rho = 0$. Portanto, há evidência da correlação linear entre as variáveis ocorrência do número de casos para leptospirose e pontos com vias de alagamentos em quase todos os anos até aqui estudados, com exceção dos anos de 2010 e 2012, em que as combinações foram ausência de correlação e positiva fraca, respectivamente.

Ao analisar a significância do coeficiente, verificou-se o teste de hipótese em que se rejeita a hipótese nula de que $\rho = 0$. Logo, não há evidência da correlação linear entre as variáveis, o que significa afirmar que não há comprovação estatística entre ruas alagadas e manifestação de leptospirose.

Tal fator pode ser explicado pelas ações de combate e prevenção à leptospirose. De acordo com Diniz (2012), o Centro de Controle de Zoonoses (CCZ) da Secretaria Municipal de Saúde de Belém (SESMA) realizou ações educativas e preventivas em todas as feiras e mercados da cidade, conversando com consumidores e comerciantes, com orientações sobre os principais cuidados para evitar a proliferação dos roedores e os riscos de contaminação com a leptospirose.

Nesse sentido, é possível observar que, para os anos de 2010 e 2012, as medidas de prevenção mostraram-se eficientes. No entanto, nos anos subsequentes essas medidas pontuais não

resolveram o problema como deveriam, pois, na série histórica estudada, comprovou-se estatisticamente a grande incidência de casos de leptospirose em Belém com agravos à saúde da população em virtude do frequente contato com água contaminada pela urina do rato.

CONCLUSÃO

Em suma, drenagem urbana de águas pluviais é uma obra de infraestrutura de fundamental importância, uma vez que estabelece diferentes interfaces entre saneamento, saúde pública e meio ambiente, fornecendo condições salubres à população. No entanto, quando não gerenciadas corretamente, as águas pluviais podem desencadear problemas de ordem sanitária e ambiental.

Mediante a revisão bibliográfica e o levantamento de campo, notou-se que são vários os problemas de macro e microdrenagem na cidade de Belém. Além disso, o objetivo proposto nesta pesquisa foi alcançado, pois comprovou-se, estatisticamente, a relação causal entre precipitação pluviométrica, precariedade dos serviços de drenagem e, conseqüentemente, os casos patológicos de leptospirose. Em outras palavras, constatou-se uma correlação forte na maioria dos anos e, ao realizar o teste de hipótese, foi ratificado o grau de associação entre as variáveis.

Percebeu-se, também, que é histórico o alto índice do comportamento endêmico da leptospirose na cidade, colocando um alerta sobre o risco de possíveis surtos da doença, considerando que os casos epidemiológicos tornam-se epidêmicos quando, nos períodos de maior intensidade de precipitações, há a ocorrência das enchentes e inundações em alguns bairros da cidade. Ademais, pluviosidade é um fator climático natural determinante, pois, apesar do município ter tempos específicos de maior precipitação pluviométrica, período mais chuvoso, em todas as estações do ano as chuvas são intensas e ocorrem frequentemente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S de. COSTA, I. T. da. **A drenagem urbana das águas pluviais e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública no município de Santana**. 2014. Trabalho de conclusão de curso– Curso de Bacharelado em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2014.

ALMEIDA, L. P et al. Levantamento soroepidemiológico de leptospirose em trabalhadores do serviço de saneamento ambiental em localidade urbana da região sul do Brasil. **Rev. Saúde Pública, São Paulo**, 1994, v. 28, n. 1, pp-76-78.

ARAÚJO JR, O. **Saneamento Ambiental e Qualidade de Vida** (2004). Disponível em: Agência de Informação Frei Tito para a América Latina – ADITAL -<www.adital.org.br> Acesso em: 08 de jan. 2017.

ARAÚJO, G. H. Sousa de; Almeida, J. R de; Antônio, J.T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 7 ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2011.

AYRES, M. **Elementos da Bioestatística: A Seiva do Açaizeiro**. Belém: Universidade Federal do Pará. 2012.

