



Andrew Wallace Palheta Varela

INTER-RELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE BELÉM-PA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Dissertação orientada pelo Professor Francisco Carlos Lira Pessoa

Belém – Pará – Brasil

2022

Andrew Wallace Palheta Varela

**INTER-RELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E DOENÇAS
DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE BELÉM-PA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará,
para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil,
na área de Concentração em Engenharia Hídrica, Linha
de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Carlos Lira Pessoa

Belém – Pará – Brasil

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V293i Varela, Andrew Wallace Palheta.
Inter-relações entre variáveis ambientais e doenças de
veiculação hídrica no município de Belém-PA / Andrew Wallace
Palheta Varela. — 2022.
83 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Francisco Carlos Lira Pessoa
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, Belém, 2022.

1. Correlação. 2. Meio Ambiente. 3. Saneamento. 4.
Saúde. I. Título.

CDD 620.8

INTER-RELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS AMBIENTAIS E DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE BELÉM

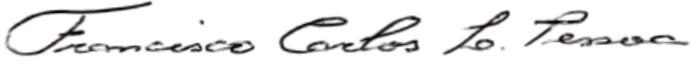
AUTOR:

ANDREW WALLACE PALHETA VARELA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA
EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL NA
ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO
AMBIENTAL.

APROVADO EM: 09 / 11 / 2022.

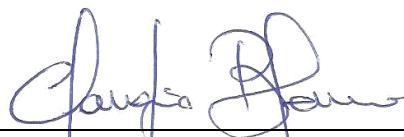
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Francisco Carlos Lira Pessoa
Orientador (UFPA)



Profa. Dra. Elisângela Maria Rodrigues Rocha
Membro Externo (UFPB)



Prof. Claudio José Cavalcante Blanco, Ph.D.
Membro Interno (UFPA)

Visto:

Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

Dedico este trabalho, primeiramente, à Deus, à minha família e a todos que me deram o apoio necessário para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por me dar saúde e força para continuar batalhando pelos meus objetivos.

A minha mãe, Maira Varela, que me educou, ensinou e incentivou, em todos os momentos, para que eu pudesse concluir esta dissertação com êxito.

Aos meus familiares que estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis.

A minha esposa, Bianca Monteiro, por todo o amor e companheirismo. E a sua família que admiro e, hoje, fazem parte da minha família.

Ao meu orientador Prof. Dr. Francisco Carlos Lira Pessoa pelo apoio e conhecimento transmitido para que esta dissertação fosse concluída.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro concedido a mim para o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos que colaboraram, de maneira direta ou indireta, para a conclusão deste objetivo.

RESUMO

A temática relacionada à saúde e meio ambiente ganha cada vez mais destaque no meio científico, visto que o homem é sensível às constantes modificações do meio que o cerca. As variações espacial e temporal dos elementos climáticos, bem como o agravamento dos problemas socioambientais, propiciam condições ambientais específicas e, consequentemente, podem favorecer a aparecimento de doenças relacionadas à veiculação hídrica, como dengue e leptospirose, especialmente em regiões com características climáticas peculiares e sérios problemas de natureza ambiental e social, a exemplo, a cidade de Belém-PA. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é correlacionar variáveis ambientais a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, no século XXI (2001 a 2019), no município de Belém, estado do Pará, bem como identificar as possíveis associações dos agravos à saúde oriundos das condições de saneamento básico da localidade. Para isso, realizou-se um levantamento da quantidade de casos mensais de dengue e leptospirose, através do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) e Secretaria Municipal de Saúde (SESMA), bem como das variáveis precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e, posteriormente, são aplicadas as metodologias: estatística descritiva, coeficiente de correlação de Spearman (ρ), Análise de Componentes Principais (PCA), Análise de Regressão Múltipla, espacialização pela interpolação IDW e a avaliação das condições de saneamento básico. Os resultados mostram um comportamento mensal similar das variáveis: precipitação, umidade relativa do ar e temperatura mínima; e dengue e leptospirose; com maior quantidade de casos no período chuvoso da região. Além disso, com exceção da temperatura mínima, houve correlação entre as variáveis ambientais e doenças estudadas neste trabalho. Observou-se, ainda, a precariedade nas condições de saneamento vivenciadas pelos moradores de alguns bairros de Belém, o que facilita a proliferação de vetores transmissores. Nesse sentido, infere-se que a sazonalidade pode indicar uma possível contribuição nos valores das doenças mencionadas, especialmente no período chuvoso, propiciando o aumento do número de casos, contudo, para o município de Belém, este fator não se limita a variável precipitação, mas a uma série de condições ambientais e climáticas referentes ao período em questão. Ademais, estima-se que este estudo sirva como referência para outras pesquisas, bem como contribua no desenvolvimento de soluções que minimizem a problemática.

Palavras-chave: Correlação. Meio Ambiente. Saneamento. Saúde.

ABSTRACT

The theme related to health and the environment is gaining more and more prominence in the scientific environment, since man is sensitive to the constant changes in the environment that surrounds him. The spatial and temporal variations of climatic elements, as well as the worsening of socio-environmental problems, provide specific environmental conditions and, consequently, can favor the emergence of diseases related to water transmission, such as leptospirosis and dengue, especially in regions with peculiar climatic characteristics and serious problems of environmental and social nature, for example, the city of Belém-PA. Thus, the objective of this work is to correlate environmental variables with the occurrence of waterborne diseases, in the 21st century (2001 to 2019), in the municipality of Belém, state of Pará, as well as to identify possible associations of health problems arising from the basic sanitation conditions of the locality. For this, a survey was carried out of the number of monthly cases of leptospirosis and dengue, through the Information System of Notifiable Diseases (SINAN) and Municipal Health Department (SESMA), as well as the variables precipitation, temperature and relative humidity, through the National Institute of Meteorology (INMET) and, subsequently, the following methodologies are applied: descriptive statistics, Spearman's correlation coefficient (ρ), Principal Component Analysis (PCA), Multiple Regression Analysis, spatialization by IDW interpolation and the assessment of basic sanitation conditions. The results show a similar monthly behavior of the variables: precipitation, relative humidity and minimum temperature; and dengue and leptospirosis; with a greater number of cases in the rainy season in the region. Furthermore, with the exception of the minimum temperature, there was a correlation between the environmental variables and the diseases studied in this work. It was also observed the precariousness of sanitation conditions experienced by residents of some neighborhoods in Belém, which facilitates the proliferation of transmitting vectors. In this sense, it is inferred that seasonality may indicate a possible contribution to the rates of the mentioned diseases, especially in the rainy season, leading to an increase in the number of cases, however, for the municipality of Belém, this factor is not limited to the variable variable, but to a series of environmental and climatic conditions relating to the period in question. Furthermore, it is estimated that this study will serve as a reference for other research, as well as contribute to the development of solutions that minimize the problem.

Keywords: Correlation. Environment. Sanitation. Health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estratificação vertical da atmosfera sob influência urbana.....	19
Figura 2: Precipitação ciclônica ou frontal (A), convectiva (B) e orográfica (C).....	22
Figura 3: Efeito bioclimático a partir de elementos e fatores ambientais.....	25
Figura 4: Canais de percepção do clima.....	27
Figura 5: Mapa de localização do município de Belém-PA.....	32
Figura 6: Mapa de localização dos distritos administrativos do município de Belém-PA e seus respectivos bairros.....	33
Figura 7: Estrutura metodológica da pesquisa.....	36
Figura 8: Distribuição das médias mensais (2001 a 2019) e normais climatológicas (1970 a 2019) das variáveis ambientais: precipitação (A), temperatura máxima (B), temperatura média (C), temperatura mínima (D) e umidade relativa do ar (E).....	46
Figura 9: Distribuição das médias mensais (2001 a 2019) dos casos de dengue (A) e leptospirose (B).....	48
Figura 10: Distribuição anual (2001 a 2019) das variáveis ambientais: precipitação (A), temperatura máxima (B), temperatura média (C), temperatura mínima (D) e umidade relativa do ar (E).....	50
Figura 11: Distribuição anual (2001 a 2019) dos casos de dengue (A) e leptospirose (B).....	53
Figura 12: Configuração biplot, da representatividade das variáveis ambientais em relação a dengue (A) e a leptospirose (B), baseada nas componentes principais 1 e 2.....	58
Figura 13: Distribuição normal P-P Plot de regressão padronizada residual das variáveis dependentes dengue e leptospirose.....	62
Figura 14: Distribuição espacial dos casos de dengue, no período de 2016 a 2019, nos bairros de Belém.....	64
Figura 15: Distribuição espacial dos casos de leptospirose, no período de 2016 a 2019, nos bairros de Belém.....	65
Figura 16: Quantitativo total de casos dengue em alguns bairros de Belém, no decorrer de 2016 a 2019.....	67
Figura 17: Quantitativo total de casos leptospirose em alguns bairros de Belém, no decorrer de 2016 a 2019.....	68
Figura 18: Problemas de infraestrutura sanitária em alguns bairros com maior número de casos de dengue e leptospirose.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categorias taxonômicas das escalas climáticas.....	18
Tabela 2: Identificação dos Distritos Administrativos e seus respectivos bairros.	34
Tabela 3: Resultado do coeficiente de correlação de Spearman (ρ) entre as doenças de veiculação hídrica e as variáveis ambientais.	55
Tabela 4: Resultado da variância total de cada variável nos componentes principais 1 e 2. ..	57
Tabela 5: Modelos matemáticos de regressão da distribuição dos casos de dengue e leptospirose.....	60

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ARM	Análise de Regressão Multivariada
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CP	Componentes Principais
DABEL	Distrito Administrativo de Belém
DABEN	Distrito Administrativo do Benguí
DAENT	Distrito Administrativo do Entroncamento
DAGUA	Distrito Administrativo do Guamá
DAICO	Distrito Administrativo de Icoaraci
DAMOS	Distrito Administrativos de Mosqueiro
DAOUT	Distrito Administrativo de Outeiro
DASAC	Distrito Administrativo da Sacramento
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MAPE	Mean Absolute Percentage Error
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Precipitação
PCA	Análise de Componentes Principais
R^2	Coeficiente de Determinação
R^2_{aj}	Coeficiente de Determinação Ajustado
RMSE	Root Mean Square Error
SCU	Sistema Clima Urbano

SESMa	Secretaria Municipal de Saúde
SINAN	Sistema de Informação de Agravos de Notificação
Tmáx	Temperatura Máxima
Tméd	Temperatura Média
Tmín	Temperatura Mínima
UBL	Urban Boundary Layer
UCL	Urban Canopy Layer
UP	Urban Plume
UR	Umidade Relativa do Ar
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	Geral.....	14
1.1.2	Específicos	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	ESCALAS CLIMÁTICAS	15
2.2	SISTEMA CLIMA URBANO	18
2.3	FATORES AMBIENTAIS.....	19
2.4	ELEMENTOS AMBIENTAIS.....	20
2.4.1	Precipitação	21
2.4.2	Temperatura do Ar.....	23
2.4.3	Umidade Relativa do Ar.....	23
2.5	SAÚDE E MEIO AMBIENTE	24
2.6	DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA	27
2.6.1	Dengue	28
2.6.2	Leptospirose	30
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1	ÁREA DE ESTUDO	32
3.2	ESTRUTURA METODOLÓGICA	36
3.3	DADOS UTILIZADOS NO ESTUDO	37
3.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	38
3.4.1	Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk	38
3.4.2	Coeficiente de Correlação de Spearman (ρ).....	39
3.4.3	Análise de Componentes Principais (PCA)	40
3.4.4	Análise de Regressão	41
3.4.5	Critérios de Desempenho dos Modelos	42
3.5	ESPACIALIZAÇÃO DOS DADOS	44
3.6	AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1	ANÁLISE TEMPORAL DAS VARIÁVEIS	45
4.2	ANÁLISE DA CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS	54
4.3	ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DAS VARIÁVEIS	57
4.4	ANÁLISE DE REGRESSÃO DAS VARIÁVEIS	59
4.5	ANÁLISE DO SANEAMENTO BÁSICO X DENGUE E LEPTOSPIROSE.....	62
5	CONCLUSÃO	71
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

1 INTRODUÇÃO

As questões acerca da saúde e meio ambiente ganham cada vez mais destaque no meio científico, visto que o homem é sensível às condições ambientais e às constantes alterações do meio que o cerca. Dessa forma, a temática é relevante para o bem-estar social, pois existe uma forte relação do homem com a natureza, em que as características e modificações no meio natural interferem na saúde e modo de vida do indivíduo (ALMEIDA; COTA; RODRIGUES, 2020).

O ambiente urbano abrange propriedades geoecológicas, de uso e ocupação, climáticas e sociais, sendo considerado um espaço orgânico em constante processo de desenvolvimento, com a manifestação de diversos fenômenos sociais e ambientais que intervém na qualidade de vida da população. Nesse cenário, o clima é um fator que tem conquistado notoriedade em estudos epidemiológicos, visto que é considerado um condicionante ambiental que influencia direta e indiretamente no aparecimento de diversas doenças humanas e, desse modo, interferem no meio social de forma geral (LIMA, 2018).

Nas áreas urbanas, as variações espacial e temporal dos elementos climáticos podem ser intensificadas em razão de uma maior concentração de partículas, disponibilidade de calor sensível e radiação na atmosfera local, com a formação de ilhas de calor, desenvolvendo um clima urbano com dinâmicas próprias que provocam anomalias na precipitação, umidade, temperatura do ar e da superfície, e circulação local e, em consequência disso, afeta o conforto ambiental (MOREIRA; VITORINO, 2017).

Paralelamente, o agravamento dos problemas socioambientais, ocasionados pela urbanização não ordenada, tais como: ausência de saneamento básico, desmatamento, impermeabilização do solo e, por consequência, assoreamento dos rios e alagamentos, etc.; tende a ocasionar diferentes níveis de exposição, vulnerabilidade e agravos à saúde nas diferentes esferas sociais em detrimento, também, das condições econômicas, de moradia, de faixa etária mais vulnerável, e outros fatores (SALES, 2019).

Em um contexto mais específico, a Região Amazônica possui uma elevada complexidade nas mudanças ambientais, salientando um desequilíbrio físico dos sistemas solo-planta-atmosfera e, portanto, denota relevância do presente estudo para a localidade. Inserido na região em destaque, o município de Belém passou por um intenso processo de urbanização desordenado, de 1960 a 1990, o que resultou na concentração de pessoas nas áreas periféricas

e alagáveis, espaços sem infraestrutura e de péssima qualidade ambiental, tornando nítido a desigualdade e exclusão social (MOREIRA et al., 2019).

Este município é caracterizado por um elevado índice pluviométrico, logo a variabilidade deste fator pode favorecer eventos climáticos extremos, como inundações e alagamentos, tornando propício o aumento e migração de vetores patogênicos. Tais aspectos climáticos, somados aos problemas oriundos da urbanização intensa, proporcionam maior magnitude na incidência de epidemias de doenças de veiculação hídrica, especialmente em ambientes com condições precárias de saneamento básico (SIQUEIRA et al., 2020).

Variáveis ambientais como, por exemplo, mudanças de temperatura, variações na umidade relativa do ar e intensa variabilidade de precipitação, podem contribuir com inúmeros problemas de saúde (CASTRO; GOMES, 2019; AZEVEDO et al., 2017). De maneira mais específica, diversos estudos mostram que essas variáveis ambientais e a ausência de um saneamento básico adequado podem favorecer a aparecimento de doenças relacionadas à veiculação hídrica, ou seja, contribui para a proliferação da leptospirose (MOREIRA et al., 2019; DUARTE; GIATTI, 2019), bem como na disseminação da dengue (ALMEIDA; SILVA, 2017; ARAÚJO; UCHÔA; ALVES, 2019), doenças nas quais são consideradas um dos maiores problemas ambientais e sanitários nos grandes centros urbanos. Além do mais, a aplicação de métodos estatísticos, tais como modelos de regressão múltipla (SILVA, 2017) e análise de componentes principais (PCA) (NOGAROTTO; LIMA; POZZA, 2020), tornam-se indispensáveis na determinação da proximidade entre os fatores ambientais e sociais.

Dessa forma, estudos que avaliam a relação entre o meio ambiente e o organismo humano são fundamentais para a compreensão da influência das condições ambientais na saúde humana. Logo, compreender as associações entre a morbidade populacional e as características ambientais locais, através de uma avaliação qualitativa e quantitativa embasada em métodos estatísticos, é imprescindível para o setor climático, meteorológico, de saneamento, de saúde e demais setores com a finalidade de promover políticas públicas prevencionistas em função das informações disponíveis.

Portanto, partindo do pressuposto da influência das condições ambientais na saúde humana, o objetivo deste trabalho é correlacionar variáveis ambientais à ocorrência de doenças de veiculação hídrica no século XXI, período de 2001 a 2019, no município de Belém, estado do Pará, bem como identificar as possíveis associações dos agravos à saúde oriundos das condições de saneamento básico da localidade.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho é correlacionar variáveis ambientais à ocorrência de doenças de veiculação hídrica no século XXI, período de 2001 a 2019, no município de Belém, estado do Pará, bem como identificar as possíveis associações dos agravos à saúde oriundos das condições de saneamento básico da localidade.

1.1.2 Específicos

- Analisar e correlacionar a distribuição do conjunto dados das variáveis ambientais: precipitação, temperatura e umidade relativa do ar; e doenças de veiculação hídrica: dengue e leptospirose;
- Desenvolver um modelo de previsão de doenças de veiculação hídrica: dengue e leptospirose; em função das variáveis ambientais: precipitação, temperatura e umidade relativa do ar;
- Relacionar a precariedade do saneamento básico com as doenças de veiculação hídrica: dengue e leptospirose.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção foram abordados os aspectos teóricos e as bases conceituais relacionadas as inter-relações entre variáveis ambientais e saúde humana. Desse modo, é imprescindível explicitar os conceitos de escalas climáticas para identificar como os fenômenos climáticos são desencadeados até atingir a escala local, especialmente em áreas urbanas, e comprometem na ocorrência de doenças de veiculação hídrica. Além disso, é fundamental evidenciar a concepção da condição do saneamento básico e sua possível atuação no agravo das doenças mencionadas.

2.1 ESCALAS CLIMÁTICAS

Conforme Ayoade (1988), a atmosfera, cuja camada de ar inclui uma mistura de gases e envolve a terra acompanhando-a em seus movimentos, é caracterizada por diversos fenômenos de extensão e duração específicos que se fundem no espaço e no tempo desempenhando trocas energéticas recíprocas e interdependentes, sendo particularizada, portanto, em três níveis de classificação:

I – Macroclimático: neste nível, a terra e suas propriedades de curvatura e movimentos de rotação e translação são interagidas com a radiação solar. Logo, estão relacionados com os movimentos atmosféricos gerados em larga escala, ou seja, com os aspectos climáticos de amplas áreas de terra;

II – Mesoclimático: neste nível, destaca-se as feições do meio terrestre e o regime de interação com o processo de evaporação e campos de pressão. Por consequência, avalia as áreas relativamente pequenas, em torno de 10 a 100 quilômetros de largura, compreendendo conhecimentos do clima urbano e sistemas climáticos locais severos, como temporais e tornados;

III – Microclimático: neste nível, avalia-se os sistemas ambientais particulares e a interação destes na modificação dos fluxos de energia, massa, umidade e momentum. Compreende-se o estudo do clima em área muito pequenas (até 100 metros de extensão) ou próximas à superfície.

De acordo com Ribeiro (1993), existem, ainda, ordens de grandeza têmporo-espacial que facilitam em uma melhor compreensão dos níveis e critérios climáticos com a divisão em cinco tipos de escalas: clima zonal, clima regional, mesoclima ou clima local, topoclima e microclima.

O clima zonal ocorre pela distribuição latitudinal da radiação solar, englobando tanto a inclinação do eixo do planeta ao Plano da Eclíptica, quanto a curvatura da superfície, determinando as zonas: tropical, tórrida, temperada, frígida e polar. É neste clima que se estabelece a circulação geral da atmosfera ou circulação primária em que os fenômenos do clima indicam extensão horizontal de 1000 a 5000 quilômetros, e vertical que inclui toda a atmosfera, onde o estado climático pode permanecer por um período de uma semana a seis meses com alternância entre os verões e invernos polares. Ademais, é definido por normais climatológicas de no mínimo 30 anos de observações (RIBEIRO, 1993).

O clima regional, ainda segundo Ribeiro (1993), é determinado por um conjunto de fatores que favorecem a ação modificadora da circulação geral da atmosfera, tais como: correntes marítimas, a altitude, a forma dos continentes e os resultados continentalidade/maritimidade. Em decorrência disso, perturbações sinóticas são geradas e propiciam a formação de frentes e massas de ar considerados centros de ação intermediários entre a circulação primária e secundária. A extensão horizontal, neste clima, se mantém entre 150 e 2500 quilômetros e a vertical é delimitada por fenômenos que sucedem abaixo da tropopausa, sendo que os estados do tempo, resultantes das frentes e centros de ação, perduram, em média, de 1 a 30 dias. Além disso, estudos pormenorizados são fundamentais para identificar a influência dos fatores geográficos naturais na geração do clima regional, bem como do impacto deste último sobre as paisagens naturais.

O mesoclima ou clima local é particularizado pelas significativas variações no interior do clima regional, especialmente por feições fisiográficas ou antrópicas que viabilizam a modificação da circulação regional e possibilitam o desenvolvimento de subsistemas de circulação secundária. As feições de localidade indicadas como cobertura vegetal, tipo de solo e configuração do terreno caracterizam o clima local na extensão de centenas de quilômetros quadrados. Das características fisiográficas, destaca-se o relevo que interfere no fluxo de circulação de superfície, propiciando condições para a condensação a barlavento e ressecamento a sotavento. Além disso, as variadas altimetrias influenciam na distribuição da radiação líquida, armazenamento de calor sensível e retenção de vapor d'água, provocando, em ação conjunta, variações no clima regional. Já para a ação antrópica, destaca-se a capacidade de alteração, pela sociedade, da cobertura do solo, ou seja, em que a vegetação natural é substituída pela agricultura e edificações, além das significativas alterações na composição atmosférica, com a intensificação de gases e materiais particulados que afetam, diretamente, no balanço de radiação e, consequentemente, retenção de calor sensível e umidade na atmosfera.

Ademais, a extensão horizontal, nesta escala, é variável, visto que os fatores fisiográfico e antrópicos não possuem um tamanho pré-determinado (OLIVER; FAIRBRIDGE, 1987; RIBEIRO, 1993).

O topoclima representa uma energização individualizada do terreno resultado de uma derivação do clima local ocasionada pela rugosidade do terreno, que ocorre para as diferentes faces de exposição à radiação solar no período diurno. Essa rugosidade, no decorrer da noite, possibilita a drenagem do ar frio no sentido aos fundos de vale, suscitando um padrão de circulação terciária, em virtude da insuficiência de fluxos advectivos oriundos da circulação de mesoescala. Logo, a situação mais favorável para a manifestação de um topoclima é assinalada por uma condição sinótica com céu claro e carência de ventos, particularizando um tempo anticiclônico. Ademais, nessa escala, a extensão horizontal oscila entre 0,5 e 5 quilômetros limitando-se à forma ou ao tamanho da vertente que dá origem ao relevo e no arranjo vertical alterna entre 50 a 100 metros de altura na atmosfera (RIBEIRO, 1993).

O microclima, segundo Pédelaborde (1959), é decorrente de circunstâncias intrínsecas da circulação próximo ao solo, que podem ocorrer no interior de uma formação vegetal ou de um conglomerado urbano. Para Ribeiro (1993), a magnitude das trocas energéticas e gasosas, que acontecem entre as estruturas peculiares presentes na superfície do planeta e o ar atmosférico que as envolve, configura o microclima de determinado lugar, sendo este considerado o nível escalar com maior adjacência dos seres humanos. A magnitude dessas trocas é capaz de modificar a atuação do ar circundante, em razão da associação de elementos que estão dispostos adjunto ao solo, como a vegetação e edificações, com as características naturais de textura, cor e microrugosidade da superfície. Ademais, não há um limite rígido específico para o microclima, visto que a dimensão está sujeita as propriedades da superfície que lhe dão origem.

As definições das escalas climáticas, conforme estudo realizado por Monteiro e Mendonça (2003), podem ser observadas na tabela 1.

Tabela 1: Categorias taxonômicas das escalas climáticas.

UNIDADES DE SUPERFÍCIE	ESCALAS CARTOGRÁFICAS DE TRATAMENTO	ESPAÇOS CLIMÁTICOS	ESPAÇOS URBANOS	ESTRATÉGIAS DE ABORDAGEM		
				Meios de observação	Fatores de Organização	Técnicas de análise
Milhões de Km	1:45.000.000 1:10.000.000	Zonal	-	Satélites Nefanálises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
Milhões de Km	1:5.000.000 1:2.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes Transectos
Centenas de Km	1:1.000.000 1:5.000.000	Sub-Regional	Megalópole Grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos	Mapeamento sistemático
Dezenas de Km	1:250.000 1:100.000	Local	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológico Rede complementar	Integração geológica Ação antrópica	Análise espacial
Centenas de Km	1:50.000 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (Episódios)	Urbanismo	
Dezenas de Metros	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade bairro ou subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	Especiais
Metros	1:2.000	Grande edificação Habitação Setor de habitação	Microclima	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

Fonte: Monteiro e Mendonça (2003).