BASSO, L. A.; RIGHI, E. Casos de hepatite a e leptospirose no município de Porto Alegre - RS entre os anos de 2007 a 2011. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, 2015, v. 11, n. 20, pp. 66 – 84.

BASTOS, G. R. **Drenagem urbana**. Belém, PA: Ed. Universitária da UFPA, 1999. p. 13-14.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em 2 out.2020.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em :17 jan. 2018.

BRASIL. **Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990**. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Disponível em :< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8080.htm>. Acesso em 7 mar. 2018

BRASIL. **Ministério da Saúde. Sistema de informação de agravos de notificação 2020**. Disponível em: <<http://portalsinan.saude.gov.br/dados-epidemiologicos-sinan>>. Acesso em 2 mar. 2018.

CARVALHO, S; MAGALHAES, M. A. F. M de; MEDRONHO, R. A de. Análise da distribuição espacial de casos da dengue no município do Rio de Janeiro, 2011 e 2012. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, 2017, v. 51, n.79, pp-1-10.

CHRISTOFIDIS, D; ASSUMPCAO, R. S.F. V dos; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Revista Saúde debate**, Rio de Janeiro, 2019, v. 43, n. spe3, pp. 94-108.

CRUZ, C. C. C. S. Da. **Uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas da Região Metropolitana de Belém: uma análise urbanístico-ambiental**. 2018. 183 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Pará. Belém. 2018.

DINIZ, F. D. Ação de saúde combate a leptospirose em Belém. **Jornal Correio Jurunense** (2012). Disponível em: <<http://jornalcorreiojurunense.blogspot.com/2012/01/acao-de-saude-combate-leptospirose-em.html>>. Acesso em 15 abr. 2019.

FÁTIMA, M de. **Impactos da drenagem urbana na saúde pública em municípios de pequeno porte no Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil**. 2013. 279 f. Tese (Doutorado em engenharia civil área de tecnologia ambiental e recursos hídricos) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2013.

FÁTIMA, M DE; CABRAL, J.J.S.P da. Impacto na Saúde por Deficiência de Drenagem Urbana no Município de Jucurutu – RN. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos- RBRH**, 2013, v, 18 n.3, pp. 181-191.

FIGUEIREDO, C. M et al. Leptospirose humana no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: uma abordagem geográfica. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, Uberaba, 2001, v. 34, n. 4, pp- 331-338.

FORGIARINI, F. R.; PACHALY, R. L; FAVARETTO, J. Análises espaciais de doenças diarreicas e sua relação com o monitoramento ambiental. **Eng. Sanit. Ambient.** [online], 2018, vol.23, n.5, pp.963-972.

FREITAS, C. M. de; XIMENES, E. F. Enchentes e saúde pública: uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. **Revista Ciência & saúde coletiva**. 2012, v.17, n.6, pp.1601-1616.

GONCALVES, N.V et al. Leptospirosis space-time distribution and risk factors in Belém, Pará, Brazil. **Ciência & saúde coletiva**, 2016, v.21, n.12, pp 3947-3955.

GUIMARÃES, R.J.P.S et al. **Georreferenciamento dos pontos de alagamento em Belém -PA**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental & Feira Nacional de Meio Ambiente, São Paulo. Anais eletrônicos ...São Paulo: FENASAN, 2017. Disponível em: <http://www.evolvedoc.com.br/aesabesp/detalhes-3199_georreferenciamento-dos-pontos-de-alagamento-em-belem-pa>. Acesso em 15 abr. 2019.

LIMA, A., & AMORIM, M. Análise de episódios de alagamentos e inundações urbanas na Cidade de São Carlos a partir de notícias de jornal. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2014, v. 15, n. 1.pp-182-204.

LIMA, R. J. S et al. Análise da distribuição espaço-temporal da leptospirose humana em Belém, Estado do Pará, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, Ananindeua, 2012, v. 3, n. 2, p. 33-40.

LISBÔA, T. F.P. De. **Vulnerabilidade e capacidade de resposta à ameaça de inundação na bacia hidrográfica do rio Paracuri, Belém-PA**. 2013. 111 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia) Universidade Federal do Pará. Belém. 2013.

MARTINS, V. C. D. **Avaliação de sistemas de prevenção e contenção de inundações em bacia de drenagem urbana**. 2015.150 f. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará. Belém. 2015.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Programa de Aceleração do Crescimento** (2016). Disponível em:< <http://www.pac.gov.br/obra/23467>>. Acesso em 8 mar. 2018.

NYLANDER, J. D. A. **Avaliação da utilização de Comporta em Eventos Extremos de Precipitação Pluviométrica e de Maré no Canal de Drenagem da Tamandaré**. 2017. 180 f. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará. Belém. 2017.

PENNA, M. L. F. Um desafio para a saúde pública brasileira: o controle do dengue. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro. 2003, v.19, n.1, pp.305-309.

PMB. **Plano municipal de saneamento básico de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Belém-Pará** (2014). Disponível em<http://ww3.belem.pa.gov.br/www/wp-content/uploads/PMSB-Bel%C3%A9m-PA_Volume-I2.pdf> Acesso em: 10 jan.2018.

PMB. **Relatório de acompanhamento de programas e ações municipais** (2017). Disponível em:<<http://www.belem.pa.gov.br/transparencia/wpcontent/uploads/2017/06/RelatorioAcompanhamentoProgramasAcoes.pdf>>. Acesso em: 05 maio. 2020.

PMB. Secretaria Municipal de Saúde (Sesma). **Centro de Zoonoses realiza ação de combate a ratos em Belém**. Disponível em: <<https://agenciapara.com.br/noticia/17292/>>. Acesso em: 20 de novembro. 2019.

- RIBEIRO, E. G. P et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do igarapé do una por meio de geotecnologias. **Enciclopédia Biosfera**, 2015, v. 11 n. 21, pp. 2960-2974.
- ROUQUAYROL, M. Z; SILVA, M. G. C. da (2013). **Epidemiologia, história natural e prevenção de doenças**. Rouquayrol epidemiologia & saúde. 7. ed. Rio de Janeiro.
- SANTOS, C. M. S. Da. **O uso da drenagem como método de avaliação de desempenho da ocupação urbana: uma reflexão sobre a Avenida Augusto Montenegro**. 2017.130 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Pará. Belém. 2017.
- SANTOS, F. A. A; ROCHA, E. J. P. Da. Alagamento e inundação em áreas urbanas, estudo de caso: Cidade de Belém. **Revista GeoAmazônia**, Belém, 2013, v. 02, n. 2, p. 33 – 55.
- SILVA, R. F DA; SANTOS, V. A; GALDINO, S. M. G. Análise dos impactos ambientais da Urbanização sobre os recursos hídricos na sub-bacia do Córrego Vargem Grande em Montes Claros-MG. **Caderno de Geografia**, 2016, v, 26, n 47, pp. 966- 976.
- SILVEIRA, P.O, GUASSELLI, L.A, OLIVEIRA, G.G, NASCIMENTO, V.F. Relação entre casos de hepatite a e áreas de inundação, município de Encantado - RS. **Ciência & Saúde Coletiva**, 2019, v.1. n.1, pp 0143.
- SOUZA, C. M.N. **Carência ou precariedade dos serviços de drenagem urbana e ocorrência de doenças de importância para a saúde pública – contribuição ao estabelecimento de modelo causal**. 2001. 159 f. Dissertação (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade de Brasília. Brasília. 2001.
- TRATA BRASIL. **O que é saneamento** (2015). Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/o-que-e-saneamento>>. Acesso em 10 abr. 2019.
- TUCCI, C.E.M.; MARQUES, D.M.L.M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre. Editora ABRH, 1a edição: 2001 v. 2, p. 548.