2.2 SISTEMA CLIMA URBANO

Segundo Sousa (2021), é através do sítio urbano que o ambiente urbanizado condiciona estreitas relações com o meio regional, logo o Sistema Clima Urbano (SCU) é considerado o produto das interações entre as particularidades da atmosfera local e as intervenções humanas urbanas delimitadas no contexto regional.

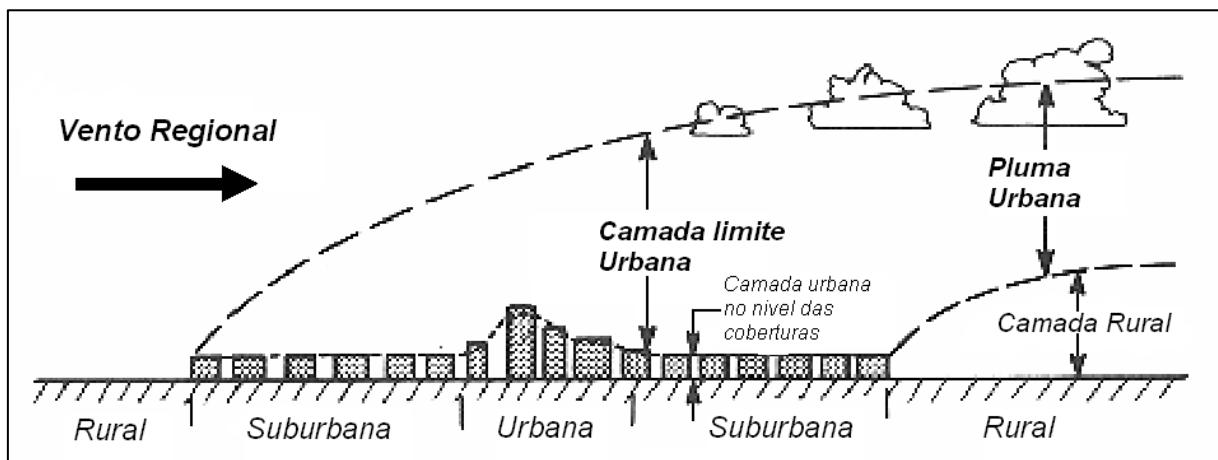
Dessa forma, como sendo a área de estudo desta pesquisa, é imprescindível destacar o município de Belém-PA como uma metrópole de extensa área urbana, salientando uma climatologia própria proveniente da interação de fatores humanos urbanos, com a substituição por um ambiente construído, de fatores ambientais, o que inclui processos dinâmicos e complexos abarcando, inclusive, uma variedade de fatores geológicos, como a vegetação, hidrografia, relevo, uso e ocupação do solo, continentalidade, entre outros.

Os materiais das superfícies, existentes em uma área urbanizada, são elementos determinantes para o clima urbano das cidades, visto que os mesmos apresentam maior capacidade térmica e são melhores condutores quando comparados aos materiais das zonas rurais, bem como possuem maior fricção entre os ventos e a superfície de contato por denotar

maior rugosidade. E, ainda, ocorre a intensificação da radiação incidente promovida pela ação refletora e irradiadora das superfícies de edificações (FERREIRA; DUARTE, 2019).

Nesse sentido, destacam-se as concepções acerca das camadas limites da atmosfera singularizadas pela influência urbana, nas quais podem ser visualizadas na figura 1. De acordo com Cardoso (2021), a Urban Canopy Layer (UCL) ou camada urbana no nível das coberturas corresponde a uma camada atmosférica que se expande do solo até a superfície localizada entre uma fileira de edifícios estabelecendo, assim, uma combinação de microclimas. A Urban Boundary Layer (UBL) ou camada limite urbana se concentra acima da UCL, cuja natureza é dada pela influência térmica da superfície urbana, incluindo a elevação convectiva das bolhas de ar, bem como do deslocamento do ar por meio de uma superfície rugosa. A Urban “Plume” (UP) representa o prolongamento da UBL a sotavento da cidade na parte superior da área rural.

Figura 1: Estratificação vertical da atmosfera sob influência urbana.



Fonte: Gomes (2010).

2.3 FATORES AMBIENTAIS

A caracterização do clima, seja de uma rua, bairro, cidade, etc., está condicionada a fatores ambientais, os quais exercem certa influência sobre os elementos ambientais, atribuindo-lhes propriedades específicas, e atuam, permanentemente, na escala regional e local (LIMA, 2018).

Segundo Cruz (2021), a vegetação tem papel fundamental na climatologia, uma vez que se torna obstáculo para a incidência direta da radiação solar na superfície, controla a temperatura, bem como permite a umidificação do ar por meio do vapor d'água que é liberado através do processo de fotossíntese, propiciando a estabilização dos efeitos do clima no entorno

o que atenua os extremos ambientais e, dessa forma, contribui, significativamente, para a formação do microclima.

Concomitantemente, a topografia apresenta elevada importância no estabelecimento de microclimas. Nesse caso, as propriedades específicas de cada região, como a orientação e a declividade, influenciam na força dos ventos com possibilidade de desvios dos fluxos de ar ou canalizações pelas formas ondulares da superfície terrestre. Além do mais, interferem na absorção da radiação incidente e na condução de umidade (OLIVEIRA; REBOITA; ROCHA, 2018).

As características de uso e ocupação do solo provocam uma alteração no clima regional, especialmente induzidas pela urbanização, na medida que as densidades construtivas de uma cidade interferem no seu microclima. A densidade construída atua na recepção e dissipação da energia que incide nas áreas urbanas, evidenciando, portanto, uma forte relação causal com o aquecimento urbano (SOUZA et al., 2020).

É relevante destacar que as trocas energéticas realizadas no Sistema Clima Urbano (SCU), juntamente com outros fenômenos associados à dinâmica atmosférica, estimulam uma série de eventos físico-químicos que contribuem para o aumento da temperatura sobre as áreas urbanas, mais especificamente a conceituação do termo “ilhas de calor”. As agressões ao meio natural, independentemente de seu tamanho, sejam para o desenvolvimento de um estreito aglomerado urbano ou pelo agrupamento de pedras, concretos ou edifícios, atenua a velocidade dos ventos e diminui a perda de calor, produzindo, desse modo, uma pequena ilha de calor com incremento progressivo de temperatura sobre a superfície (ROMERO et al., 2019).

2.4 ELEMENTOS AMBIENTAIS

Além dos fatores ambientais, conforme Saraiva, Vale e Zanella (2017), o estudo do clima é definido, inclusive, pelos elementos ambientais que constituem a camada atmosférica, mais especificamente os constituintes climáticos, sendo representados pela precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, ventos, radiação, entre outros. Para uma abordagem mais específica, serão explicitadas somente as variáveis utilizadas nas estatísticas da presente pesquisa, dentre as quais destacam-se: precipitação, temperatura do ar e umidade relativa do ar.

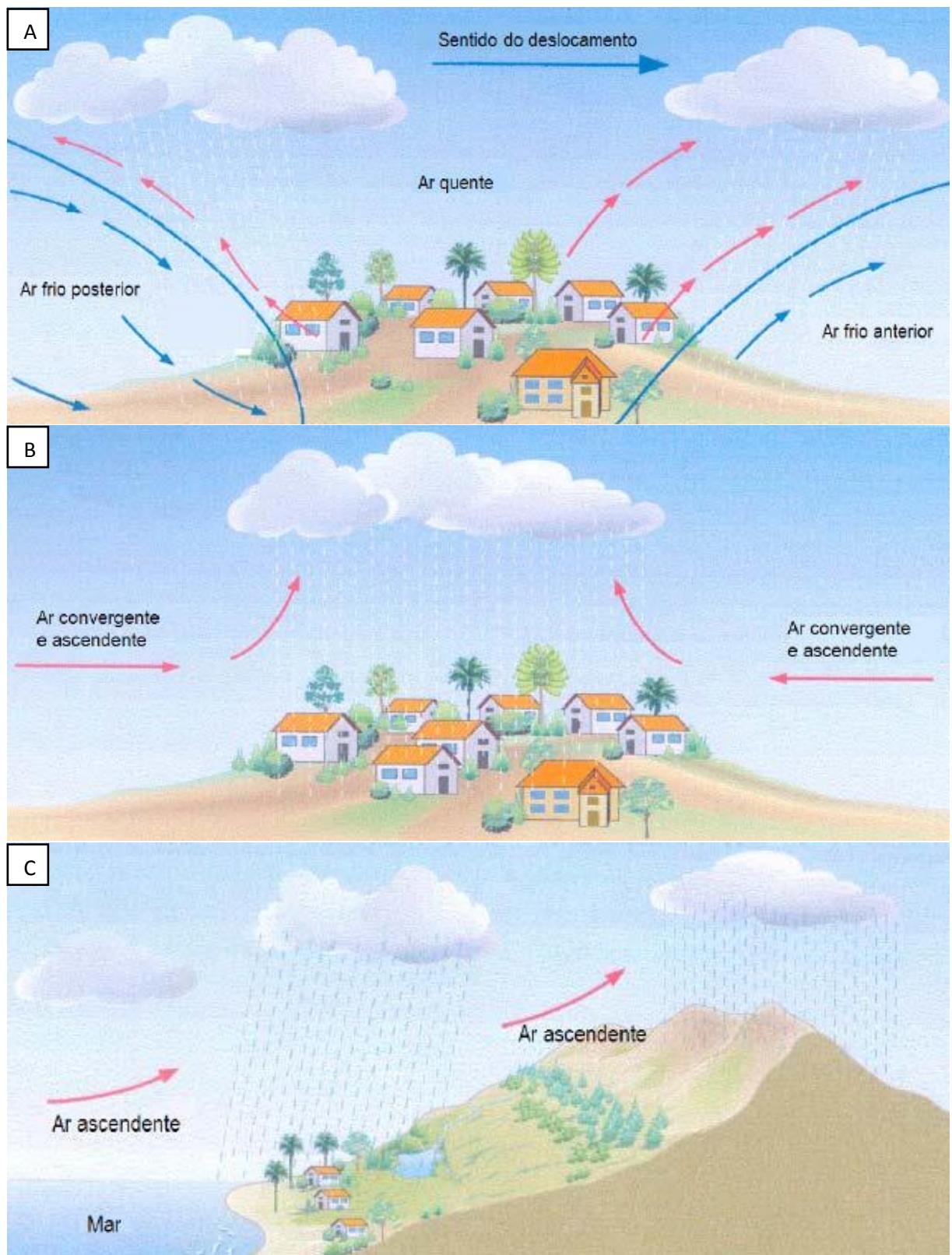
2.4.1 Precipitação

A precipitação pluviométrica é um elemento ambiental e climatológico de elevada importância para os seres vivos do planeta, pois é responsável pela manutenção do ciclo hidrológico e das bacias hidrográficas, transporte de nutrientes ao solo, evolução de qualquer cultura não irrigada e, consequentemente, pela alimentação das populações. Além disso, tem a importante função de termorregulação do clima e sua disponibilidade anual é fundamental para identificar as necessidades hídricas de determinada região (GIMENEZ, 2017).

A precipitação pluviométrica é a quantidade de água que foi evaporada para a atmosfera e, posteriormente, atinge, sob a ação da atração gravitacional, a superfície terrestre no estado sólido ou líquido, mediante ao processo de condensação da água, como forma de chuva, neve, granito, entre outros, por uma determinada escala temporal. A medição é feita por uma unidade de área ao longo de uma superfície horizontal e expressa em milímetros ($1\text{ mm} = 1\text{ l/m}^2$). Ademais, denota-se a influência da variabilidade espacial e temporal da precipitação na manutenção e conhecimento da climatologia local (SHAHIDIAN et al., 2017).

As causas primárias para a formação das chuvas estabelecem uma divisão em três tipos de precipitação, conforme os movimentos verticais do ar, ou seja, da ascensão da massa de ar quente e úmida em direção a um nível atmosférico de menores temperaturas, classificando-as em: ciclônica, convectiva e orográfica. As precipitações ciclônicas (Figura 2A) são decorrentes da movimentação das massas de ar, ocasionada pelo aquecimento desigual da superfície, sendo direcionada das regiões de alta pressão para as de baixa pressão. As mais comuns são denominadas de frontais, cuja peculiaridade se define pelo choque das massas de ar quente e frio o que resulta em uma frente quente ou fria, dependendo da massa de ar que avança, proporcionando chuvas de longa duração e intensidade que pode variar de baixa a moderada. A precipitação convectiva (Figura 2B) corresponde a uma massa de ar instável de uma área aquecida que se eleva, rapidamente, às camadas mais altas da atmosfera por apresentar menor densidade que o ar frio. Este tipo de chuva é característico de regiões tropicais, bem como no período quente de regiões temperadas, indicando uma precipitação de pouca duração, maior intensidade e, normalmente, acompanhada de trovoadas. A precipitação orográfica (Figura 2C) é proveniente do desvio de massas de ar quente e úmida causada por uma obstrução vertical natural, como altas cadeias montanhosas, induzindo a ascensão e posterior condensação e precipitação, particularizada por chuvas de longa duração e baixa intensidade (SHAHIDIAN et al., 2017).

Figura 2: Precipitação ciclônica ou frontal (A), convectiva (B) e orográfica (C).



Fonte: May (2004).

2.4.2 Temperatura do Ar

A temperatura do ar é a quantidade de calor sensível armazenada na atmosfera que indica a capacidade de transferência ou recebimento de calor de um corpo para outro, usualmente medida, por termômetros, em graus Celsius, Kelvin ou Fahrenheit. Por ser um parâmetro com variabilidade temporal e espacial, tem uma distribuição regulada por fatores capazes de controlar a temperatura, tendo como exemplo o aquecimento desigual de uma superfície terrestre e aquática, radiação, vento, relevo, correntes oceânicas, entre outros (SILVA, 2018).

Dessa forma, tais fatores podem influenciar na temperatura da superfície terrestre ou parte dela. A incidência dos raios solares de forma heterogênea sobre a área superficial da terra, por exemplo, juntamente com os diferenciados coeficientes de absorção da radiação solar, provoca uma distribuição dissemelhante de energia e, por consequência, possibilita a manifestação de massas de ar e de água, altas e baixas pressões, além de trocas energéticas entre a superfície terrestre e o mar. Nesse sentido, baseado na incidência e inclinação da radiação solar, ocorre uma distribuição de temperatura diferenciada nos hemisférios, onde nas proximidades da latitude zero (linha do Equador) são verificados valores máximos de temperatura, dos quais decrescem, progressivamente, em razão inversa à latitude, isto é, em direção aos polos (CHRISTOPHERSON; BIRKELAND, 2017).

Além disso, a temperatura desempenha uma primordial função no processo de evapotranspiração das plantas, uma vez que o ar aquecido proporciona energia às mesmas, influenciando na sua atividade fotossintética e transpiratória, intervindo, desse modo, no crescimento e desenvolvimento das culturas. Ademais, a temperatura é um aspecto imprescindível para os seres vivos, mais especificamente pela caracterização das condições ambientais e determinação do grau de conforto (FILHO; TEIXEIRA, 2021).

2.4.3 Umidade Relativa do Ar

A circulação de água corresponde a transição da mesma entre o sistema Superfície – Atmosfera através do ciclo hidrológico. Nesse contexto, a umidade relativa do ar é uma variável utilizada para quantificar o vapor d'água presente na atmosfera, expressa em percentual (%), excluindo-se as formas de água líquida (gotículas de água) e sólida (gelo), resultante dos processos de evaporação e transpiração dos mares, rios, lagos, solos e outros que ocorrem na superfície terrestre. Esta variável é uma importante precursora na etapa de condensação,

especialmente associada a mudanças na temperatura, volume do ar e pressão, sucedendo-se na forma de orvalho, geada ou nevoeiro, pela retenção de umidade com a queda da temperatura ou através do contato do ar quente e úmido com uma superfície fria até se condensar na forma de vapor d'água (AYOADE, 2011).

Uma maior concentração de vapor d'água é observada mais próximo da superfície do solo, com tendência de redução à medida em que há um distanciamento entre os mesmos. E o fato de desempenhar funções essenciais nos mais diversos processos naturais, incluindo interações físicas e fisiológicas com os elementos ambientais, a exemplo de animais e vegetais, tornam o vapor d'água um componente equalizador capaz de amenizar trocas energéticas e viabilizar sua movimentação, concomitantemente, ao deslocamento do ar por estar, a este, dissociado. O vapor d'água, portanto, é vinculado a inúmeros processos que sucedem no meio natural, intervindo na temperatura, regime de chuvas, regulação da transpiração vegetal, manutenção da fotossíntese, controle de pragas vegetais e animais, conservação de produtos agrícolas, bem como na sensação térmica e, consequentemente, na saúde humana. Logo, a umidade relativa do ar é particularizada como uma variável primordial em estudos bioclimatológicos, principalmente por influenciar, de forma significativa, no conforto ambiental, especialmente pelo nível de sensibilidade e adaptabilidade dos indivíduos (OLIVEIRA; RUPP; GHISI, 2020).

2.5 SAÚDE E MEIO AMBIENTE

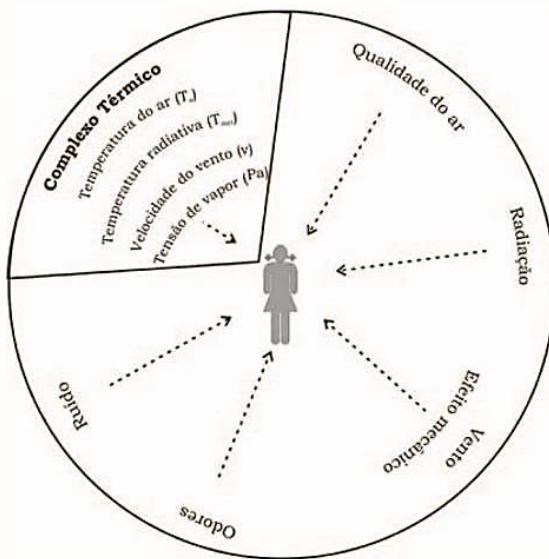
As preocupações da influência da problemática ambiental na saúde pública acontece desde os primórdios, e tem ganhado destaque nos tempos atuais, especialmente pela observação de um impacto significativo na vida humana com o agravamento da degradação ambiental. Essa relação abrange todos os constituintes que acometem, potencialmente, a saúde de uma determinada população, estabelecendo um novo campo do conhecimento denominado de “Saúde Ambiental” (BEZERRA, 2017).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a Saúde Ambiental é caracterizada pela interação entre o meio ambiente físico, natural e modificado pelo homem, e o social, que apresenta consequências na saúde humana (WHO, 1996), podendo ser associada, de maneira mais direta, à poluição, em razão dos fatores físicos, químicos e biológicos, atribuindo caráter ecológico ao regime saúde-doença.

O clima, aspecto do ambiente físico resultante da variabilidade de eventos meteorológicos intrínsecos de uma região definida na superfície terrestre, representa um fator primordial em estudos epidemiológicos, posto em evidência a relação de causalidade sobre agentes transmissores, infecciosos e reservatórios (LIMA, 2020). Portanto, mudanças na temperatura, no índice pluviométrico e na umidade relativa do ar condicionam transmissões de doenças, provocando alterações na biocenose.

No que se refere ao Sistema Clima Urbano (SCU), conforme a abordagem de Fernandes e Silva (2021), este espaço denota uma relação direta, e até mais intensa, entre o ambiente e o bem-estar social, em que os elementos e fatores ambientais, como pode ser exemplificado na figura 3, exercem efeito bioclimático e determinam o desencadeamento dos agravos às doenças, sendo mais propícios às características peculiares de escala temporal, como a sazonalidade, e espacial.

Figura 3: Efeito bioclimático a partir de elementos e fatores ambientais.



Fonte: Andrade (2005).

É perceptível, ainda, a relação entre saúde e saneamento, uma vez que, conforme a Lei federal nº 11.445 de 2007, saneamento é configurado como um conjunto de medidas com a finalidade de preservar ou alterar as condições do meio ambiente, de modo a promover a saúde e evitar enfermidades, denotando, como resultado, a possibilidade de uma boa qualidade de vida e produtividade ao ser humano. Portanto, a ausência dessas medidas constitui graves problemas no bem-estar social.

O processo de urbanização de forma inadequada perpetua falhas no sistema de infraestrutura nos centros urbanos, especialmente nos países mais pobres devido à escassez ou flexibilidade da legislação de controle ambiental, diferentemente dos países desenvolvidos, onde a legislação ambiental é, criteriosamente, mais rigorosa (FREITAS; REGINO, 2020).

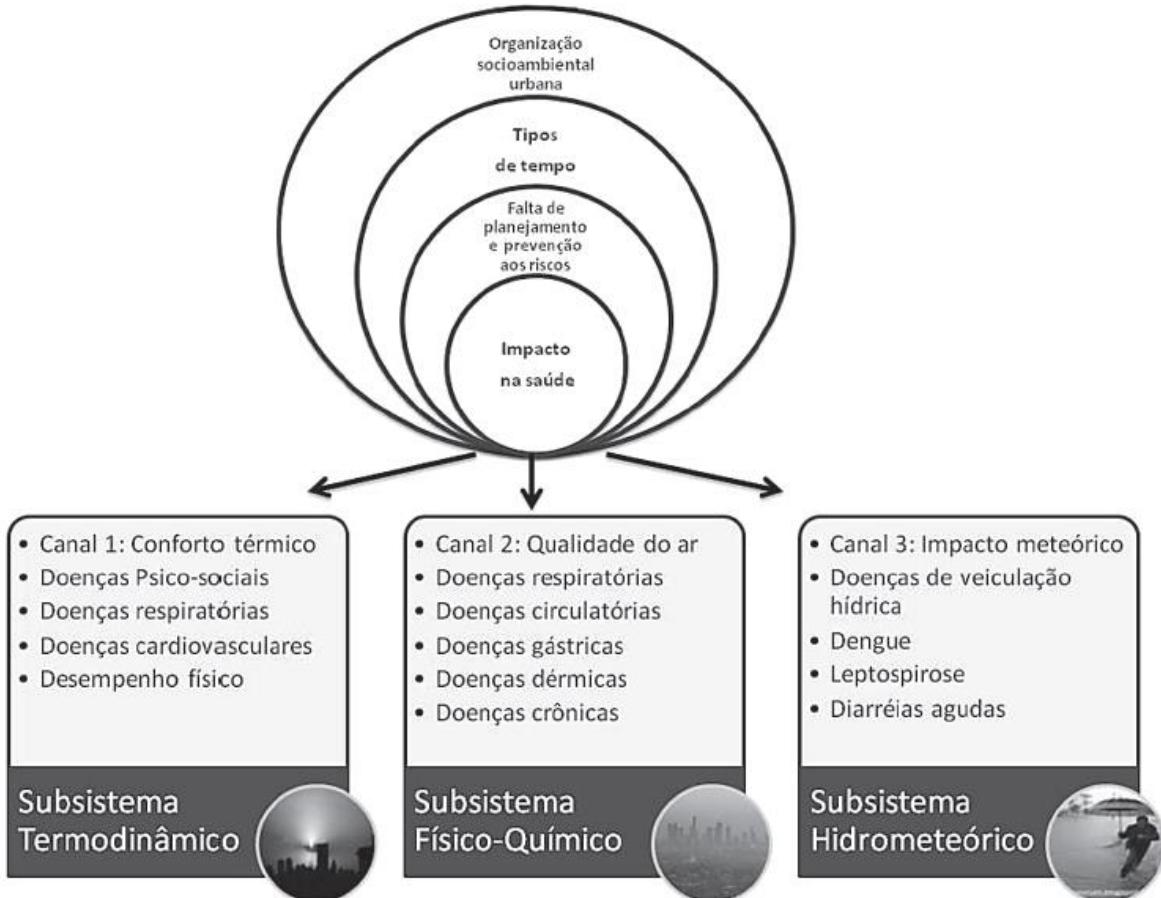
Os serviços essenciais à população, tais como: água e esgoto, disposição e coleta de resíduos sólidos e drenagem urbana garantem maior controle ambiental e, por consequência, asseguram qualidade de vida à coletividade. Conquanto, as grandes cidades, notadamente nas áreas de periferia, evidenciam serviços básicos insuficientes que ocasionam problemas sanitários vinculados à contaminantes ambientais nos quais favorecem a proliferação de vetores transmissores de doenças (LOPES et al., 2021).

A destinação imprópria dos resíduos sólidos é fator agravante da deterioração ambiental, no qual provocam o assoreamento e poluição dos rios e, ainda, favorece o mau-odor, afetando, principalmente, os locais onde não há coleta regular do resíduo pelo serviço de saneamento público. Além disso, tornam-se obstáculos nos pontos de drenagem urbana, especialmente se associado a precariedade do serviço, ocasionando, em épocas de chuvas intensas, alagamentos nas áreas mais baixas da cidade e, portanto, cria condições favoráveis à propagação de doenças (SOUZA et al., 2019).

Dessa forma, os aspectos sociais e econômicos são imprescindíveis na qualidade e quantidade de exposição ambiental, em que as disparidades intrarregionais e intraurbanas ficam cada vez mais evidentes, principalmente em razão da perceptível diferença de poluição entre um ambiente de área nobre e baixadas ou periferias. Portanto, as condições ambientais e de moradia insalubres acarretam impacto significativo na saúde humana e qualidade de vida da população (ALMEIDA; COTA; RODRIGUES, 2020), notabilizando, nesse sentido, a complexidade da relação do meio com o bem-estar social.

Essa relação, exemplificada por Sales (2019), pode ser observada na figura 4, cujo o autor categorizou os canais de percepção do clima, através da percepção humana, incluindo, ainda, subsistemas associados ao Sistema Clima Urbano.

Figura 4: Canais de percepção do clima.



Fonte: Sales (2019).

2.6 DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA

O meio ambiente, ao longo dos últimos anos, sofre constantes modificações das quais são intensificadas pelas ações humanas e, em decorrência disso, ocorre a poluição dos rios, lagos, nascentes e outros tipos de corpos d'água, devido ao lançamento inadequado de resíduos sólidos, esgotos, agrotóxicos, dejetos industriais, entre outros, nestes ambientes (BRASIL, 2018).

Uma vez que a água e saúde são elementos de estreita relação, a má qualidade da água torna-se, então, um potencial veículo transmissor de agentes patogênicos como, por exemplo, vírus, bactérias, protozoários, helmintos, entre outros, possibilitando o aparecimento de doenças, tendo efeito direto na saúde e qualidade de vida da população (BEZERRA et al., 2020).

As condições de saneamento básico de um determinado local, mais especificamente pela escassez dos serviços básicos, tendo como exemplo a carência ou ineficiência do tratamento de

água e esgoto contaminado, deteriora a qualidade dos corpos hídricos e, dessa forma, facilita a disseminação das doenças de veiculação hídrica (VILA NOVA; TENÓRIO, 2019), dentre as quais destacam-se a dengue e leptospirose.

2.6.1 Dengue

Considerada uma arbovirose originada pelo vírus do gênero *Flavivirus* e transmitida aos seres humanos por meio da picada do mosquito *Aedes Aegypti*, o mesmo transmissor da febre amarela e malária, a dengue atingiu escala epidêmica, principalmente em países tropicais, por suas condições ambientais e sociais. As crises epidêmicas de dengue e desenvolvimento de febre hemorrágica, são as principais preocupações dos órgãos responsáveis por seu combate, tanto em escala global, quanto em escala regional, uma vez que provoca, anualmente, cerca de 20 mil óbitos e 500 mil internações (ALMEIDA; SILVA, 2017; FERREIRA; CHIARAVALLOTTI NETO; MONDINI, 2018).

Hodiernamente, já foram identificados quatro sorotipos diferentes da dengue, cuja responsabilidade pela inoculação da doença é da fêmea do mosquito *Aedes Aegypti*, classificando os tipos virais, como: DEN – 1, 2, 3 e 4, estando estes presentes no Brasil (FURTADO et al., 2019), evidenciando grandes desafios, ao país, no controle da arbovirose em questão.

A manifestação clínica da dengue pode ser assintomática ou sintomática, com a possibilidade de progredir, em um amplo espectro clínico, para quadros oligossintomáticos, graves e, até mesmo, ao óbito. Dessa forma, a doença pode ser classificada em: casos clássicos, denominado de dengue clássica, e casos graves, categorizados como febre hemorrágica da dengue e síndrome de choque da dengue (GONÇALVES et al., 2019).

É considerada uma doença, primordialmente, do meio urbano, mas percebe-se surtos também em zonas rurais, o que demonstra grande adaptação de seu vetor, o *Aedes Aegypti*. Nesse sentido, a dengue não pode ser interpretada como um problema exclusivo de saúde pública, mas sim a partir de um conceito holístico, integrado, principalmente, com a rede municipal de combate, através das secretarias de saúde, dado que em muitas delas evidencia-se uma fragilidade na integração entre a vigilância epidemiológica e a vigilância entomológica (MARQUES, 2018).

Por estar, intimamente, relacionada a fatores socioambientais, a difusão da dengue é influenciada pelas condições climáticas locais, especialmente em regiões tropicais e

subtropicais. As variações na umidade relativa do ar, na precipitação, bem como o aumento da temperatura contribuem para a proliferação e sobrevivência do vetor. A elevada umidade do ar beneficia os mosquitos jovens e, além disso, as epidemias ocorrem geralmente no verão, seja durante ou após eventos chuvosos (GOUVÊA Jr., 2017).

Além da natureza climática, as condições socioeconômicas precárias possibilitam um aumento na incidência da dengue. Logo, a proliferação do transmissor da doença está relacionada com o avanço descontrolado da urbanização, alta densidade demográfica em centros urbanos, irregular abastecimento de água, ausência de higiene urbana e, consequentemente, a precariedade dos serviços públicos. A coleta de resíduos sólidos com maior frequência, por exemplo, diminui a quantidade de materiais capazes de acumular a água da chuva e criar um ambiente propício ao desenvolvimento do *Aedes Aegypti*, interferindo na reprodução e, como resultado, prejudica a disseminação do mosquito (ALMEIDA; SILVA, 2017; SOBRAL; SOBRAL, 2019).

Nessa perspectiva, a compreensão da dengue e suas especificidades, advém de uma análise, primeiramente, social, cultural, política, econômica e ambiental, para, posteriormente, compreender quais medidas, tecnologias e diretrizes alcançarão efetividades em seu combate. Dessa forma, de acordo com Almeida, Cota e Rodrigues (2020), a valorização do saneamento básico, somado ao planejamento urbano, são ferramentas primordiais no desenvolvimento de medidas capazes de atenuar os casos de dengue no Brasil e no mundo, consequentemente, inferindo no aumento da qualidade de vida da população.

O estudo de Araújo, Uchôa e Alves (2019) buscou analisar, no município de Fortaleza – CE, a correlação (r) entre as varáveis ambientais: precipitação, temperatura e umidade relativa do ar; e a propagação do *Aedes Aegypti*, constatando a contribuição dessas variáveis para a proliferação do mosquito e, consequentemente, a disseminação da dengue, evidenciando uma realidade local preocupante, especialmente em épocas de clima quente. Almeida (2021), também, identificou a correlação entre as respectivas variáveis na cidade de Recife – PE, com maior ocorrência no período de maiores temperaturas e consideráveis índices pluviométricos.

Andrade et al. (2021) empregaram os métodos de modelagem e análise multivariada com o intuito de analisar as associações entre as condições socioambientais e doenças e agravos de notificação compulsória, incluindo no estudo a arbovirose dengue e a zoonose leptospirose, no município do Espírito Santo. Como resultado, foi detectado a interferência da precipitação, temperatura e umidade relativa do ar na difusão dessas doenças e, em seguida, elaborado um

modelo preditivo. Os autores corroboraram, além disso, a importância das condições socioeconômicas na dissipação das doenças em questão, uma vez que a população mais pobre e de pouca infraestrutura sanitária é a mais atingida.

2.6.2 Leptospirose

A leptospirose é uma zoonose presente, principalmente, nos roedores sinantrópicos comensais, os quais são transmissores da bactéria *Leptospira interrogans*, alojada nos rins do *Rattus novergicus* (rato de esgoto), e considerados um reservatório substancial de contaminação ao homem que ocorre através da urina infectada (FITTE, 2019).

A leptospirose é uma enfermidade infecciosa febril, aguda e grave, em que a entrada da bactéria *Leptospira interrogans* no organismo se processa pela pele ou mucosa em contato direto com o sangue, urina, tecidos ou órgãos de seres infectados, apresentando variações nas formas anictérica, classificada como benigna, e ictérica, avaliada de modo mais grave e possibilidade de óbito, nas quais inferem complicações, tais como: hemorragia, disfunção renal, alterações pulmonar e cardíaca, entre outras. É, portanto, uma doença de alto custo hospitalar e grande letalidade, com incidência proeminente em determinadas áreas, tornando-se imprescindível ao viés econômico, ambiental e social. (FITTE, 2019; DUTRA et al., 2018).

A disseminação patológica ocorre por diversos fatores ambientais, visto que o homem é infectado por meio do contato com água, solo, urina ou alimentos contaminados. À título de exemplo, as inundações e alagamentos são fatores de grande risco para o surto da doença. Dessa forma, o clima, sobretudo de regiões tropicais e subtropicais, também se destaca como um fator ambiental endêmico, associando-se, em especial, à época chuvosa, visto que os elevados índices pluviométricos ocasionam alagamentos nos centros urbanos, principalmente em locais de baixas cotas altimétricas e serviços de drenagem pluvial ineficientes (MOREIRA et al., 2019).

Logo, a ausência de saneamento básico é um fator intrínseco que, também, favorece a proliferação dos hospedeiros, mais especificamente dos roedores sinantrópicos comensais, atingindo principalmente as populações marginalizadas de baixa renda, que tem condições de moradia insalubres, localizadas nas áreas mais baixa da cidade, com coleta de lixo insatisfatória e sistemas irregulares de esgotos e drenagem, mais propícios a enchentes e alagamentos. (SANTIAGO et al., 2021).

Nessas circunstâncias, a erradicação e prevenção pertinente à leptospirose dependem de medidas que melhorem ou ofereçam saneamento básico para regiões de contaminação, higiene

urbana, conscientização e educação ambiental da população, controle dos agentes infecciosos (como os roedores), além do descarte e coleta regular do resíduo sólido (GUEDES et al., 2020).

O estudo realizado por Gutiérrez (2019) teve como finalidade avaliar as associações entre as variáveis ambientais (precipitação e temperatura) e a leptospirose, durante os anos de 2007 a 2015, na Colômbia. Para atingir tais objetivos, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson, bem como foram ajustados modelos de regressão linear múltipla generalizada para que explicasse o número de casos de leptospirose, em função das variáveis mencionadas. O modelo preditivo, encontrado pelo autor, não apresentou resultado significativo a nível nacional, em virtude da variação climática e ambiental nas diferentes regiões do país, recomendando estudos a nível municipal como abordagem mais adequada.

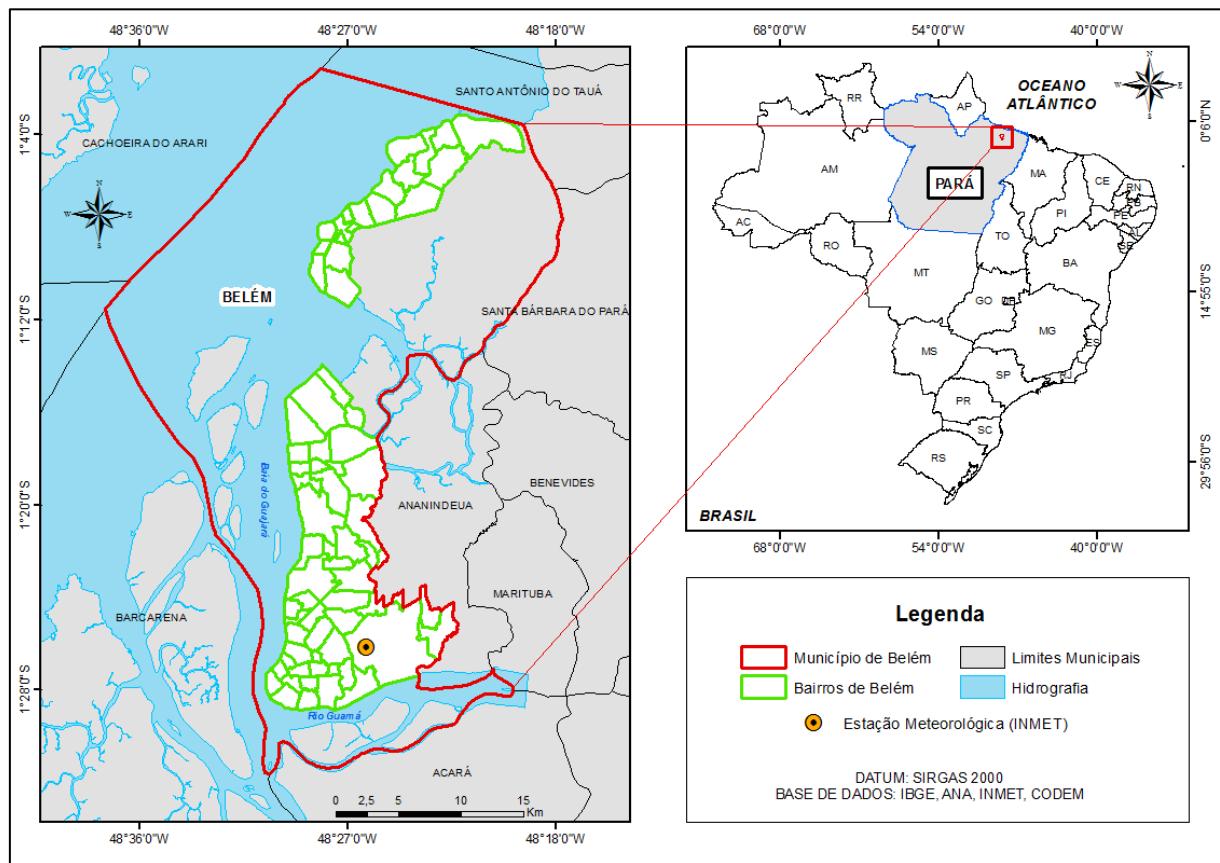
Ramalho (2020) e Ghizzo Filho et al. (2018), também, utilizaram o modelo estatístico de regressão em seus estudos para identificar as relações e previsões entre o índice pluviométrico e a leptospirose, no município de João Pessoa – PB e Florianópolis – SC, respectivamente. Em ambos os trabalhos, a maior ocorrência da doença ocorreu no período de maior precipitação pluviométrica, conquanto não está associada somente a este fator, mas sim um conjunto de fatores, incluindo condições sanitárias da localidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Belém está localizado no estado do Pará, região Norte do Brasil, conforme observado na figura 5. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022), este território possui uma extensão de 1.059,466 km² e uma população estimada em 1.506.420 habitantes, sendo considerado o município mais populoso do estado e o 11º do país, com um elevado Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,746 e o melhor índice do estado.

Figura 5: Mapa de localização do município de Belém-PA.

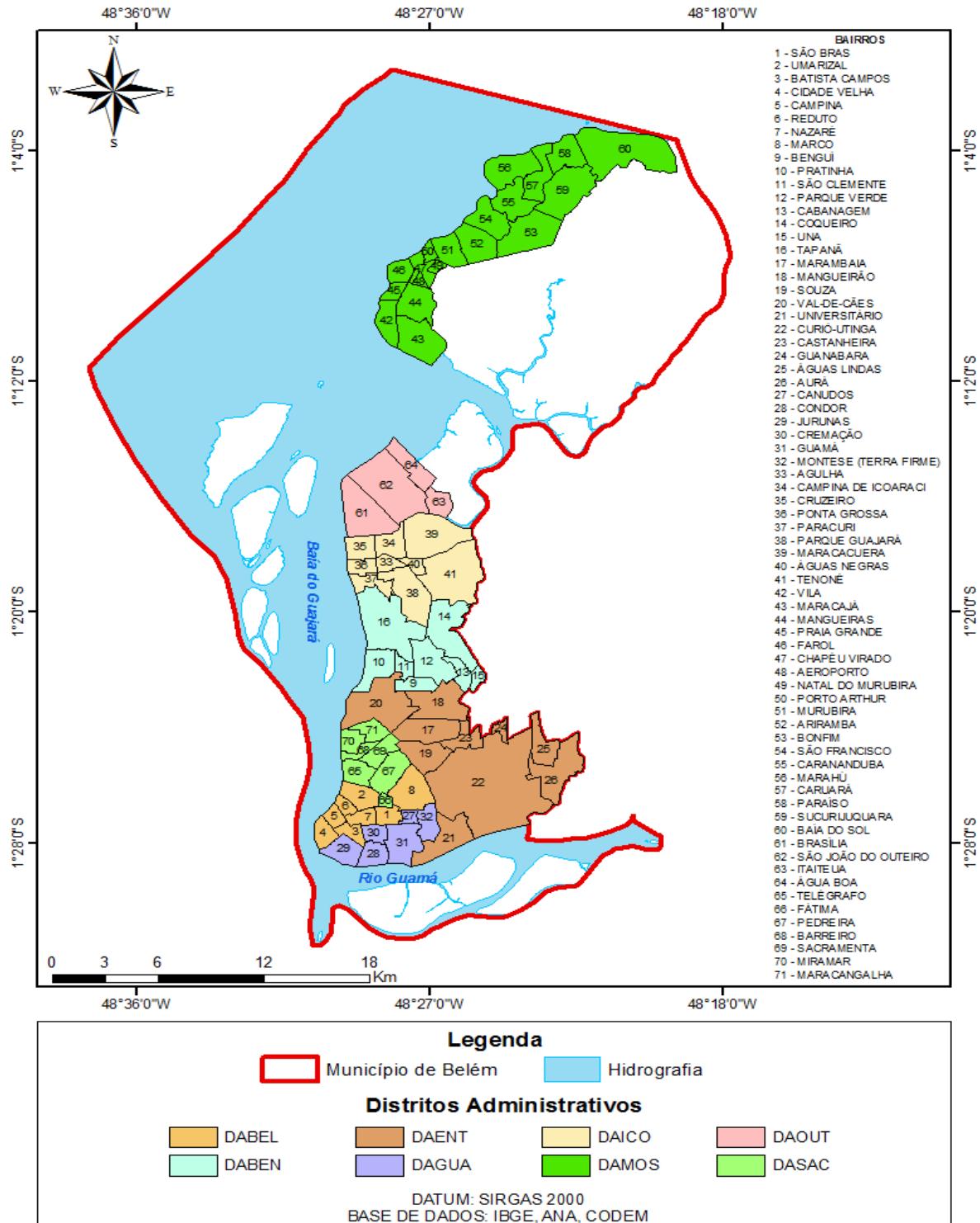


Fonte: Autor, 2022.

Os limites geográficos de Belém são indicados pelos municípios de Ananindeua, Santa Bárbara, Benevides e Acará, bem como a Baía do Guajará, Baía do Marajó e o Rio Guamá. Localiza-se, ainda, a uma distância de 120 quilômetros do Oceano Atlântico pelo estuário do Rio Pará. Tratando-se, então, de uma região contornada por um sistema estuarino com característica geográfica peculiar, recebendo influência de igarapés, rios, baías e bacias hidrográficas (MOREIRA et al., 2019; SOUZA, 2020)

O município foi delimitado em oito distritos administrativos, o que inclui 71 bairros em toda a sua porção continental, descrito segundo a Lei Municipal nº 7.806, de 30 de julho de 1996, conforme assistido na figura 6 e detalhado na tabela 2.

Figura 6: Mapa de localização dos distritos administrativos do município de Belém-PA e seus respectivos bairros.



Fonte: Autor, 2022.

Tabela 2: Identificação dos Distritos Administrativos e seus respectivos bairros.

DISTRITOS ADMINISTRATIVOS							
	Belém (DABEL)	Guamá (DAGUA)	Sacramento (DASAC)	Entrocamento (DAENT)	Bengui (DABEN)	Icoraci (DAICO)	Outeiro (DAOIT)
	Marco	Guamá	Sacramento	Castanheira	Parque Verde	Maracacuera	São João do Outeiro
	São Bras	Terra Firme	Fátima	Mangueirão	Coqueiro	Campina de Icoaraci	Água Boa
	Batista Campos	Cremação	Telégrafo	Curió-Utinga	São Clemente	Tenoné	Itaiteua
	Cidade Velha	Jurunas	Barreiro	Aurá	Una	Paracuri	Brasília
	Umarizal	Condor	Pedreira	Marambaia	Cabanagem	Ponta Grossa	Praia Grande
	Reduto	Canudos	Miramar	Val de Cães	Tapanã	Agulha	Farol
	Nazaré		Maracangalha	Águas Lindas	Pratinha	Cruzeiro	Carananduba
	Campina			Universitário	Bengui	Parque Guajará	Ariramba
				Guanabara		Águas Negras	Porto Arthur
				Souza			Baia do Sol
							Maracaja
							Natal De Murubira
							São Francisco
							Bonfim
							Marahú
							Sucurijuquara
							Mangueiras
							Caruara
							Aeroporto

Fonte: Autor, 2022.

Em escala global, as características climáticas da região de Belém são originadas pelos processos da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), decorrente da convergência dos ventos alísios de nordeste e sudeste particularizada por ventos tênuas e acentuada precipitação, da entrada de sistemas frontais vindos do sul do continente, das brisas marítimas e do vapor de contribuição da cobertura vegetal da região (ARAÚJO, 2018).

Em escala local, Belém possui um ciclo anual definido por dois períodos sazonais distintos: o período chuvoso, que ocorre de dezembro a maio com precipitação resultante da ZCIT e pelos efeitos da mesoescala e, em associação a brisa marítima, originam-se as linhas de instabilidade formadas na costa Atlântica da Guiana e Pará que vão em direção ao oeste na forma de linha de cumulonimbus; e o período menos chuvoso, que ocorre de junho a novembro

e é definido por precipitações provocadas pelos efeitos locais, mais especificamente as brisas terrestres e marítimas, as Ondas de Este recebidas nas correntes dos ventos alísios deslocando-se de leste a oeste, e pelos fenômenos de mesoescala (VARELA, 2019).

Este município denota altas temperaturas, elevada umidade relativa do ar, ar instável e forte convecção, propiciando a formação de nuvens convectivas. O elevado potencial de incidência da radiação solar na superfície terrestre é um dos responsáveis pela alta temperatura da região, sendo uma parte convertida em calor latente de evaporação e outra em calor sensível ocasionando o aquecimento do ar. Além disso, as nuvens convectivas formadas pela elevada umidade relativa, instabilidade do ar e forte convecção sucedem a ocorrência de precipitação em forma de pancadas, aspecto típico do regime de chuva do tipo continental (ARAÚJO, 2018).

Nesse sentido, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger descrita por Alvares et al. (2013), o clima do tipo Af representa uma predominância na região de Belém, caracterizando-a como zona tropical, sem estação seca, índices pluviométricos maiores ou iguais a 60 mm no mês mais seco e, ainda, pode exceder 3000 mm anuais. Ademais, explicita uma temperatura média anual maior do que 26 °C e uma média anual da umidade relativa do ar que fica em torno de 85%.

Devido a composição de cursos d'água, canais e igarapés ao longo da cidade que compõe as 14 bacias hidrográficas da região, juntamente com os processos geológicos de formação do município, o terreno é identificado por duas classificações: terra firme, evidenciando uma topografia com variação de 4 a 20 metros de altitude, não ocorrendo inundações periódicas; e as áreas de várzea, indicando baixos níveis topográficos de até 4 metros de altitude, sendo caracterizadas por locais de recorrentes inundações com influência das marés e elevados índices pluviométricos, bem como dificuldades no processo de escoamento da água da chuva (ALENCAR et al., 2019).

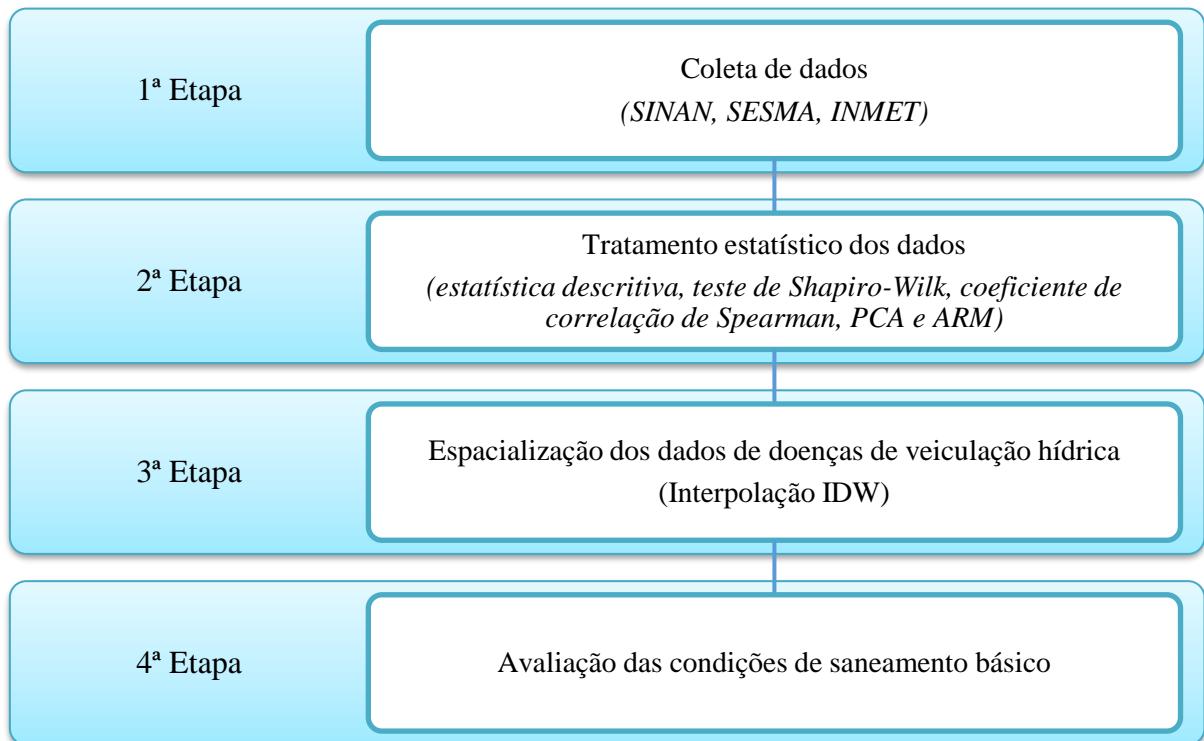
Com o processo de urbanização desenfreado, sérios problemas de natureza ambiental e social tem afetado a população do município de Belém, especialmente levando em consideração a ausência de um planejamento urbano adequado de compatibilidade com a vasta rede de bacias hidrográficas, a vegetação, as propriedades do solo, as características topográficas e as condições de saneamento básico da região, além de diversas particularidades da área mencionada, o que intensifica cada vez mais problemas de alagamentos, descarte inadequado de resíduos sólidos, poluição dos canais e proliferação dos vetores de doenças (SERRÃO; BELATO; DIAS, 2019).

Em razão disso, Belém foi considerada uma das 20 cidades com saneamento básico mais precários do país. O indicador de abastecimento de água infere um atendimento a 71,50% da população, enquanto o serviço de coleta de esgoto atende somente 15,77% e o tratamento de esgoto evidencia números ainda piores com 2,82% do atendimento. Dessa forma, este município é listado na 96º posição do ranking em um total de 100 municípios analisados (BRASIL, 2021).

3.2 ESTRUTURA METODOLÓGICA

A estrutura metodológica desta pesquisa foi realizada em quatro etapas, como ilustrado na figura 7.

Figura 7: Estrutura metodológica da pesquisa.



Fonte: Autor, 2022.

Nessa perspectiva, pode-se afirmar que esta pesquisa, segundo Richardson (1999), é classificada como exploratória por aumentar o conhecimento do pesquisador, através do levantamento de dados com a finalidade de explicar as causas e consequências de um fenômeno específico e servir de auxílio em futuras investigações. Além disso, é uma pesquisa do tipo descritiva, visto que, conforme Rudio (1985), é baseado em uma análise minuciosa do assunto, para descrever os fatos, classificá-los e interpretá-los.

Caracteriza-se também, conforme Richardson (1999), como um estudo de abordagem quantitativa, devido a utilização da quantificação na coleta e no tratamento das informações, em que o uso de técnicas estatísticas maximiza a margem de segurança. Bem como, de acordo com Ludke e Andre (2013), corrobora com uma abordagem qualitativa em que as observações do autor, sobre o fenômeno em estudo, tornam-se indispensáveis e não podem ser mensuráveis.

3.3 DADOS UTILIZADOS NO ESTUDO

O levantamento retrospectivo dos dados mensais de saúde foi obtido a partir da plataforma de Informações de Saúde (TABNET) do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Logo, a amostra foi extraída do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) para o município de Belém-PA, no período de 2001 a 2019, totalizando 228 observações. Os dados foram coletados a partir de 2001, em razão das falhas e ausência de dados em períodos anteriores a este ano. As informações epidemiológicas usadas foram as doenças e agravos de notificação mensais confirmadas por morbidades de veiculação hídrica, dengue e leptospirose, da população residente neste município.

Além disso, foram coletadas informações do número de casos de dengue e leptospirose delimitados por bairros no município de Belém, por meio de um requerimento solicitado a Secretaria Municipal de Saúde (SESMA), para identificar as regiões de menor e maior incidência dessas doenças no município em questão.

Os dados das variáveis ambientais: índice pluviométrico (mm), temperatura máxima (°C), temperatura média (°C), temperatura mínima (°C) e umidade relativa do ar (%); foram coletados através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes à estação meteorológica convencional denominada Belém, com 7,13 m de altitude, situada na localização geográfica 1°26'09"S e 48°26'14"W, no município de Belém-PA, composta por 51 anos de dados no período 01 de janeiro de 1970 a 31 de dezembro de 2020, e que ainda se encontra em situação operante.

Foi realizada, ainda, a tabulação e análise dos dados mensais dos elementos ambientais (índice pluviométrico, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média e umidade relativa do ar) no recorte temporal de 2001 a 2019 para combinar com o período amostral das doenças de veiculação hídrica mencionadas neste trabalho e, portanto, realizar a aplicação das estatísticas para identificar as inter-relações.

Ademais, todos os dados a serem utilizados nesta pesquisa foram adquiridos de fontes secundárias e sem a violação de confidencialidade dos indivíduos na identificação quantitativa dos casos. Dessa forma, este estudo não recorre a necessidade de aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará.

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Primeiramente, as avaliações temporais das variáveis ambientais e doenças de veiculação hídrica sucederam através da estatística descritiva, indicando valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão, através do software Excel (versão 2019).

Em seguida, todas as variáveis foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk para identificar se o conjunto de dados segue, ou não, a distribuição Normal e, dessa forma, foram definidas as técnicas estatísticas mais adequadas à base amostral deste estudo, cujo nível de significância adotado é de 5%, isto é, intervalos com 95% de confiança estatística.

O procedimento estatístico subsequente consistiu na aplicação do coeficiente de correlação de Spearman (ρ), através do software PAST (versão 2.17c), com a finalidade de determinar a existência de correlação entre cada variável ambiental desta pesquisa, de maneira individual, e as doenças de veiculação hídrica.

Foi aplicado, ainda, o método de Análise de Componentes Principais (PCA) para examinar um grande número de variáveis ao mesmo tempo, com a intenção de estabelecer o grau de importância das variáveis ambientais deste estudo com relação as doenças de veiculação hídrica. A ponderação dos valores da PCA sucedeu com o auxílio dos softwares PAST (versão 2.17c) e IBM SPSS Statistics (versão 20).

Após, empregou-se a Análise de Regressão, mais especificamente o modelo linear, por meio do software Excel (versão 2019), com o intuito de desenvolver um modelo que propicie uma projeção ou previsibilidade das doenças de veiculação hídrica, em função das variáveis ambientais deste estudo. Sendo utilizados, ainda, critérios de desempenho para a verificação do ajuste dos modelos matemáticos de regressão aos dados observados.

3.4.1 Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk

O teste de Shapiro-Wilk é uma metodologia proposta para avaliar a normalidade de um conjunto de dados que, inicialmente, era utilizado para uma base amostral com menos de 50 observações. Entretanto, com alguns ajustes, o teste se tornou amplamente utilizado para

análises com amostras de maior tamanho. Além disso, o teste é baseado na regressão dos dados da amostra com as correspondentes estatísticas de seis ordens normais, sendo considerada linear para uma amostra normalmente distribuída (SHAPIRO; WILK, 1965; RODRIGUES; PINTO; PEDROSO, 2020).

A pressuposição do teste de Shapiro-Wilk indica a aderência aos parâmetros de normalidade quando a hipótese de normalidade dos dados retorna um p-valor $>0,05$. Caso contrário, pode-se concluir que a variável não segue uma distribuição normal (PATRÍCIO; LOUREIRO; CARAMELO, 2017; RODRIGUES; PINTO; PEDROSO, 2020). Segundo Miot (2017), diversas simulações apontam que o teste de Shapiro-Wilk apresenta um dos melhores desempenhos entre os testes de normalidade.

3.4.2 Coeficiente de Correlação de Spearman (ρ)

O coeficiente de correlação de Spearman (ρ) é análogo ao de correlação de Pearson, em que os valores das variáveis x e y são adaptados a dados transformados em postos, ou seja, pela atribuição de postos feitos de forma ordenada. Este coeficiente pode ser representado, conforme Reganha (2021), pela equação 1:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n} \quad (1)$$

em que n é o número de pares (x_i, y_i) , e d_i é igual aos postos de x_i dentro dos valores de x subtraindo os postos de y_i dentro dos valores de y .

Os valores do coeficiente de Spearman (ρ) podem alternar de -1 a 1, no qual o resultado próximo de -1 indica uma correlação negativa com variação inversamente proporcional. Em contrapartida, valores aproximados de 1 denotam uma correlação positiva com variação diretamente proporcional. Dessa forma, quanto mais próximo de suas extremidades (-1 ou 1), maior será a intensidade da correlação entre as variáveis (REGANHA, 2021). A interpretação da magnitude absoluta do coeficiente de correlação, conforme Schober, Boer e Schwarte (2018), é definido como: muito forte (0,90 a 1,00), forte (0,70 a 0,89), moderada (0,40 a 0,69), fraca (0,10 a 0,39) e insignificante (0,00 a 0,10).

O coeficiente de correlação de Spearman (ρ) se torna uma importante ferramenta considerando dados com uma relação monotônica e não linear, isto é, que não são normalmente distribuídos. Portanto, a principal vantagem deste método é a minimização dos erros acidentais,

em razão dos outliers, pontos afastados da média e que geram interferências no resultado da correlação. Além disso, a metodologia auxilia na remoção das disparidades entre as variáveis analisadas, possibilitando a comparação de uma série de curva de distribuição normal com uma de curva de distribuição diferente (ORIGUELA, 2018).

3.4.3 Análise de Componentes Principais (PCA)

A PCA é uma das técnicas de análise estatística multivariada com redução de dados, cuja finalidade é reduzir a dimensão da base amostral para gerar novos componentes que captam as dependências entre as variáveis. Assim, uma combinação linear é construída a partir da transformação ortogonal das p variáveis originais X_1, X_2, \dots, X_p , em um novo grupo de variáveis Y_1, Y_2, \dots, Y_p , com dimensão equivalente, denominado de componentes principais para explicar o máximo de variabilidade do conjunto de variáveis originais independentes entre si e não correlacionadas (SOUZA, 2017; GOBBI, 2020).

O primeiro componente principal (Y_1) do conjunto de n variáveis originais X_1, X_2, \dots, X_p , inseridas no vetor $X' = (X_1, X_2, \dots, X_p)$, é definido pela combinação linear sugerida por Morrison (1976):

$$Y_1 = b_{11} \cdot X_1 + b_{21} \cdot X_2 + \dots + b_{p1} \cdot X_p = b'_1 \cdot X \quad (2)$$

sendo os coeficientes b_{i1} elementos do vetor b_1 , relativo à maior raiz característica (λ_1) incluída na matriz de covariância amostral, S , das variáveis X_i s. A associação do segundo componente principal (Y_2) é referente a segunda maior raiz característica (λ_2) ocorrendo, deste modo, de maneira sucessiva para as outras componentes principais, até que a explicação da variância total tenha sido garantida. As raízes características ordenadas, ou seja, os autovalores $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$, são caracterizadas como as variâncias amostrais dos componentes principais.

O número de componentes principais formados é o mesmo da quantidade de variáveis no processo, sendo o primeiro componente o de maior importância, uma vez que é responsável pela maior variação existente nos dados originais e, assim, sucessivamente. Além disso, essa técnica consiste no cálculo de autovalores e respectivos autovetores envolvendo uma matriz de variância e covariância amostral S ou uma matriz de coeficiente de correlação R , sendo esta última utilizada na maioria das aplicações e estudos, em virtude da diferença de escalas das variáveis. Ademais, como os fatores obtidos são de difícil interpretação, o método de rotação de fatores ortogonais é aplicado para desenvolver uma estrutura simplificada e de interpretação comprehensível (SOUZA; SANTOS, 2018).

Normalmente, para se definir o número de componentes principais (CP), suficientemente, capaz de representar o conjunto de dados originais, utiliza-se critérios que podem restringir a quantidade de CP necessárias para a construção do modelo de PCA. Conforme Rencher (1995) e, mais recentemente, Souza Júnior (2021), destacam-se os seguintes critérios: o primeiro é baseado na seleção do número de componentes principais responsável por explicar 80% da variância total do conjunto de dados, sendo considerado como critério qualitativo; e o segundo é fundamentado na exclusão dos componentes principais que contenham autovalores menores que a média dos mesmos, quantificada por:

$$\text{Média dos autovalores} = \sum_{i=1}^p \frac{\lambda_i}{p} \quad (3)$$

em que, a média para a matriz de correlações é igual a 1.

3.4.4 Análise de Regressão

A análise de regressão tem a finalidade de determinar as relações de uma variável dependente e uma ou um conjunto de variáveis independentes pelo desenvolvimento de equações, através do método dos mínimos quadrados, que prevê a distribuição da variável dependente sob certos valores das variáveis independentes (FERREIRA, 2019). Dessa forma, esta metodologia é considerada uma técnica estatística que visa analisar a relação entre a variável dependente (Y) e uma ou mais variáveis independentes ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$), em que seu modelo matemático é explicado pela equação 4:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) + \varepsilon \quad (4)$$

sendo ε o termo que representa o erro de aproximação.

Neste trabalho, buscou-se desenvolver um modelo matemático em razão da influência das variáveis independentes (Precipitação – P, Temperatura Máxima – Tmáx, Temperatura Média – Tméd, Temperatura Mínima – Tmín e Umidade Relativa do Ar – UR) sobre as variáveis dependentes (Dengue e leptospirose) aplicando a regressão simples e múltipla para a determinação das constantes de regressão (b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 e b_5) via metodologia dos mínimos quadrados e, posteriormente, pelo modelo estatístico linear (Equação 5), conforme descrito por Januario (2021) e Gonçalves (2014):

$$Y = b_0 + b_1.X_1 + b_2.X_2 + \dots + b_n.X_n \quad (5)$$

em que Y são as doenças de veiculação hídrica, b_0 é uma constante, b_n são coeficientes angulares das retas de regressão.

Nesse sentido, foram estimados valores mensais de dengue e leptospirose, baseados nas características climáticas locais do município de Belém, utilizando-se a equação 5, a qual se transformou nas equações 5.1 e 5.2:

$$\text{Leptospirose} = b_0 + b_1.P + b_2.T_{\text{máx}} + b_3.T_{\text{méd}} + b_4.T_{\text{mín}} + b_5.UR \quad (5.1)$$

$$\text{Dengue} = b_0 + b_1.P + b_2.T_{\text{máx}} + b_3.T_{\text{méd}} + b_4.T_{\text{mín}} + b_5.UR \quad (5.2)$$

Sendo:

P – Precipitação;

$T_{\text{máx}}$ – Temperatura máxima;

$T_{\text{méd}}$ – Temperatura média compensada;

$T_{\text{mín}}$ – Temperatura mínima;

UR – Umidade relativa do ar;

b_0 – Constante de regressão (Interseção);

b_n – Coeficientes angulares das retas de regressão.

3.4.5 Critérios de Desempenho dos Modelos

Para a verificação do ajuste dos modelos matemáticos de regressão aos dados observados, foram adotados os critérios do coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), bem como os erros Raiz do Erro Quadrático Médio (Root Mean Square Error – RMSE) e Erro Absoluto Percentual Médio (Mean Absolute Percentage Error – MAPE).

O coeficiente de determinação (R^2) é considerado uma medida adimensional de proporção da variabilidade da variável dependente que é justificada pelas variáveis independentes, com variação numérica de 0 a 1, descrevendo, portanto, o grau de colinearidade entre os dados observados e simulados, sendo definido pela equação 6, conforme proposto por Naghettini e Pinto (2007) e Stolle et al. (2018):

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) Y_i \right]^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (6)$$

em que X_i é a variável observada, Y_i é a variável estimada, e n é o número de observações.

O coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), segundo Barros (2016) e Stolle et al. (2018), é uma medida ajustada do coeficiente de determinação (R^2) e se torna útil quando se

pretende analisar equações que contenham diversas variáveis independentes, visto que este coeficiente leva em consideração a quantidade de variáveis para comparar os modelos, não aumentando seu valor com a adição de uma nova variável. Do contrário, este penaliza as variáveis pouco explicativas no modelo, podendo ser calculada conforme a equação 7:

$$R^2aj = 1 - (1 - R^2) \frac{n - 1}{n - p - 1} \quad (7)$$

em que R^2 é o coeficiente de determinação, n é o número de observações e p é o número de variáveis independentes.

Ambos os coeficientes, R^2 e R^2aj , mostram um indicativo de desempenho nulo, quando o resultado dos coeficientes se iguala a 0 (zero), e ajuste perfeito do modelo quando os valores numéricos se igualam a 1 (um) (STOLLE et al., 2018).

Além destes, os parâmetros RMSE e MAPE foram adotados para complementar a verificação do desempenho dos modelos de regressão validados. Sendo assim, o primeiro é um índice que realiza a diferença entre os valores observados e os previstos pelo modelo, cujo resultado é caracterizado como resíduos que, posteriormente, serão agregados em uma única medida de qualidade da previsão, resultando em valores positivos e, quanto mais próximo de zero, maior será a qualidade dos valores simulados (FUNARI, 2021). O valor de RMSE é mensurado pela equação 8:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (8)$$

Em contrapartida, o MAPE, uma das medidas mais usadas para se avaliar as metodologias de previsão, especialmente por não depender de escala, é definido pela média dos erros absolutos percentuais, expressando o tamanho médio do erro em porcentagem e, portanto, quanto menor for o resultado melhor é a estimativa do modelo (FRANCO et al., 2019; SOUZA, 2021). O cálculo do MAPE pode ser determinado pela equação 9:

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{|X_i - Y_i|}{X_i} \right)}{n} 100 \quad (9)$$

em que X_i é a variável observada, Y_i é a variável estimada, e n é o número de observações.

3.5 ESPACIALIZAÇÃO DOS DADOS

As informações das doenças de veiculação hídrica foram espacializadas nos limites dos bairros do município de Belém, através de técnicas de interpolação, mais especificamente o Inverso da Distância Ponderada (IDW), com assistência do software de QGIS (versão 3.20).

A metodologia do Inverso da Distância Ponderada (IDW) é considerado um método prático e objetivo de interpolação, no qual é amplamente utilizado para realizar a distribuição espacial de dados numéricos, com a finalidade de estimar os valores de locais com ausência de informações, através da média ponderada calculada a partir de um conjunto de dados das estações adjacentes. O peso maior é atribuído a estação mais próxima, reduzindo o peso com o aumento da distância, gerando, desse modo, a conversão dos dados de observações pontuais para campos contínuos (RABELO, et al., 2018).

3.6 AVALIAÇÃO DO SANEAMENTO BÁSICO

A partir da espacialização, ocorreu a identificação dos bairros de maior incidência dessas doenças para, posteriormente, ser feito o levantamento, *in loco*, da situação de salubridade urbana a fim de compreender as possíveis influências sobre essas doenças. Ou seja, a análise das relações das condições de saneamento básico local e doenças de veiculação hídrica teve cunho subjetivo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

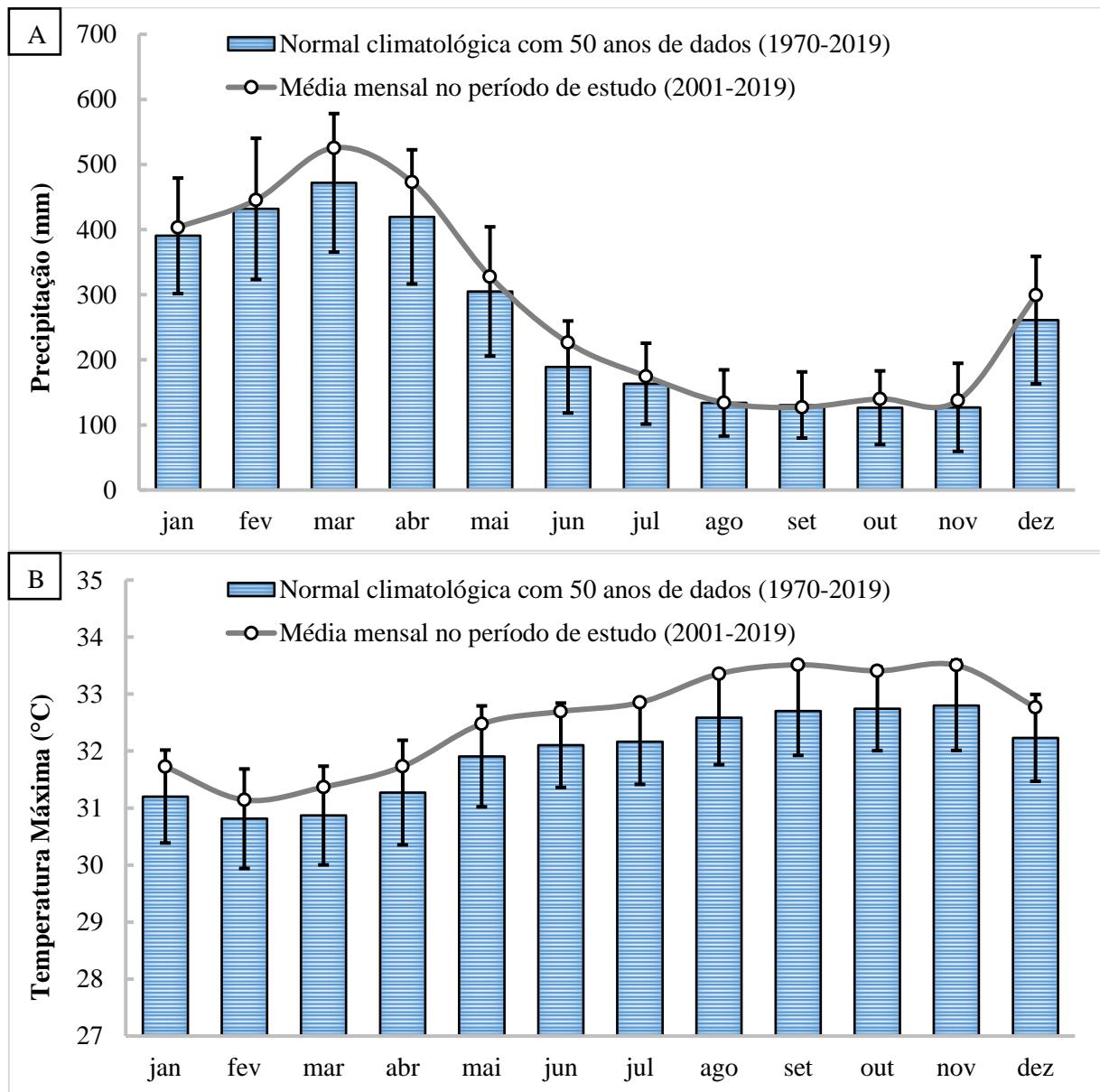
4.1 ANÁLISE TEMPORAL DAS VARIÁVEIS

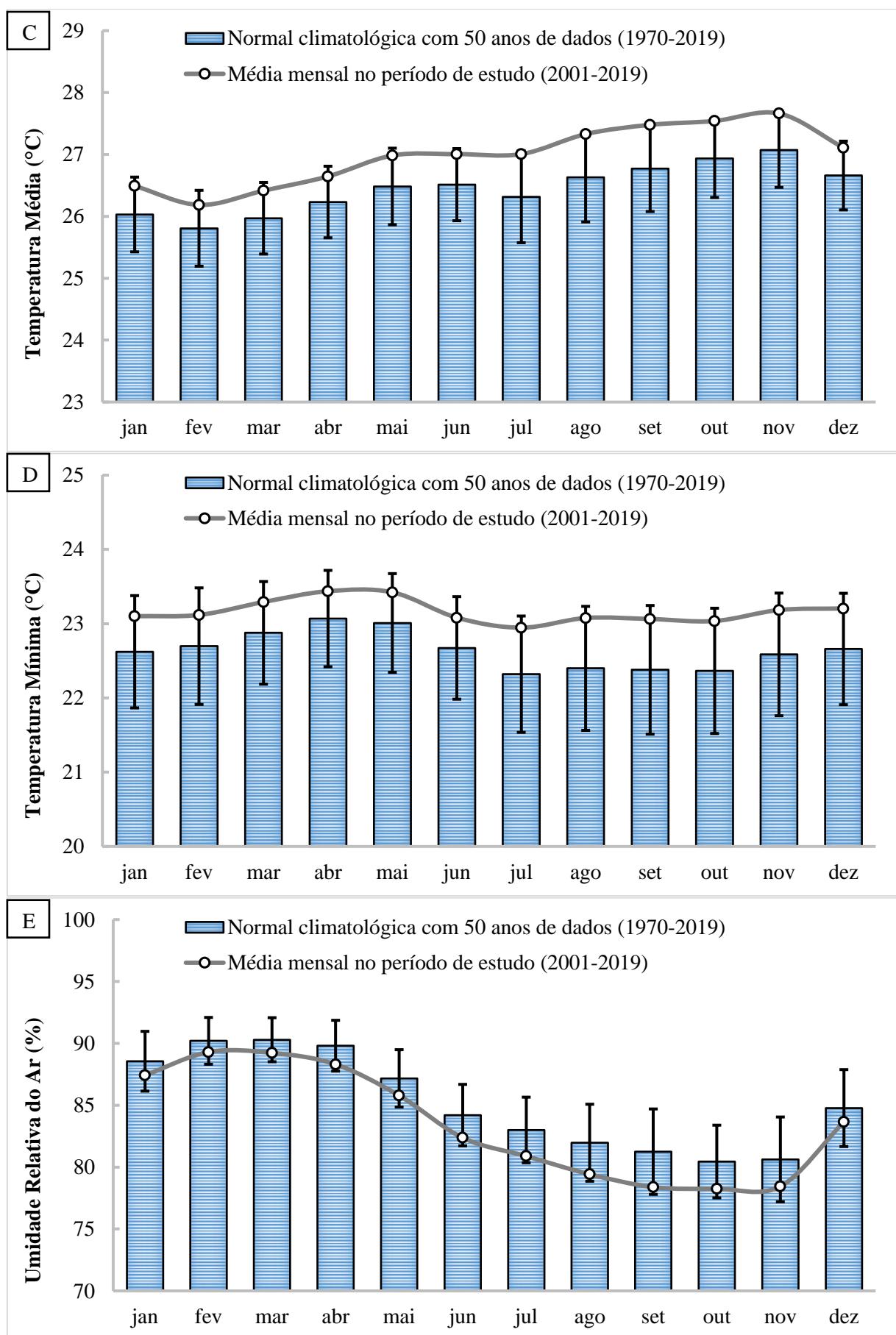
A distribuição temporal das variáveis ambientais e doenças de veiculação hídrica permite identificar o período que evidenciou as maiores e menores quantidades de casos de dengue e leptospirose, bem como observar as possíveis relações entre o meio ambiente e as doenças mencionadas. E, a partir de uma análise estatística mais aprofundada, é possível identificar as correlações e determinar a influência dos parâmetros sobre a variação dessas morbidades.

Com relação aos resultados médios mensais das variáveis ambientais, do período de 2001 a 2019, a precipitação apresentou variação de 127,17 mm, no mês de setembro, a 525,67 mm, no mês de março, com média de 284,58 mm \pm 148,05. A temperatura máxima apresentou variação de 31,14 °C, no mês de fevereiro, a 33,51 °C, no mês de setembro, com média de 32,54 °C \pm 0,86. A temperatura média apresentou variação de 26,18 °C, no mês de fevereiro, a 27,66 °C, no mês de novembro, com média de 26,99 °C \pm 0,47. A temperatura mínima apresentou variação de 22,95 °C, no mês de julho, a 23,44 °C, no mês de abril, com média de 23,16 °C \pm 0,15. A umidade relativa do ar apresentou variação de 78,26%, no mês de outubro, a 89,29%, no mês de fevereiro, com média de 83,45% \pm 4,41.

A distribuição das médias mensais, incluindo as normais climatológicas, das variáveis ambientais: precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e umidade relativa do ar; podem ser observadas na figura 8.

Figura 8: Distribuição das médias mensais (2001 a 2019) e normais climatológicas (1970 a 2019) das variáveis ambientais: precipitação (A), temperatura máxima (B), temperatura média (C), temperatura mínima (D) e umidade relativa do ar (E).



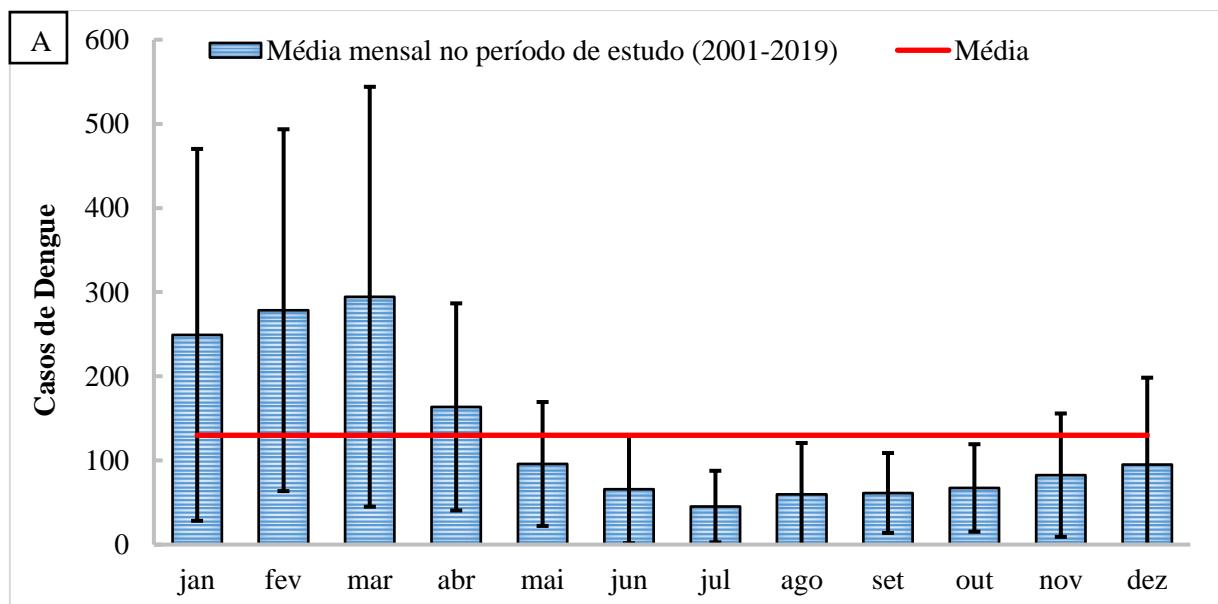


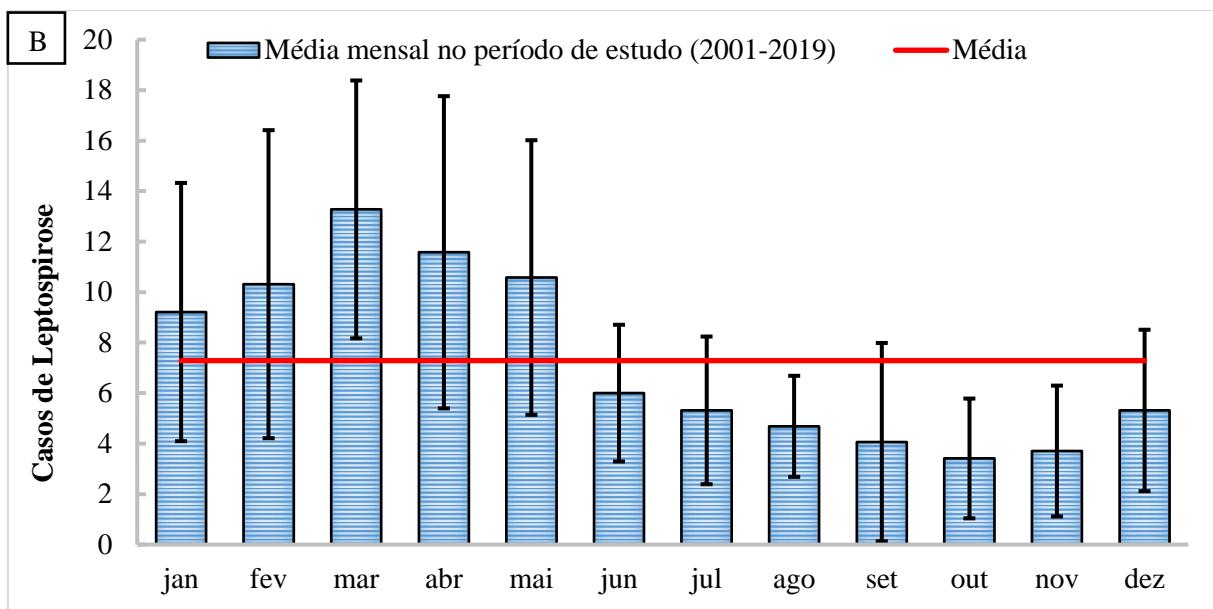
Fonte: Autor, 2022.

É constatado, na figura 8, que a precipitação, umidade relativa do ar e temperatura mínima apontaram maiores valores no período de dezembro a maio e menores, de junho a novembro. Os valores de temperatura máxima e média evidenciam os maiores resultados no período de agosto a dezembro e os menores, de janeiro a julho. Com isso, determina-se uma climatologia peculiar ao município de Belém, destacando o período chuvoso, que acontece de dezembro a maio, e o período menos chuvoso, que vai de junho a novembro. O estudo de Alencar et al. (2019) corrobora os períodos mencionados.

A variação média mensal de dengue e leptospirose no município de Belém, também, evidenciou um comportamento similar às variáveis ambientais: precipitação, umidade relativa do ar e temperatura mínima, em que a maior quantidade de casos ocorreu no período chuvoso e a menor, no período menos chuvoso. Durante o período de estudo, a incidência média de dengue variou de 45,21 casos, no mês de julho, a 294,58 casos, no mês de março, com média de $129,92 \text{ casos} \pm 92,46$. A incidência média de leptospirose oscilou de 3,41 casos, no mês de outubro, a 13,28 casos, no mês de março, com média de $7,29 \text{ casos} \pm 3,47$. Essa variação pode ser visualizada na figura 9.

Figura 9: Distribuição das médias mensais (2001 a 2019) dos casos de dengue (A) e leptospirose (B).





Fonte: Autor, 2022.

Conforme os estudos de Brito et al. (2020) e Siqueira et al. (2018), os resultados de dengue e leptospirose denotam maiores valores no período de dezembro a maio, visto que coincidem com o período chuvoso da região. Segundo Gonçalves et al. (2020), nesse período decorrem uma série de problemas socioambientais, oriundos das fortes chuvas, especialmente os alagamentos que favorecem a proliferação dos vetores transmissores da leptospirose, bem como o acúmulo de água, em certos ambientes, favorecendo o desenvolvimento dos vetores transmissores da dengue e, portanto, afetam, principalmente, as áreas mais periféricas da cidade, relacionando-se, dessa forma, às questões do saneamento básico local.

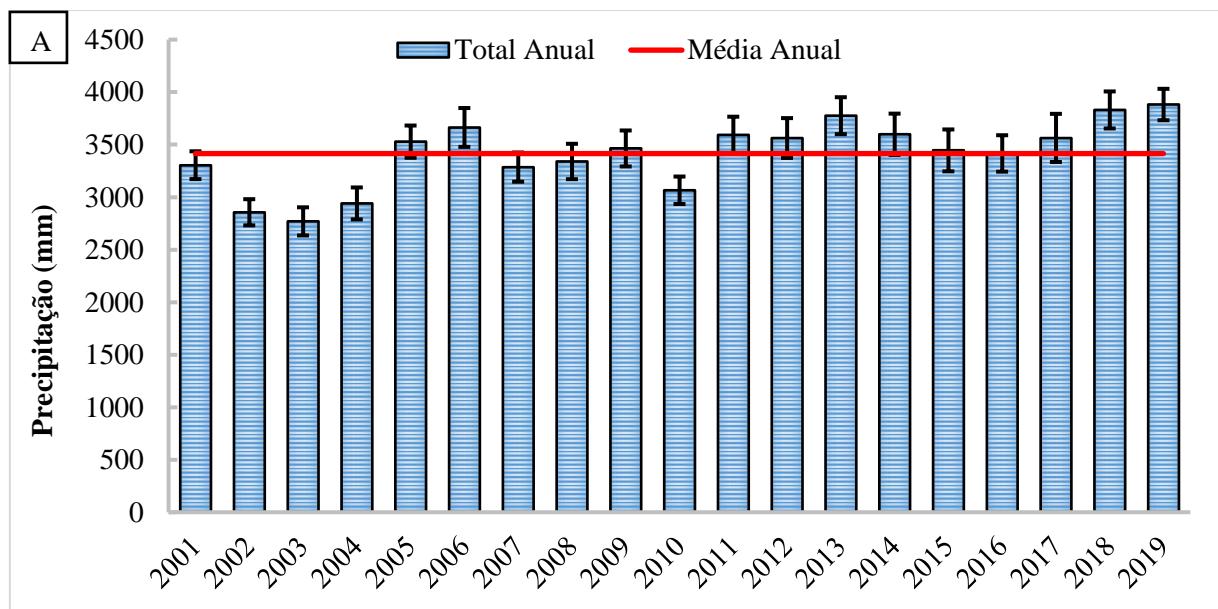
Na presente pesquisa, isso pode ser observado durante o mês de março, o qual concentrou a maior quantidade de casos de dengue e leptospirose, justificado pelo fato deste mês apresentar o maior valor de precipitação e umidade relativa do ar, sendo considerado o mês mais intrínseco ao período chuvoso.

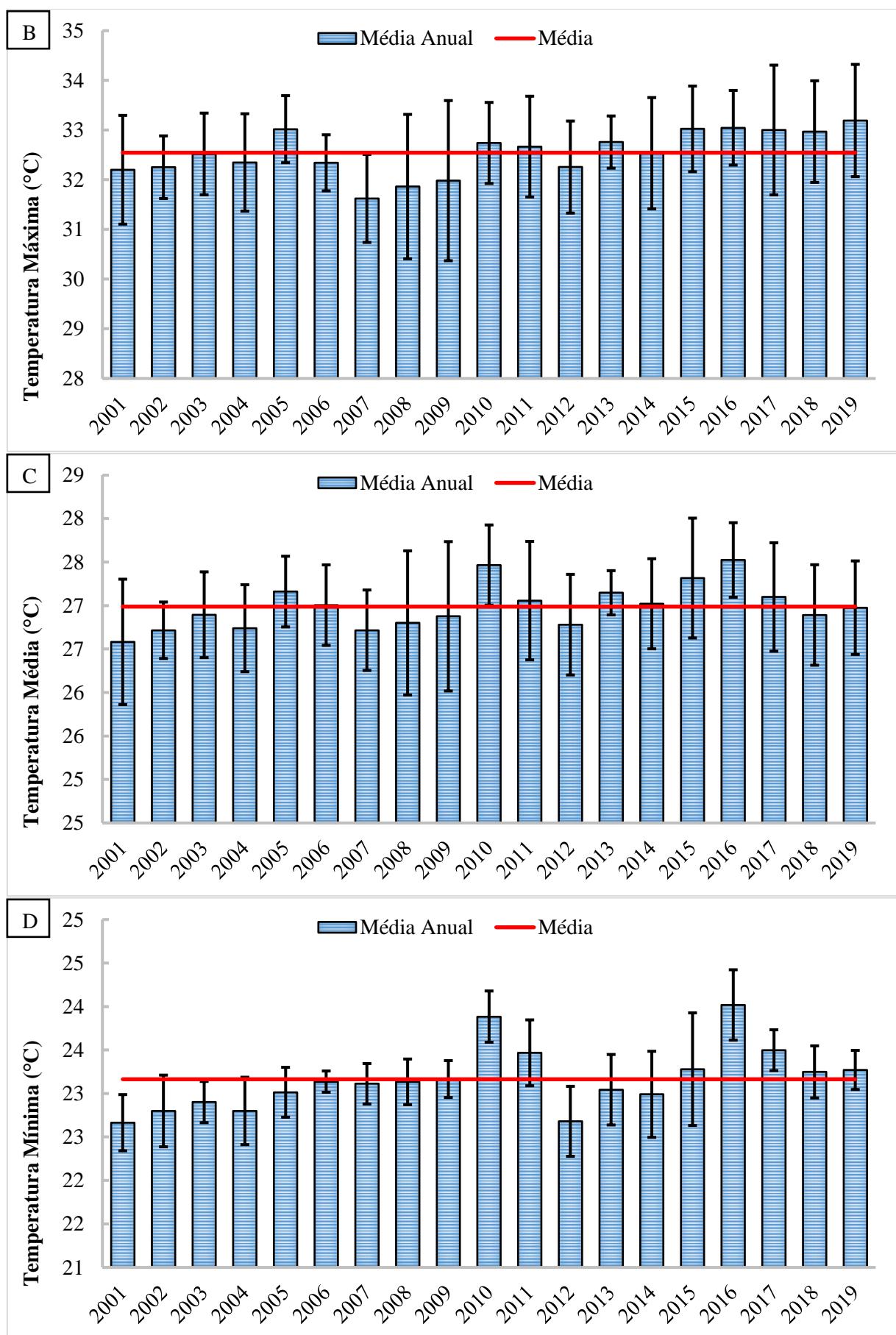
Em contrapartida, em outubro, o qual é considerado um dos meses menos chuvosos da região, houve o menor número de casos de leptospirose e baixos valores de dengue, comparado aos demais meses, corroborando a discussão de Martins e Spink (2020) e Alves et al. (2021), apontando uma redução na quantidade de casos, em razão de uma climatologia característica do período menos chuvoso, destacando uma possível influência da sazonalidade na distribuição das doenças mencionadas. Além disso, devem ser mantidas as medidas de controle, mesmo na época menos chuvosa, para combater os vetores transmissores.

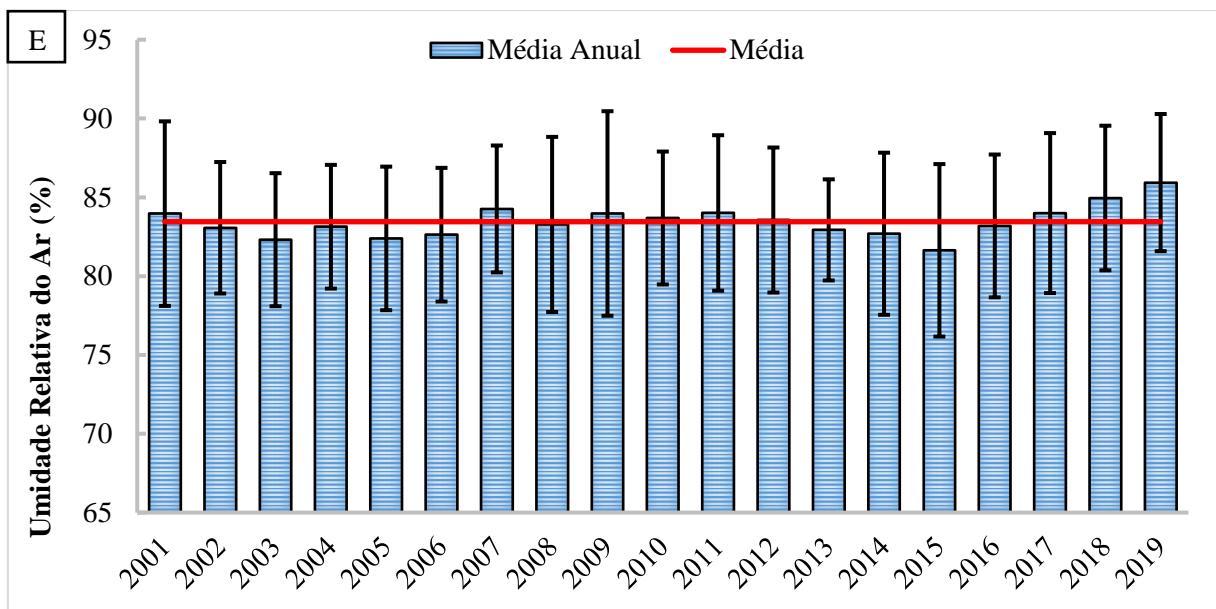
Com relação a distribuição anual das variáveis ambientais, no período de 2001 a 2019, a precipitação apresentou variação de 2769,40 mm (2003) a 3881,80 mm (2019), com média de $3414,92 \text{ mm} \pm 317,91$. A temperatura máxima apresentou variação de $31,62^\circ\text{C}$ (2007) a $33,19^\circ\text{C}$ (2019), com média de $32,54^\circ\text{C} \pm 0,45$. A temperatura média apresentou variação de $26,58^\circ\text{C}$ (2001) a $27,52^\circ\text{C}$ (2016), com média de $26,99^\circ\text{C} \pm 0,26$. A temperatura mínima apresentou variação de $22,66^\circ\text{C}$ (2001) a $24,02^\circ\text{C}$ (2016), com média de $23,16^\circ\text{C} \pm 0,36$. A umidade relativa do ar apresentou variação de 81,64% (2015) a 85,94% (2019), com média de $83,45\% \pm 1,00$.

A distribuição anual das variáveis ambientais: precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e umidade relativa do ar; podem ser observadas na figura 10.

Figura 10: Distribuição anual (2001 a 2019) das variáveis ambientais: precipitação (A), temperatura máxima (B), temperatura média (C), temperatura mínima (D) e umidade relativa do ar (E).





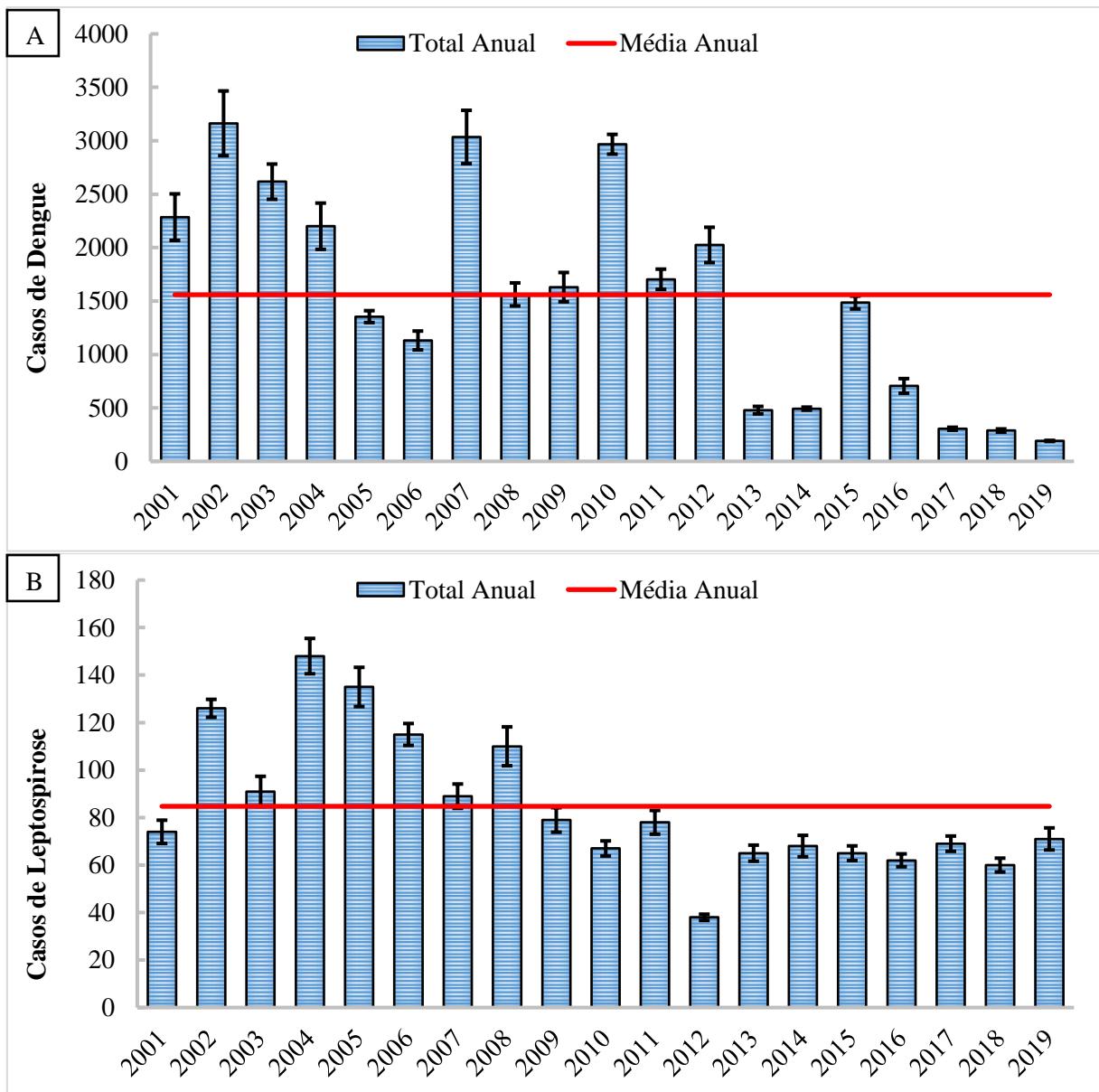


Fonte: Autor, 2022.

Verifica-se, na figura 10, maiores valores de precipitação, temperatura máxima e umidade relativa do ar no ano de 2019, bem como maiores e menores valores de temperatura média e temperatura mínima no ano de 2016 e 2001, respectivamente. Contudo, denota-se, principalmente, uma distribuição aleatória dos dados anuais dos quais podem ser oriundos de diversos fatores específicos que afetam a climatologia local.

Com relação a variação total anual das doenças no município de Belém, a incidência de dengue variou de 191 casos, no ano de 2019, a 3163 casos, no ano de 2002, com média de $1559 \text{ casos} \pm 981,91$. A incidência média da leptospirose oscilou de 38 casos, no ano de 2012, a 148 casos, no ano de 2004, com média de $84,74 \text{ casos} \pm 29,02$. Essa variação pode ser visualizada na figura 11.

Figura 11: Distribuição anual (2001 a 2019) dos casos de dengue (A) e leptospirose (B).



Fonte: Autor, 2022.

A incidência anual dos casos de dengue e leptospirose, visualizados na figura 11, evidenciam uma distribuição aleatória dos valores, com indicativo de uma redução na ocorrência dessas doenças, abaixo da média.

Além disso, embora a precipitação, temperatura máxima e umidade relativa do ar tenham apresentado os maiores valores no ano de 2019, e a dengue e leptospirose com valores abaixo da média neste mesmo ano, visualmente não houve semelhança na distribuição anual das variáveis ambientais e doenças de veiculação hídrica. No entanto, não se descarta a possibilidade dessas variáveis evidenciarem algum tipo de relação anual.

Esses resultados podem, ainda, estar associados a uma possível melhoria nos serviços de saúde, tratamento e saneamento básico da localidade, uma vez que, conforme abordado por Lima et al. (2018), o acesso aos serviços básicos no município de Belém, apesar de lento, demonstrou um aumento nos últimos anos e, dessa forma, segundo Silva et al. (2022), proporciona uma redução dos problemas socioambientais e, consequentemente, atenua os impactos negativos à saúde humana, propiciando menor incidência de doenças e maior bem-estar social.

4.2 ANÁLISE DA CORRELAÇÃO DAS VARIÁVEIS

Para que seja possível identificar a existência da influência das variáveis ambientais sobre a quantidade de casos de dengue e leptospirose, a aplicação do coeficiente de correlação se torna uma importante ferramenta estatística nesse quesito. Mas antes da escolha do coeficiente, conforme Santos et al. (2019), existe a necessidade de determinar a normalidade dos dados, sendo imprescindível a utilização de testes de normalidade.

Neste trabalho foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, no qual, segundo Oliveira (2018), é uma técnica fundamental para indicar o tipo de metodologia a ser utilizada para determinado conjunto de dados. Dessa forma, quando o p-valor é maior que o valor de 0,05, os dados apresentam aderência a normalidade, e quando o p-valor é menor que 0,05, os dados não evidenciam distribuição normal.

Os valores do p-valor encontrados nos dados deste trabalho, foram: precipitação (<0,001), temperatura máxima (<0,001), temperatura média (0,124), temperatura mínima (0,087), umidade relativa do ar (<0,001), dengue (<0,001) e leptospirose (<0,001). Nesse sentido, pode-se afirmar que somente as variáveis: temperatura média e temperatura mínima; foram caracterizadas como dados com distribuição normal, enquanto que as demais variáveis foram caracterizadas como dados com distribuição não normal.

Portanto, com base no teste de normalidade, foi selecionado o método do coeficiente de correlação de Spearman (ρ), uma vez que, segundo Patrício, Loureiro e Caramelo (2017), este coeficiente é baseado em cálculos destinados a um conjunto de dados sem distribuição normal. Os resultados do coeficiente de correlação de Spearman (ρ) podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3: Resultado do coeficiente de correlação de Spearman (ρ) entre as doenças de veiculação hídrica e as variáveis ambientais.

Variável Ambiental	Dengue	p-valor	Leptospirose	p-valor
Precipitação	0,31	<0,001	0,59	<0,001
Temperatura Máxima	-0,47	<0,001	-0,61	<0,001
Temperatura Média	-0,32	<0,001	-0,59	<0,001
Temperatura Mínima	-0,04	0,60	0,03	0,62
Umidade Relativa do Ar	0,35	<0,001	0,62	<0,001

Fonte: Autor, 2022.

Para os resultados da correlação com a variável dengue, conforme a tabela 3, é verificado que, apenas, a correlação entre dengue e temperatura mínima denotou um p-valor $>0,05$, indicando que essa correlação, para o período amostral selecionado neste trabalho, não é considerada significativa. As demais correlações evidenciaram um p-valor $<0,05$, corroborando com a hipótese de que existe uma correlação significativa entre as variáveis.

A abordagem da classificação do coeficiente de correlação em termos como “fraca”, “moderada” e “forte”, é utilizado para facilitar o entendimento qualitativo, diante de uma quantidade significativa de dados numéricos. Assim, conforme a análise estatística dos coeficientes de correlação abordados por Schober, Boer e Schwarte (2018), a magnitude absoluta do coeficiente de correlação observado é definido como: muito forte (0,90 a 1,00), forte (0,70 a 0,89), moderada (0,40 a 0,69), fraca (0,10 a 0,39) e insignificante (0,00 a 0,10).

Dessa forma, a correlação entre a variável dengue com as variáveis ambientais: precipitação e umidade relativa do ar; tiveram correlação fraca positiva, ou seja, existe uma suave influência diretamente proporcional, em que conforme ocorre o incremento nos valores dessas variáveis, maior será a incidência de dengue no município de Belém.

Por outro lado, a correlação entre a variável dengue com as variáveis ambientais: temperatura máxima e temperatura média; apresentaram correlação moderada negativa e fraca negativa, respectivamente, isto é, as variáveis se movem em direções opostas. Logo, nessa análise qualitativa sabe-se que o incremento nos valores dessas variáveis ocasiona a redução do

número de casos de dengue no município em questão, sendo a temperatura máxima a variável de maior influência.

Almeida et al. (2022) e Stolerman, Maia e Kutz (2019) mostram em seus estudos que, de maneira geral, o padrão de incidência da dengue coincide com o aumento de chuvas e a maior temperatura, bem como destaca, ainda, a influência da umidade relativa do ar sobre os casos de dengue no município de Toledo, Paraná. No presente estudo, a temperatura máxima foi a única variável de correlação satisfatória com a dengue, visto que evidenciou magnitude moderada e as demais, fracas ou insignificantes.

Corroborando esses resultados, os estudos de Ogden (2017) e Benítez et al. (2019) denotam que a temperatura é o fator abiótico que mais exerce influência direta e indireta sobre o agente, isto é, o mosquito *Aedes Aegypti*, contribuindo para o desenvolvimento das larvas, replicação e maturação do vetor e, consequentemente, na disseminação da dengue.

No que se refere à correlação com a variável leptospirose, conforme a tabela 3, é constatado resultados semelhantes aos da variável dengue, em que, apenas, a correlação entre leptospirose e temperatura mínima denotou um *p*-valor $>0,05$, indicando que essa correlação, para o período amostral selecionado neste trabalho, não é considerada significativa. As demais correlações evidenciaram um *p*-valor $<0,05$, corroborando com a hipótese de correlação significativa entre as variáveis.

Analizando a correlação entre a variável leptospirose e as variáveis ambientais: precipitação e umidade relativa do ar; é verificada uma correlação moderada positiva. O coeficiente entre a variável leptospirose e as variáveis ambientais: temperatura máxima e temperatura média; também é conceituado como uma correlação moderada, mas, nesse caso, denota fator negativo.

Nota-se, portanto, que a variação da precipitação, temperatura máxima, temperatura média e umidade relativa do ar estabeleceram uma correlação de maior magnitude com a variável leptospirose, ou seja, nessa análise, limitada ao conjunto amostral do período de 2001 a 2019 no município de Belém, ocorre uma maior influência das variáveis ambientais sobre a propagação dos casos de leptospirose em comparação à disseminação da dengue.

Assim como no presente estudo, as pesquisas realizadas por Santos e Araújo (2021) e Silva et al. (2022), também, encontraram associações entre a incidência de leptospirose e fatores ambientais, identificando correlações moderadas com as variáveis precipitação e temperatura

e, portanto, representa um aumento do risco da doença conforme a intercorrência das variáveis mencionadas. Essas informações são ratificadas nas pesquisas de Habus et al. (2017) e Joshi, Kim e Cheong (2017), que mostram as associações com as temperaturas média, máxima e precipitação.

4.3 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) DAS VARIÁVEIS

Como complementação da análise de correlação, foi aplicada a análise de componentes principais (PCA) para uma melhor visualização das correlações entre as variáveis ambientais: precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima e umidade relativa do ar; e as doenças de veiculação hídrica: dengue e leptospirose.

A PCA da relação entre a variável dengue com as demais variáveis ambientais mostra que os dois primeiros componentes foram responsáveis por explicar 81,49% da variância total dos dados. O componente principal 1 (PC1), o qual correspondeu a 61,72% da variância total, teve maior influência das variáveis temperatura máxima, temperatura média, umidade relativa do ar, precipitação e dengue. O componente principal 2 (PC2), que evidenciou uma resposta de 19,77% da variância total, teve maior influência da temperatura mínima e, posteriormente, da temperatura média e precipitação. Os valores de cada uma das variáveis, em seus respectivos componentes principais, podem ser observados na tabela 4.

A PCA da relação entre a variável leptospirose com as demais variáveis ambientais estabelece que os dois primeiros componentes principais foram responsáveis por explicar 84,26% da variância total dos dados. O componente principal 1 (PC1), o qual correspondeu a 64,39% da variância total, teve maior influência das variáveis temperatura máxima, temperatura média, umidade relativa do ar, precipitação e leptospirose. O componente principal 2 (PC2), que evidenciou uma resposta de 19,87% da variância total, teve maior influência da temperatura mínima e, posteriormente, da temperatura média e precipitação. Os valores de cada uma das variáveis, em seus respectivos componentes principais, podem ser observados na tabela 4.

Tabela 4: Resultado da variância total de cada variável nos componentes principais 1 e 2.

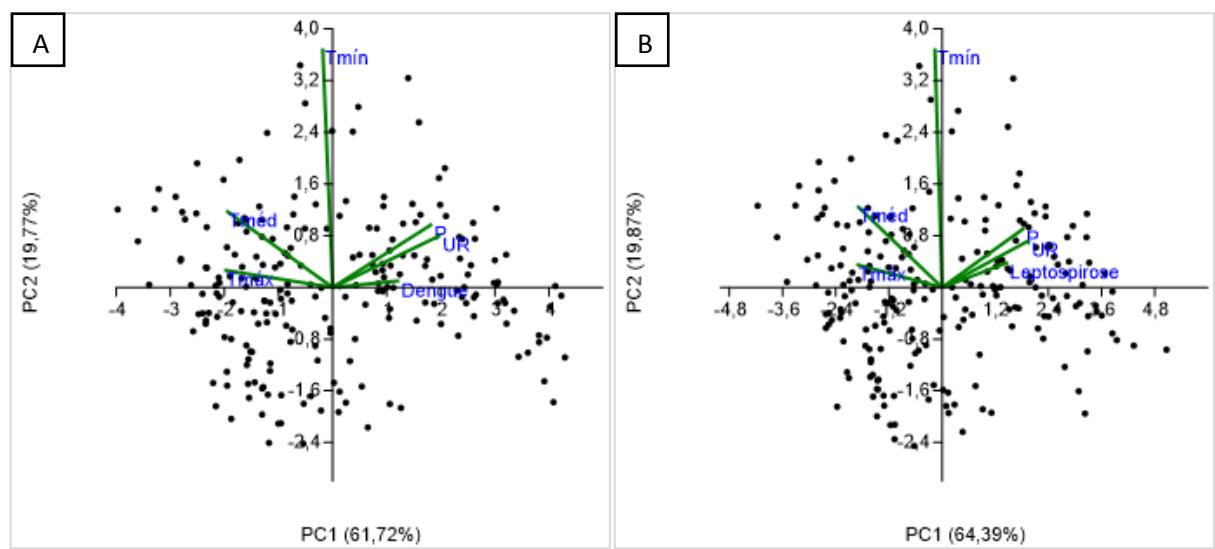
PCA	VARIÁVEL	PC1	PC2
Dengue e Variáveis Ambientais	Dengue	0,30	0,03
	Precipitação	0,45	0,24
	Temperatura Máxima	-0,49	0,07
	Temperatura Média	-0,48	0,29

Leptospirose e Variáveis Ambientais	Temperatura Mínima	-0,04	0,90
	Umidade Relativa do Ar	0,49	0,20
	Leptospirose	0,36	0,09
	Precipitação	0,45	0,22
	Temperatura Máxima	-0,47	0,09
	Temperatura Média	-0,47	0,31
	Temperatura Mínima	-0,04	0,90
	Umidade Relativa do Ar	0,48	0,18

Fonte: Autor, 2022.

A configuração biplot apresentada na figura 12, mostra a variabilidade dos dados e a representatividade das variáveis ambientais em relação a dengue e leptospirose, baseada nas componentes principais: PC1 e PC2.

Figura 12: Configuração biplot, da representatividade das variáveis ambientais em relação a dengue (A) e a leptospirose (B), baseada nas componentes principais 1 e 2.



Fonte: Autor, 2022.

Conforme observado na figura 12, ratificando a discussão anterior, o padrão identificado nos componentes principais em destaque denota uma configuração similar para ambas as doenças, evidenciando uma correlação inversamente proporcional para a temperatura máxima e temperatura média, diretamente proporcional para precipitação e umidade relativa do ar, e, ainda, insignificante para temperatura mínima, resultados dos quais baseiam-se nas estatísticas para um conjunto de dados referentes ao período de 2001 a 2019 e ao município de Belém.

Contudo é perceptível maior atuação das variáveis em questão sobre a leptospirose, justificado, principalmente, conforme Santos e Araújo (2021), pela circunstância favorecida por essas variáveis, as quais propiciam condições ambientais favoráveis a disseminação das doenças mencionadas.

4.4 ANÁLISE DE REGRESSÃO DAS VARIÁVEIS

Conforme constatado nas análises do coeficiente de correlação de Spearman (ρ) e componentes principais, todas as variáveis abordadas neste trabalho indicam um certo grau de correlação, com exceção da variável temperatura mínima a qual apontou resultados que indicam influência insignificante sobre a distribuição das doenças dengue e leptospirose. Baseado nessa apreciação, a execução da metodologia de regressão múltipla compreenderá o método de eliminação backward, conforme a abordagem de Pagliarussi (2018) e Oliveira, Tonin e Vicenzi (2020), onde ocorre a inclusão de todas as variáveis ambientais mencionadas e, posteriormente, são retiradas as variáveis que não apresentam significância, através da análise do teste t para significância dos coeficientes individuais, em que o p-valor $<0,05$ é significativo e $>0,05$ não é significativo e, posteriormente, pelo teste F para significância global da regressão, sendo considerado significativo o p-valor $<0,05$, e não significativo quando o p-valor é $>0,05$.

A análise de regressão linear múltipla para a variável dependente dengue com todas as demais variáveis ambientais apontou um p-valor, pelo teste t, que indica significância para as variáveis: precipitação (0,001), temperatura máxima (0,000) e umidade relativa do ar (0,029). As variáveis temperatura média (0,130) e temperatura mínima (0,707) não apresentaram valores significativos. Apesar do resultado, o modelo com todas essas variáveis ambientais inclusas apresentou significância estatística pelo teste F ($<0,05$).

Com a remoção da variável temperatura mínima, as demais variáveis, inclusive a temperatura média, tiveram p-valores significativos: precipitação (0,001), temperatura máxima (0,000), temperatura média (0,032) e umidade relativa do ar (0,010). Aplicou-se, ainda, um modelo de regressão linear simples com a variável precipitação (0,000). Os modelos obtiveram significância estatística pelo teste F ($<0,05$). Conquanto, nota-se uma redução nos valores dos coeficientes de determinação (R^2 e R^2_{aj}) e um aumento considerável nos erros RMSE e MAPE, conforme pode ser visualizado na tabela 5.

Com relação a variável dependente leptospirose, o p-valor, através do teste t, denotou que nenhuma das variáveis independentes foram significativas: precipitação (0,101), temperatura máxima (0,303), temperatura média (0,330), temperatura mínima (0,477) e umidade relativa do ar (0,696); contudo, em conjunto, evidenciaram um modelo com significância estatística pelo teste F (<0,05).

Foi necessário, portanto, realizar várias combinações para identificar um modelo em que todas as variáveis foram significativas, encontrando-se os seguintes pares: precipitação (0,000) e temperatura máxima (0,000); precipitação (0,000) e temperatura média (0,000); temperatura máxima (0,008) e umidade relativa do ar (0,000); por fim temperatura média (0,036) e umidade relativa do ar (0,000). E, ainda, aplicou-se um modelo de regressão linear simples com a variável precipitação (0,000). Todos esses modelos apontaram significância estatística pelo teste F (<0,05). Apesar disso, os resultados dos coeficientes de determinação diminuíram, enquanto que os erros aumentaram.

Tabela 5: Modelos matemáticos de regressão da distribuição dos casos de dengue e leptospirose.

Variável Dependente	Nº	Modelo Matemático	R² (%)	R²aj (%)	RMSE	MAPE (%)
Dengue	1	= 430,45 - 0,40.P - 116,55.Tmáx + 96,50.Tméd - 13,14.Tmín + 15,62.UR	32,46	30,86	129,03	190,72
	2	= 692,37 - 0,39.P - 112,95.Tmáx + 76,65.Tméd + 13,83.UR	32,41	31,14	129,07	191,88
	3	= 44,74 + 0,30.P	9,47	9,05	149,38	232,41
Leptospirose	1	= 58,69 + 0,01.P - 0,76.Tmáx - 2,04.Tméd + 0,82.Tmín + 0,09.UR	36,15	34,65	4,25	68,00
	2	= 59,51 + 0,01.P - 1,69.Tmáx	35,19	34,59	4,28	69,24
	3	= 76,89 + 0,01.P - 2,70.Tméd	34,76	34,15	4,29	70,12
	4	= 14,87 - 1,31.Tmáx + 0,42.UR	35,20	34,60	4,28	70,01
	5	= 16,88 - 1,82.Tméd + 0,47.UR	34,41	33,80	4,30	71,67
	6	= 2,17 + 0,02.P	30,10	29,77	4,44	73,99

Fonte: Autor, 2022.

Nesse caso, conforme os resultados da tabela 5, o modelo 1, tanto para a variável dengue como leptospirose, mesmo apresentando variáveis que não foram estatisticamente significativas, quando analisadas conjuntamente, seria o modelo mais indicado para prever a

distribuição das doenças, visto que resultou nos maiores valores dos coeficientes R^2 e R^2_{aj} , bem como nos menores erros RMSE e MAPE.

Apesar disso, os modelos apresentados não são considerados satisfatórios, justificados pelos baixos valores dos coeficientes e elevados valores dos erros e, portanto, não houve o desenvolvimento de um modelo matemático aceitável, visto que, segundo Siqueira et al. (2020), quanto mais próximo de 0 (zero) estiver o coeficiente de determinação, mais fraca será a relação entre as variáveis, evidenciando a necessidade de aumentar o período amostral da análise e até mesmo incluir novas variáveis aos modelos, para determinar a aceitabilidade dos mesmos.

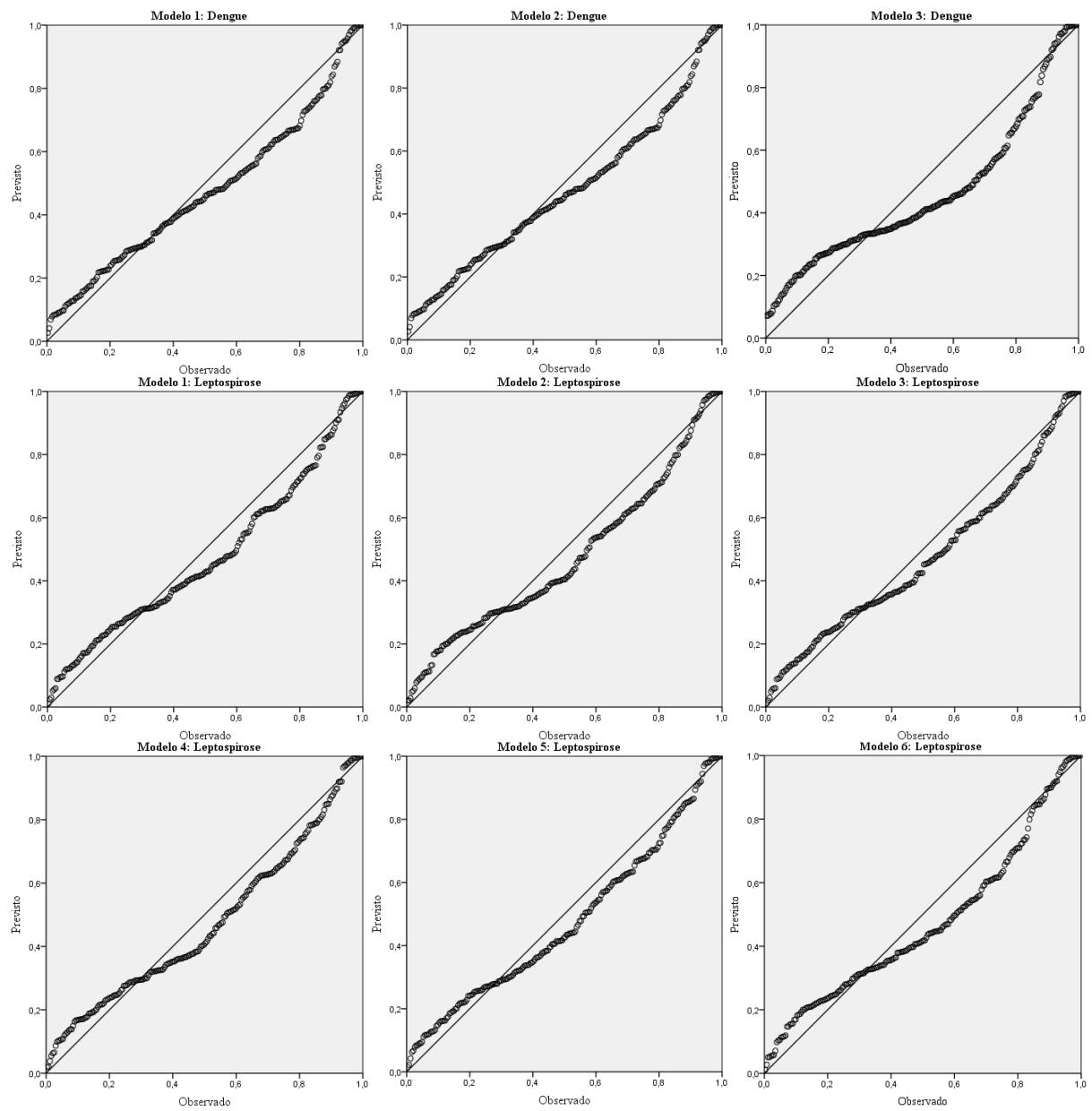
Reafirmando os resultados, conforme Valladares et al. (2019), cujo estudo evidenciou a aplicação de regressão linear em variáveis ambientais e de saúde, os modelos com as variáveis precipitação e temperatura máxima tiveram uma resposta de 66% e 57%, respectivamente, sendo considerados satisfatórios. Diferentemente, o modelo com a variável temperatura média apontou um coeficiente de determinação de 34%, classificando-o como inferior e insatisfatório.

De acordo com a análise de regressão de Souza et al. (2019), a relação entre precipitação e dengue nas mesorregiões do estado do Pará, mais especificamente os municípios de Itaituba e Benevides, obteve um modelo satisfatório, de maneira oposta aos municípios de Oriximiná e Soure os quais a relação, praticamente, não existe, sendo necessário, igualmente na presente pesquisa, considerar condições ambientais e, ainda, sociais.

Segundo Silva et al. (2021), verifica-se que no Brasil ocorre uma associação generalizada de que dengue e leptospirose decorrem da variação pluviométrica, contudo, bem como observado no presente estudo, a variável precipitação, isoladamente, não foi suficiente para explicar a disseminação das doenças mencionadas. Dessa forma, a incidência dessas doenças não deve ser avaliada considerando somente uma única variável, mas um sistema complexo, incluindo variáveis, como infraestrutura sanitária e acesso aos serviços públicos, renda familiar e/ou per capita, índice de vulnerabilidade social, etc., isto é, variáveis correlatas às vertentes ambientais, econômicos, sociais, entre outras.

Corroborando esta discussão, a figura 13 mostra a distribuição dos dados previstos e observados de dengue e leptospirose, com evidente dispersão dos mesmos em relação a reta central, apontando como o modelo mais inferior aquele em que há apenas a variável precipitação como variável independente.

Figura 13: Distribuição normal P-P Plot de regressão padronizada residual das variáveis dependentes dengue e leptospirose.



Fonte: Autor, 2022.

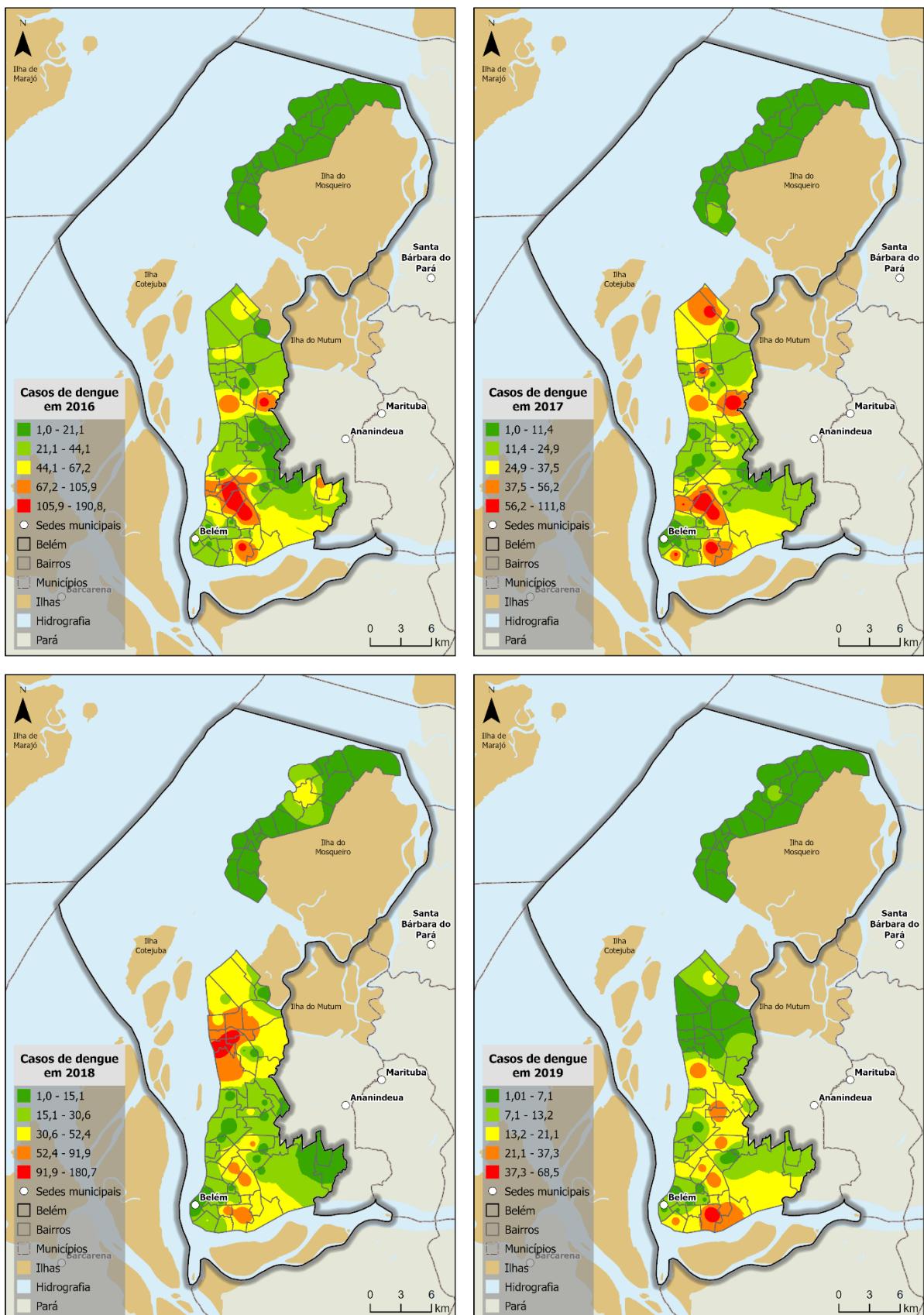
4.5 ANÁLISE DO SANEAMENTO BÁSICO X DENGUE E LEPTOSPIROSE

Segundo Aguiar, Cecconello e Centeno (2019), a boa qualidade ambiental do meio urbano, mais especificamente do município de Belém, incluindo as melhorias na infraestrutura, condições sanitárias e salubridade urbana, podem ser considerados fatores importantes na redução de doenças, principalmente relacionadas a veiculação hídrica.

As figuras 14 e 15 evidenciam a distribuição espacial dos casos de dengue e leptospirose nos bairros de Belém, no período de 2016 a 2019, conjunto de dados disponibilizados pela

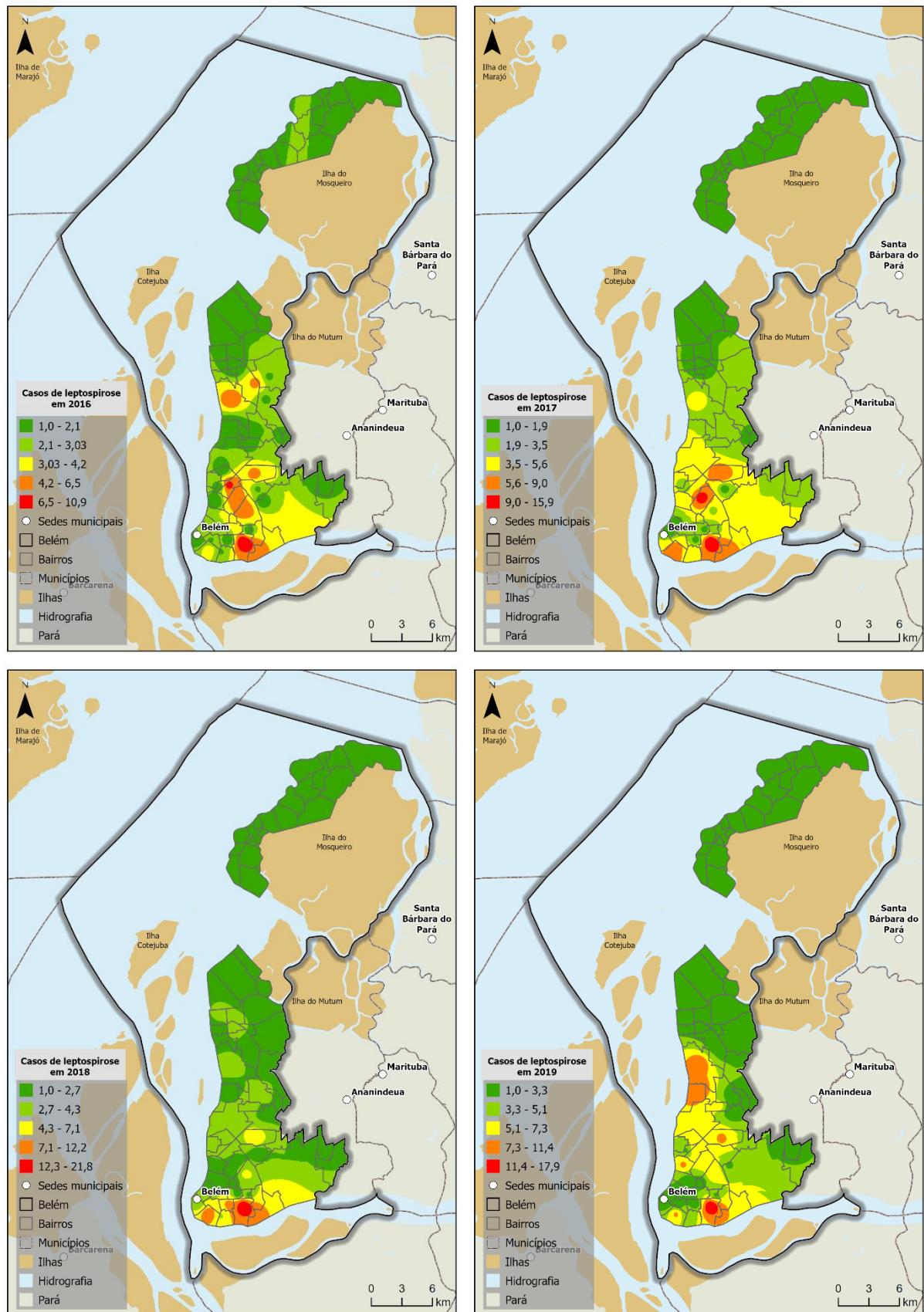
secretaria de saúde do município de Belém. Estas figuras apontam uma configuração colorimétrica, na qual as áreas em vermelho indicam as regiões que tiveram a maior incidência dessas doenças no respectivo ano, e as áreas em verde, com tonalidade mais escura, indicam as regiões com menor incidência das mesmas.

Figura 14: Distribuição espacial dos casos de dengue, no período de 2016 a 2019, nos bairros de Belém.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 15: Distribuição espacial dos casos de leptospirose, no período de 2016 a 2019, nos bairros de Belém.



Fonte: Autor, 2022.

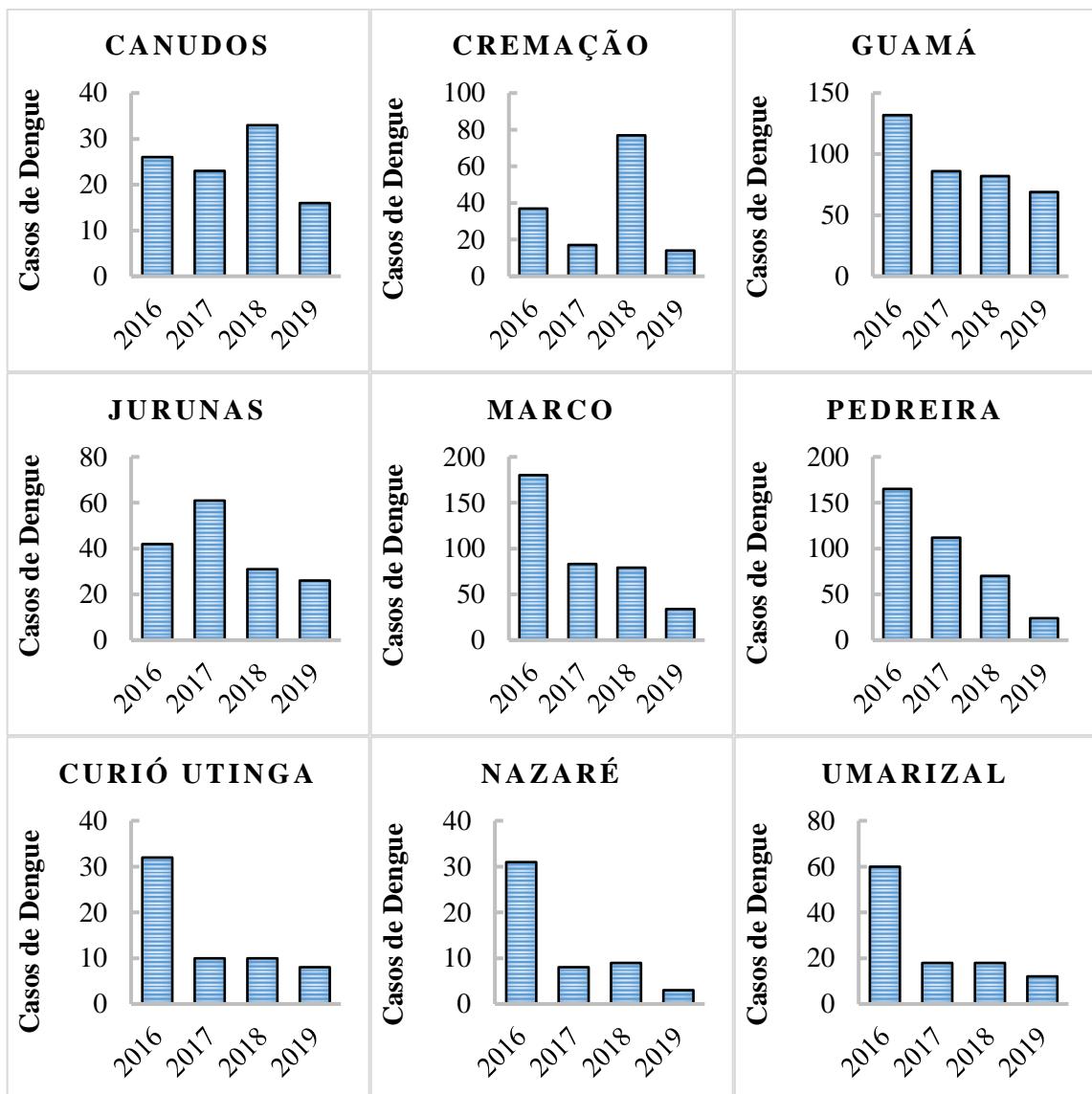
Constata-se uma redução no quantitativo total de dengue e leptospirose no município de Belém, ao longo dos anos. Entretanto, é possível observar que alguns bairros continuam a apresentar maior intensidade de casos, como, por exemplo, os bairros: Guamá, Jurunas e Marco; os quais apresentaram os maiores resultados de dengue e leptospirose entre os anos de 2016 e 2019.

Segundo Brito et al. (2020) e Silva Júnior (2018), estes valores podem estar relacionados ao fato dos bairros mencionados se encontrarem em áreas periféricas e com baixa altitude ou com a ausência de um sistema de drenagem pluvial eficiente, sendo estes fatores primordiais para tornar o local suscetível a inundações e alagamentos, o que favorece a disseminação dos vetores transmissores das doenças em questão.

Além disso, outros fatores podem justificar a distribuição dos casos de dengue e leptospirose no município de Belém, especialmente relacionados aos aspectos sanitários locais, como o lançamento de esgotos domésticos em ambientes que não os sistemas coletores de esgotos, a disposição inadequada de resíduos sólidos e, ainda, as falhas nos sistemas de drenagem pluvial e os possíveis entupimentos da rede coletora pelos resíduos sólidos (LOPES et al., 2021).

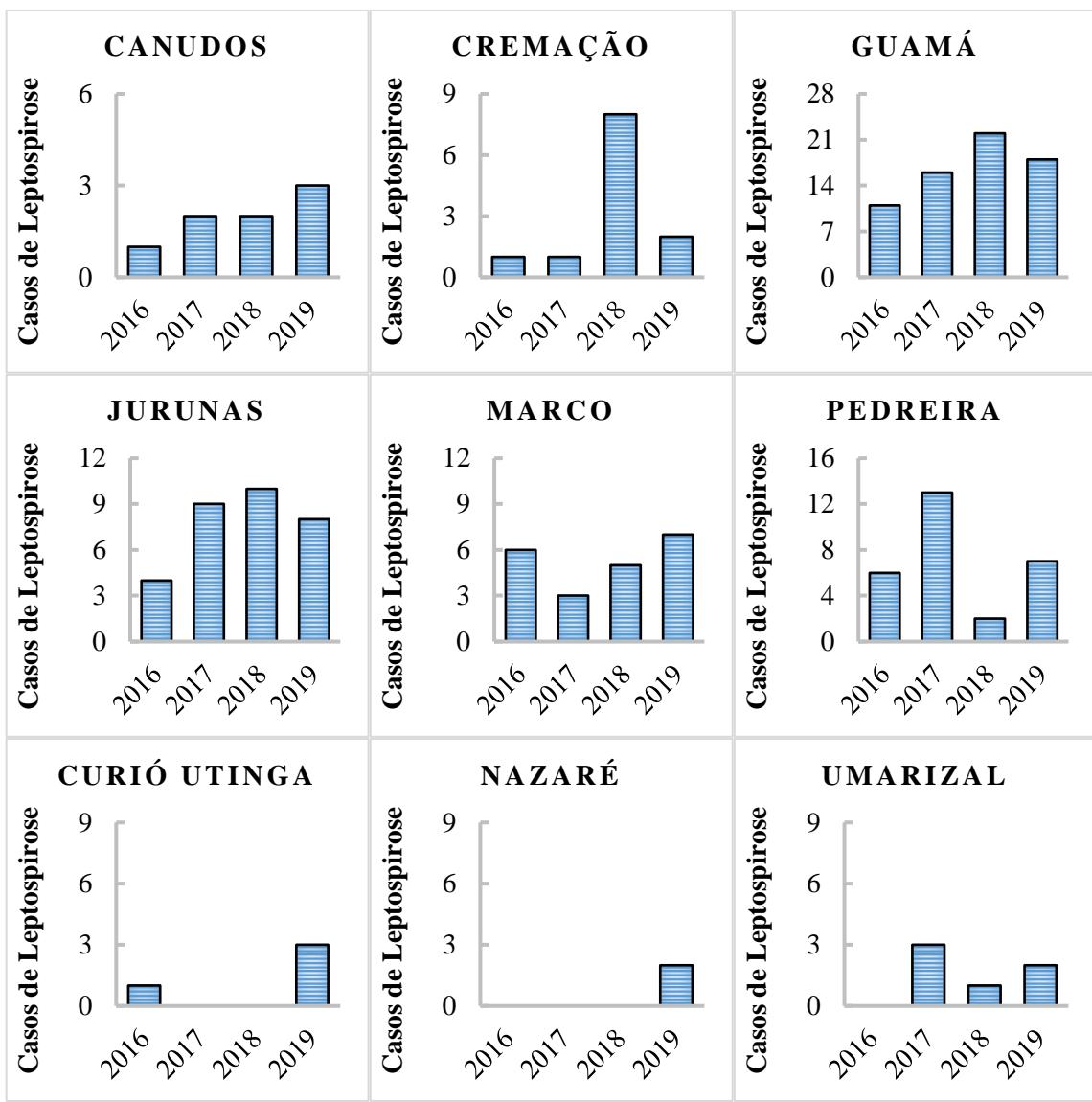
Para complementar a discussão anterior, foram selecionados alguns bairros, que indicaram elevados e baixos número de casos das doenças em questão, com a finalidade de verificar a distribuição temporal das mesmas para uma melhor compreensão dos valores. A variação do quantitativo total de casos distribuídos nesses bairros, no período de 2016 a 2019, conjunto de dados disponibilizados pela secretaria de saúde do município de Belém, pode ser verificada nas figuras 16 e 17.

Figura 16: Quantitativo total de casos dengue em alguns bairros de Belém, no decorrer de 2016 a 2019.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 17: Quantitativo total de casos leptospirose em alguns bairros de Belém, no decorrer de 2016 a 2019.



Fonte: Autor, 2022.

Nota-se, portanto, nas figuras 17 e 16, a queda do número total de casos no município de Belém, a qual é justificada pela redução de dengue e leptospirose em bairros específicos, tais como: Curió Utinga, Nazaré e Umarizal; enquanto outros bairros continuam com altos índices dessas doenças, tais como: Guamá, Jurunas e Marco.

Diversos motivos podem justificar os resultados apresentados, como maior cobertura e atendimento nas unidades de saúde de determinados locais, número de campanhas de notificação dos casos clínicos e, até mesmo, uma possível melhoria nos serviços públicos de saneamento básico como, por exemplo, o esgotamento sanitário que, conforme o estudo feito por Siqueira et al. (2020), demonstrou um avanço no decorrer de 2001 a 2017, motivo favorável

a redução das doenças de veiculação hídrica. Contudo, estes serviços podem estar concentrados em regiões específicas, sendo que as áreas periféricas não recebem o mesmo suporte e são as mais afeadas por essa problemática.

A coleta pública de resíduos domiciliares, por exemplo, atende 96% da população, ou seja, 4% não dispõe desse serviço (SNIS, 2020). Logo, embora este serviço atenda uma maior parcela dos cidadãos, segundo Baia et al. (2021), em áreas onde não há pavimentação asfáltica ou o acesso é mais complicado, o caminhão de coleta tem dificuldade de recolher o material, causando transtornos a comunidade e, portanto, põe em destaque a necessidade de desenvolver alternativas para a referida coleta, principalmente, pelo fato do grau dos riscos ambientais, para tais morbidades, se manter mais elevado quando o lixo é acondicionado de forma incorreta, visto que, além de atrair vetores transmissores de doenças, se torna uma barreira física nas galerias pluviais, muitas vezes ineficientes, agravando as situações de inundações e alagamentos.

Somado a isso, dado que a região de Belém apresenta um elevado regime pluviométrico, bem como um constante processo de urbanização e impermeabilização do solo, em consonância com Silva et al. (2021), a capacidade absortiva do solo torna-se, cada vez mais, reduzida e, por consequência, dificulta a infiltração da água da chuva, aumentando o escoamento superficial, agravando a problemática dos alagamentos e casos de dengue e leptospirose, uma vez que as maiores taxas dessas doenças ocorrem em locais mais suscetíveis às inundações.

Através de uma visita *in loco* realizada no período menos chuvoso, foi possível identificar as características ambientais locais e entender as condições de saneamento vivenciadas pelos moradores desses bairros. Observou-se, nesse caso, áreas sem infraestrutura, ausência de coleta pública de resíduos sólidos com acúmulo dos mesmos nas ruas e canais, precariedade nos sistemas de drenagem pluvial, canais de drenagem sem estruturas de proteção, poças de água, entre outros intempéries, como pode ser visualizado na figura 18.

Figura 18: Problemas de infraestrutura sanitária em alguns bairros com maior número de casos de dengue e leptospirose.



Fonte: Autor, 2022.

Do mesmo modo que na presente pesquisa, o estudo feito por Brito et al. (2020) encontrou problemas semelhantes no mesmo município, evidenciando um sistema de microdrenagem deteriorado, com tampas quebradas ou vedadas por resíduos, vegetação no interior, meios-fios obstruídos, indicando a necessidade de manutenção. Este autor aponta dois aspectos preponderantes na contribuição de tais problemas, sendo eles: o descarte inadequado de resíduos e o baixo percentual de rede coletora de esgoto, comprometendo as águas do ponto de vista sanitário e favorecendo a proliferação de doenças de veiculação hídrica.

Em diálogo com os moradores das áreas periféricas, nos bairros do Marco e Guamá, foi relatado que a coleta dos resíduos não é regular e, muitas vezes, não há tal coleta. Outras queixas são referentes ao despejo inadequado de resíduos sólidos nas ruas e canais por outros moradores, ocasionando mau cheiro, transbordamento dos canais e alagamentos, salientando o conhecimento insuficiente dos conceitos relacionados a sustentabilidade.

Dessa forma, bem como abordado por Viana e Marisco (2019), a ausência de educação e conscientização ambiental, também, são aspectos que contribuem para os impactos negativos ao meio ambiente e ao ser humano. Nesse sentido, constata-se que não somente as variáveis ambientais, mas a inclusão de variáveis sociais, econômicas, e principalmente relacionadas aos aspectos sanitários, conseguem justificar, de forma mais abrangente e completa, os possíveis resultados de dengue e leptospirose e, consequentemente, seus efeitos na saúde humana.

5 CONCLUSÃO

As informações temporais das variáveis ambientais destacaram as relações com as doenças de veiculação hídrica: dengue e leptospirose, evidenciando uma distribuição similar entre as variáveis de forma sazonal. Logo, conforme observado a sazonalidade pode indicar uma possível contribuição nos valores das doenças mencionadas, especialmente no período chuvoso propiciando o aumento do número de casos. Contudo, para o município de Belém, este fator não se limita a variável precipitação, mas a uma série de condições ambientais e climáticas referentes ao período em questão.

A partir da análise de correlação e componentes principais, identificou-se que a doença leptospirose apresentou um padrão de resposta mais suscetível às variações de precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, justificado por diversos fatores locais, inclusive ao conjunto de dados analisados. No entanto, outras regiões podem, ou não, apresentar o mesmo padrão.

A aplicação da regressão linear indicou modelos mais completos, isto é, com maior quantidade de variáveis, sendo os mais adequados para realizar a previsibilidade de casos de dengue e leptospirose. Entretanto, de todos os modelos desenvolvidos neste trabalho, para o município de Belém, nenhum foi considerado satisfatório, evidenciado a importância de incluir informações socioeconômicas nos modelos.

Constatou-se, ainda, que as condições sanitárias e socioeconômicas afetam, de forma assertiva, na saúde da população, visto que apesar da redução dos casos de dengue e leptospirose nos últimos anos, alguns bairros continuam a apresentar altos índices dessas doenças, explicitamente os bairros da periferia, considerados os alagáveis, com precariedade no sistema de coleta pública de resíduos e no sistema de drenagem, acentuando a necessidade de um olhar diferenciado para esta população na esfera das políticas públicas.

Nesse sentido, denota-se que as doenças estudadas neste trabalho apresentam causas multifatoriais e, portanto, além das variáveis ambientais, os aspectos sanitários, sociais, climáticos, econômicos, entre outros aspectos, também são imprescindíveis para elucidar as consequências na saúde humana, uma vez que somente os fatores ambientais não foram suficientes para estimar as variações quantitativas dessas doenças no município de Belém.

Ademais, evidenciando a necessidade de estudos envolvendo a temática abordada, estima-se que este estudo venha servir como referência e auxiliar outras pesquisas, para que se possa identificar os principais agentes que interferem no quantitativo das doenças de veiculação hídrica e, dessa forma, desenvolver modelos de previsibilidade satisfatórios, bem como contribuir para a elaboração e aplicação de políticas públicas que sejam capazes de minimizar esta problemática e promover maior bem-estar social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, M. F.; CECCONELLO, S. T.; CENTENO, L. N. Saneamento básico versus doenças de veiculação hídrica no município de Pelotas/RS. **Holos**, v. 3, p. 1-14, 2019.
- ALENCAR, V. E. S. A.; ROCHA, E. J. P.; SOUZA JÚNIOR, J. A.; CARNEIRO, B. S. Análise de Parâmetros de Qualidade da Água em Decorrência de Efeitos da Precipitação na Baía de Guajará – Belém – PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 661-680, 2019.
- ALMEIDA, C. A. P. **Influência climática e socioambiental na ocorrência espaço-temporal da dengue, zika e Chikungunya no Recife – PE**. 2021. 110 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.
- ALMEIDA, C. A. P.; SILVA, R. M. Spatial modeling of the dengue cases and socio-environmental variables in João Pessoa, Cabedelo and Bayeux, Paraíba State. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 5, p. 1455-1470, 2017.
- ALMEIDA, D. S.; RUDKE, A. P.; MARTINI, N. C.; COSTA, S. C.; BEAL, A.; RIBEIRO, M.; MARTINS, L. D. Estudo da relação entre variáveis meteorológicas e ocorrência de casos de dengue em Londrina – PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 7, p. 3857-3866, 2022.
- ALMEIDA, L. S.; COTA, A. L. S.; RODRIGUES, D. F. Sanitation, Arboviruses, and Environmental Determinants of Disease: impacts on urban health. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 10, p. 3857-3868, 2020.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, A. D. G.; SILVA, C.; PEREIRA, S. D. F. P.; MENDES, M. P.; LIMA, L. N. F.; ALVES, S. S. S.; BATISTA, D. S. Análise do controle do vetor da dengue no distrito administrativo da Sacramento em Belém do Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 14955-14978, 2021.
- ANDRADE, H. O clima urbano: natureza, escalas de análises e aplicabilidade. **Finisterra**, v. 40, n. 80, p. 67–91, 2005.
- ANDRADE, R. L. M.; SPALA, M. R.; SILVA, G.; RIBEIRO, F. A. S.; BERTOLDE, A. I.; DANTAS, A.; SILVA, R. C.; MORELLATO, S. A.; RAMALHO, W. M. Doenças e agravos de notificação compulsória e condições socioambientais: estudo ecológico, Espírito Santo, 2011-2015. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v. 30, n. 2, e2020324, 2021.
- ARAÚJO, R. A. F.; UCHÔA, N. M.; ALVES, J. M. B. Influência de Variáveis Meteorológicas na Prevalência das Doenças Transmitidas pelo Mosquito *Aedes Aegypti*. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 439-447, 2019.

ARAÚJO, V. E. S. **Análise de alguns parâmetros de qualidade da água na baía do Guajará em Belém-PA e os efeitos do regime pluviométrico e de marés.** 2018. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os Trópicos.** 15 ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 2011.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1988.

AZEVEDO, J. V. V.; SANTOS, C. A. C.; SILVA, M. T.; OLINDA, R. A.; SANTOS, D. A. S. Análise das variações climáticas na ocorrência de doenças respiratórias por influenza em idosos na região metropolitana de João Pessoa - PB. **Sociedade & Natureza**, v. 29, n. 1, p. 123-135, 2017.

BAIA, R. D. P. F.; NUNES, L. M. C.; ALMEIDA, D. A.; SILVA, F. C.; CHAVES, A. F. F. Qualidade de saneamento básico e saúde de moradores do entorno de áreas alagáveis no município de Belém/PA. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 41267-41280, 2021.

BARROS, C. G. D. **Contribuição à regionalização de vazão mínima de referência na Amazônia Legal.** 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

BELÉM. **Lei Municipal nº 7.806, de 30 de julho de 1996.** Delimita as áreas que compõem os bairros de Belém, revoga a lei nº 7.245/84, e dá outras providências. Disponível em: <<https://cm-belem.jusbrasil.com.br/legislacao/581764/lei-7806-96>>. Acesso em: 18 abr. 2021.

BENÍTEZ, Y.M.; CORTÉS, K.J.M.; MONTENEGRO, E.G.M.; GARCÍA, V.H.P.; DÍAZ, A.L.M. Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito Aedes spp. y la transmisión del virus del dengue. **CES Medicina**, v. 33, n. 1, p. 42-50, 2019.

BEZERRA, A. C. V. Environmental health surveillance in Brazil: inheritance and challenges. **Saúde e Sociedade**, v. 26, n. 4, p. 1044-1057, 2017.

BEZERRA, A. D. A.; ARAUJO, R. O.; ARAÚJO, F. G. D. M.; NOGUEIRA, E. R.; BRANDÃO, M. G. A.; PANTOJA, L. D. M. Avaliação da qualidade microbiológica de água subterrânea proveniente de poços da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 2, p. 80-85, 2020.

BRASIL. **Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; [...] e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 09 jul. de 2021.

_____. Instituto Trata Brasil. **Ranking do Saneamento 2021.** 2021. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/novo-ranking-do-saneamento-2021>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 220 p.

BRITO, F. S. L.; ROSÁRIO, K. K. L.; MORAIS, M. S.; CRUZ, R. H. R. Drenagem urbana e sua influência na epidemiologia de leptospirose na cidade de Belém-Região Amazônica do estado do Pará. **Revista de Geografia**, v. 37, n. 3, 2020.

CARDOSO, R. S. **Modelagem do microclima e estratégias de mitigação do calor urbano em zonas climáticas locais**. 2021. 154 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2021.

CASTRO, M. L.; GOMES, A. C. S. Previsão das internações de crianças por bronquite e bronquiolite aguda em Porto Alegre-RS, via variáveis climáticas. **Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente**, v. 7, n. 3, p. 87-104, 2019.

CHRISTOPHERSON, R. W.; BIRKELAND, G. H. **Geossistemas: uma introdução à geografia física**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

CRUZ, G. C. F. Urban climate and vegetation: the role of a forest area in the formation of a cold island. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 12870-12888, 2021.

DÉGALLIER, N.; SERVAIN, J.; HANNART, A.; DURAND, B.; SOUZA, R. N.; RIBEIRO, Z. M. **Impactos climáticos sobre a transmissão da dengue no nordeste do Brasil**. Projeto Clima do Atlântico Tropical e Impactos sobre o Nordeste. Fortaleza: FUNCEME, 2010.

DUARTE, J. L.; GIATTI, L. L. Leptospirosis incidence in a state capital in the Western Brazilian Amazon and its relationship with climate and environmental variability, 2008-2013. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 28, n. 1, e2017224, 2019.

DUTRA, F. R. L. S.; QUADRO, M. F. L.; MÜLLER, G. V.; VALADÃO, R. C. Associações entre a zona de convergência do Atlântico Sul e o El Niño e sua influência sobre a distribuição espaço temporal da leptospirose em Minas Gerais. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 14, n. 27, p. 1-13, 2018.

FÁTIMA, M. **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 Ciências de Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

FERNANDES, S. C. M.; SILVA, L. O. P. L. F. Ação antrópica e influência em termos bioclimáticos: parâmetros para regeneração na Bacia hidrográfica do Aricanduva, no município de São Paulo. **ClimaCom – Coexistências e cocriações**, v. 8, n. 20, 2021.

FERREIRA, A. C.; CHIARAVALLOTTI NETO, F.; MONDINI, A. Dengue in Araraquara, state of São Paulo: epidemiology, climate and *Aedes aegypti* infestation. **Revista de Saúde Pública**, v. 52, n. 18, p. 1-10, 2018.

FERREIRA, I. S. B. **Análise do sistema de medição e de fatores do ângulo de repouso em fertilizantes**. 2019. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2019.

FERREIRA, L. S.; DUARTE, D. H. S. Exploring the relationship between urban form, land surface temperature and vegetation indices in a subtropical megacity. *Urban Climate*, v. 27, p. 105-123, 2019.

FILHO, J. M.; TEIXEIRA, A. H. Temperatura do ar. **Agência de Informação Embrapa**, 2021. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_79_24112005115223.html>. Acesso em: 09 jul. 2021.

FITTE, B. **Parasitosis de riesgo sanitario en roedores sinantrópicos: una problemática emergente de la urbanización actual**. 2019. 157 f. Tese (Doutorado em Ciência Naturais) – Universidad Nacional de La Plata, La Plata, 2019.

FRANCO, V. S.; SOUZA, E. B.; COSTA, C. P. W.; FERREIRA, D. S.; OLIVEIRA, J. V.; SODRÉ, G. R. C.; KUHN, P. A. F.; AZEVEDO, F. T. M. Prognóstico sazonal da precipitação para o verão e outono austral da Amazônia oriental. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 12, n. 1, p. 057-070, 2019.

FREITAS, A. D.; REGINO, J. E. B. A legislação para a quantidade permitida de agrotóxicos na água: os casos do Brasil e da União Europeia. *Informe Econômico*, v. 41, n. 2, p. 131-146, 2020.

FUNARI, L. M. **Motivações e métodos de previsão de demanda aplicados a eventos**. 2021. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

FURTADO, A. N. R.; LIMA, A. S. F.; OLIVEIRA, A. S.; TEIXEIRA, A. B.; FERREIRA, D. S.; OLIVEIRA, E. C.; CAVALCANTI, G. B.; SOUSA, W. A.; LIMA, W. M.; LIMA, W. M. Dengue e seus avanços. *Rev. Bras. Anal. Clin.*, v. 51, n. 3, p. 196-201, 2019.

GHIZZO FILHO, J.; FREITAS, P. F.; NAZÁRIO, N. O.; PINTO, G. A.; NUNES, R. D.; SCHLINDWEIN, A. D. Análise temporal da relação entre leptospirose, níveis pluviométricos e sazonalidade, na região da Grande Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2005-2015. *Arquivos Catarinenses de Medicina*, v. 47, n. 3, p. 116-132, 2018.

GIMENEZ, D. F. S. **Análise da precipitação pluvial e ocorrências de desastres naturais no estado de São Paulo (1976-2012)**. 2017. 98 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

GOBBI, V. A. S. **Análise dos componentes principais para características de desempenho e carcaça de ovinos mestiços Suffolk**. 2020. 45 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade de Uberaba, Uberaba, 2020.

GOMES, F. J. D. **Relação entre variáveis meteorológicas e cobertura do céu na região central de Cuiabá e entorno**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

GONÇALVES, A. P. P.; MELO, A. C.; SANTOS, I. C.; FAZOLI, K. G. Z.; TREVISANI, A. C.; CAMILO, F. F.; GONÇALVES, D. D. Aspectos epidemiológicos da dengue e leptospirose

em um município de região fronteiriça do Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 43085-43097, 2020.

GONÇALVES, C. W. B.; SILVA, F. C.; MILHOMEM, C. H. C.; VASCONCELOS, M. M. R.; SILVEIRA, J. M.; PITA, D. F. Q.; D'ALESSANDRO, W. B.; BRITO, A. K. L. Análise de aspectos epidemiológicos da dengue no estado do Tocantins. **Revista de Patologia do Tocantins**, v. 6, n. 4, p. 13-19, 2019.

GONÇALVES, M. F. **Regionalização e estimativa de chuvas do estado do Pará**. 2014. 176 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

GOUVÊA Jr., M. M. Time-spatial model on the dynamics of the proliferation of *Aedes aegypti*. **Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation**, v. 44, p. 130-143, 2017.

GUEDES, D. P.; BRAGA, K. L.; SILVA, M. L.; MEDEIROS, R. L. S. F. M. Diagnóstico e Tratamento de Pacientes com Leptospirose No Brasil: Revisão da Literatura. **Revista de psicologia**, v. 14, n. 53, p. 706-717, 2020.

GUTIÉRREZ, K. A. R. **Variáveis meteorológicas e casos de leptospirose na Colômbia: um estudo ecológico**. 2019. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2019.

HABUS, J.; PERSIC, Z.; SPICIC, S.; VINCE, S.; STRITOF, Z.; MILAS, Z.; CVETNIC, Z.; PERHARIC, M.; TURK, N. New trends in human and animal leptospirosis in Croatia, 2009–2014. **Acta tropica**, v. 168, p. 1-8, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/panorama>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

JANUARIO, A. P. F. **Análise estatística da produção de vitelão Mertolengo**. 2021. 93 f. Dissertação (Mestrado em Modelação Estatística e Análise de Dados) – Universidade de Évora, Évora, 2021.

JOSHI, Y. P.; KIM, E. H.; CHEONG, H. K. The influence of climatic factors on the development of hemorrhagic fever with renal syndrome and leptospirosis during the peak season in Korea: an ecologic study. **BMC infectious diseases**, v. 17, n. 1, p. 1-11, 2017.

LIMA, C. E. P. As mudanças ambientais e a saúde humana: impactos da degradação ambiental sobre surtos de doenças infecciosas. **Embrapa**, 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/52769086/artigo---as-mudancas-ambientais-e-a-saude-humana-impactos-da-degradacao-ambiental-sobre-surtos-de-doencas-infecciosas>>. Acesso em: 13 jul. 2021.

LIMA, J. R. **Dinâmica climática, queimadas e doenças respiratórias em Palmas – TO**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2018.

LIMA, J. S.; SANTOS, G. C. S.; RODRIGUES, R. S. S.; SANTOS, F. V. Morbidade e mortalidade por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado em Belém do Pará. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 115-132, 2018.

LOPES, M. S. B.; PONTES, W. R.; COSTA, A. N.; CUNHA, M. V. P. O.; CHAVES, A. F. F.; LOPES, D. F. Uso de indicadores de saneamento ambiental, na bacia hidrográfica do Tucunduba, visando a redução das doenças de veiculação hídrica. **Nature and Conservation**, v.14, n.1, p.107-115, 2021.

LUDKE, M.; ANDRE, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: uma abordagem qualitativa**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2013.

MARQUES, W. A. **Bioecologia e vigilância entomológica de mosquitos vetores de dengue em duas localidades distintas do município de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Brasil, associado a ações de divulgação e conscientização**. 2018. 101 f. Tese (Doutorado em Medicina Tropical) - Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2018.

MARTINS, M. H. M.; SPINK, M. J. P. A leptospirose humana como doença duplamente negligenciada no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 3, p. 919-928, 2020.

MAY, S. **Estudo de viabilidade de aproveitamento de água de chuva para o consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MIOT, H. A. Avaliação da normalidade dos dados em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 16, n. 2, p. 88-91, 2017.

MONTEIRO, C. A. F; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. 1 ed. São Paulo: Contexto, 2003.

MOREIRA, F. S. A.; DIAS, G. F. M.; VITORINO, M. I.; SILVA, J. C. C.; HOLANDA, B. S. Caracterização da urbanização e seu impacto nas variáveis socioambientais: Guamá e Nazaré em Belém, Pará. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 5, n. 17, p. 01-27, 2019.

MOREIRA, F. S. A.; FERREIRA, G. R. B.; DIAS, L. C.; VITORINO, M. I. Variability temporal space of precipitation in the City of Belém-PA and its relation with the incidence of Leptospirosis. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 1, p. 071-080, 2019.

MOREIRA, F. S. A.; VITORINO, M. I. Relação de áreas verdes e temperatura da superfície para a cidade de Belém. **Papers do Naea 369**, p. 1-25, 2017.

MORRISON, D. F. **Multivariate statistical methods**. 2. ed. Singapore: McGraw Hill, 1976.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. 1. ed. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

NOGAROTTO, D. C.; LIMA, M. R. G.; POZZA, S. A. Análise de componentes principais para verificar relação entre variáveis meteorológicas e a concentração de MP10. **Holos**, v. 1, p. 1-17, 2020.

OGDEN, N.H. Climate change and vector-borne diseases of public health significance. **FEMS Microbiology Letters**, v. 364, n. 19, 2017.

OLIVEIRA, C. C.; RUPP, R. F.; GHISI, E. Influência da umidade do ar no conforto térmico de usuários de edificações de escritórios em Florianópolis/SC. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 4, p. 7-21, 2020.

OLIVEIRA, D. M.; REBOITA, M. S.; ROCHA, R. P. A influência da topografia da região sul de Minas Gerais nas variáveis atmosféricas simuladas com o RegCM4. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 758-772, 2018.

OLIVEIRA, L.; TONIN, P. C.; VICENZI, S. L. Comportamento dos custos totais de produção no segmento da avicultura de postura no estado do Paraná: estudo baseado na análise de regressão linear múltipla. **Revista Produção Online**, v. 20, n. 1, p. 28-46, 2020.

OLIVEIRA, M. R. **Análise espaço-temporal da influência de variáveis ambientais em saúde**. 2018. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica) – Universidade do Porto, Porto, 2018.

OLIVER, J. F.; FAIRBRIDGE, R. W. **Encyclopedia of Climatology**. New York: V. N. Reinhold, 1987.

ORIGUELA, L. A. **Estudo da influência de eventos sobre a estrutura do mercado brasileiro de ações a partir de redes ponderadas por correlações de Pearson, Spearman e Kendall**. 2018. 86 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Organizações) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

PAGLIARUSSI, M. S. O ensino do modelo clássico de regressão linear por meio de simulação de Monte Carlo. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 12, p. e152100-e152100, 2018.

PATRÍCIO, M.; LOUREIRO, M.; CARAMELO, F. **Bioestatística com SPSS abordagem prática**. Lisboa: Plátano Editora, 2017.

PÉDELABORDE, P. **Introduction à l'étude scientifique du climat**. Paris, Centre de Documentation Universitaire, 1959.

RABELO, A. E. C. G. C.; RIBAS, L. V. S.; COUTINHO, A. P.; NETO, A. R.; ANTONINO, A. C. D. Espacialização dos Parâmetros de Equações de Chuvas Intensas para a Região Metropolitana do Recife. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1542-1554, 2018.

RAMALHO, Y. B. **Correlação entre casos de leptospirose e o índice pluviométrico no município de João Pessoa – Paraíba**. 2020. 43 f. Monografia (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2020.

REGANHA, D. M. A. **Estudo de caso sobre a correlação existente entre a performance financeira das sociedades anónimas desportivas e a performance desportiva dos clubes**. 2021. 112 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Empreendedorismo) – Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa, Lisboa, 2021.

- RENCHER, A. C. **Methods of Multivariate Analysis**. 1. ed. New York: John Wiley & Sons, 1995.
- RIBEIRO, A. G. As Escalas do Clima. **Boletim de Geografia Teórica**, v. 23, n. 45-46, p. 288-294, 1993.
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- RODRIGUES, H. D.; PINTO, G. M. C.; PEDROSO, B. Efeitos de diferentes modelos de treinamento de força e flexibilidade no desempenho do teste de salto horizontal e sentar-e-alcançar em jogadores de voleibol. **Caderno de Educação Física e Esporte**, v. 18, n. 3, p. 63-69, 2020.
- ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALES, G. L. **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas**. 1. ed. Brasília: ETB, 2019.
- RUDIO, F. V. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 9. ed. Petrópolis: Vozes, 1985.
- SALES, D. M. **Clima e doenças respiratórias: inter-relações no município de Belo Horizonte (MG)**. 2019. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.
- SANTIAGO, T. P.; RIBEIRO, I. R.; GONSALES, M. S.; NEVES, S. A. V. M. Epidemiologia da leptospirose em uma capital da Amazônia Sul-Oeste, entre 2012 a 2017. **Scientia Naturalis**, v. 3, n. 5, p. 2210-2217, 2021.
- SANTOS, F. F. S.; ARAÚJO, H. M. Clima e fatores socioambientais na configuração espacial da leptospirose em Aracaju/SE. **Revista Equador**, v. 10, n. 01, p. 303-328, 2021.
- SANTOS, F. S. D; PINTO, J. A.; MACIEL, F. M.; HORTA, F. S.; ALBUQUERQUE, T. T. D. A.; ANDRADE, M. D. F. Avaliação da influência das condições meteorológicas na concentração de material particulado fino (MP2,5) em Belo Horizonte, MG. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 371-381, 2019.
- SARAIWA, A. L. B.; VALE, C. C.; ZANELLA, M. E. Comportamento dos elementos climáticos no município de Mossoró (RN) e os impactos na saúde humana. **Revista GeoInterações**, v. 1, n. 1, p. 87-105, 2017.
- SCHOBER, P.; BOER, C.; SCHWARTE, L. A. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. **Anesthesia and Analgesia**, v. 126, n. 5, p. 1763-1768, 2018.
- SERRÃO, S. L. C.; BELATO, L. S.; DIAS, R. P. The natural and environmental vulnerability of the municipality of Belém (PA). **Nature and Conservation**, v. 12, n. 1, p. 36-45, 2019.
- SHAHIDIAN, S.; GUIMARÃES, R. C.; RODRIGUES, C. M.; CHAMBEL, A.; ALEXANDRE, C. A.; SANTOS, F. L.; BASCH, G.; ANDRADE, J. A.; COELHO, R. **Hidrologia Agrícola**. 2. ed. Évora: ECTUÉ e ICAAM, 2017.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591, 1965.

SILVA JÚNIOR, A. R. **Indicadores de vulnerabilidade, risco socioambiental e educação ambiental para prevenção e mitigação de desastre natural na bacia hidrográfica do Tucunduba, Belém-PA.** 2018. 91 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

SILVA, A. E. P.; LATORRE, M. D. R. D. O.; CHIARAVALLOTTI NETO, F.; CONCEIÇÃO, G. M. D. S. Tendência temporal da leptospirose e sua associação com variáveis climáticas e ambientais em Santa Catarina, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, n. 03, p. 849-860, 2022.

SILVA, I. R. **Relação entre variáveis ambientais e problemas respiratórios em crianças da cidade de Canoas, Rio Grande do Sul.** 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

SILVA, M. R. **Influência do relevo e uso da terra nas variações locais de temperatura e umidade relativa do ar em Belo Horizonte, Ibirité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro MG.** 2018. 186 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

SILVA, T. R.; MEIRELLES-BARTOLI, R. B.; BLANKENHEIM, T. M.; SANTOS, R. F.; MARTINS, A. V.; RAMOS, D. G. S.; AMARAL, A. V. C.; ASSIS, N. A.; MATHIAS, L. A. Rainfall changes and incidence of leptospirosis in humans in the State of Minas Gerais, Brazil, from 2001 to 2017. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e58410112089, 2021.

SIQUEIRA, I. S.; LISBÔA, E. G.; COUTO, M. H. S. H. F.; VIEIRA, B. S.; BELLO, L. A. L.; LISBÔA, E. G.; TOURINHO, H. L. Z.; CORRADI, A. L.; Análise dos condicionantes Sócio-Ambientais na incidência de dengue na cidade de Belém / PA: Aplicação do Modelo de Regressão Linear Múltipla. **Braz. J. of Develop.**, v. 6, n. 10, p. 80979-80991, 2020.

SIQUEIRA, I. S.; QUEIROZ, J. C. B.; AMIN, M. M.; CÂMARA, R. K. C. A relação da incidência de casos de dengue com a precipitação na área urbana de Belém-PA, 2007 a 2011, através de modelos multivariados de séries temporais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 2, p. 380-389, 2018.

SNIS. **Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento.** 2020. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

SOBRAL, M. F. F.; SOBRAL, A. I. G. P. Cases of dengue and urban waste collection: a study in the City of Recife. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 24, n. 3, p. 1075-1082, 2019.

SOUZA, G. S. **O clima e as práticas agrícolas urbanas e periurbanas em Natal (RN):** análise sobre as ilhas de calor urbanas. 2021. 119 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2021.

SOUZA JÚNIOR, M. F. **Avaliação da qualidade da água de abastecimento humano do sistema integrado de Araçagi/Tauá.** 2021. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2021.

SOUZA, A.; SANTOS, D. A. S. Análise das componentes principais no processo de monitoramento ambiental. **Nativa**, v. 6, n. 6, p. 639-647, 2018.

SOUZA, B. A. **Gestão de Áreas Protegidas e a Conservação da Biodiversidade: Uma Análise da Área de Proteção Ambiental Ilha do Combú, Belém-Pará-Amazônia-Brasil.** 2020. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Ambiente) – Universidade do Porto, Porto, 2020.

SOUZA, F. G. C. **Previsão de evasão e retenção escolar no ensino médio profissional:** uma abordagem baseada em redes neurais artificiais. 2021. 64 f. Dissertação (Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica) – Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Salgueiro, 2021.

SOUZA, F. X. S.; CARMO, M. R.; CRUZ JUNIOR, H. E.; SOUZA, G. R.; LOPES, E. E. L.; SILVA, L. E. Changes in the urban climate of Paranaguá due use and occupancy of urban land. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v. 5, n. 2, p. 5-01-26, 2020.

SOUZA, J. T. **Métodos de seleção de atributos e análise de componentes principais:** um estudo comparativo. 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

SOUZA, L. P.; TORRES, E. E. S. A.; XAVIER, B. V. M. P.; SOUTO, C. K. B.; BARROS, K. C.; TELES, A. I. L. Approaching the current situation of the urban drainage system and solid waste of Curió Utinga-Belém/PA. **Braz. J. of Develop**, v. 5, n. 8, p. 13397-13407, 2019.

SOUZA, M. W. O.; SANTOS, F. C.; MARTINS, H. S. M.; PARENTE, A. T.; COSTA, A. C. L. A incidência de casos de dengue e sua relação com a precipitação nas mesorregiões de um estado da Amazônia brasileira. **International Journal of Development Research**, v. 9, n. 11, p. 31624-31631, 2019.

STOLERMAN, L. M.; MAIA, P. D.; KUTZ, J. N. Forecasting dengue fever in Brazil: An assessment of climate conditions. **PloS one**, v. 14, n. 8, p. e0220106, 2019.

STOLLE, L., VELOZO, D. R., DALLA CORTE, A. P., SANQUETTA, C. R., & BEUTLING, A. Modelos hipsométricos para um povoamento jovem de *Khaya ivorensis* A. Chev. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 2, p. 231-236, 2018.

VALLADARES, G. S.; HASSUM, I. C.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; SANTOS, A. C. Influência de variáveis ambientais na ocorrência da dengue utilizando geoprocessamento em Teresina, Piauí. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 15, n. 34, p. 102–114, 2019.

VARELA, A. W. P.; SOUZA, A. J. N.; AVIZ, M. D.; PINFILDI, G. V.; SANTOS, R. M.; SOUSA, P. H. C.; SANTOS, M. L. S. Qualidade da água e índice de estado trófico no Rio Guamá, município de Belém (Pará, Brasil). **R. gest. sust. ambient.**, v. 9, n. 4, p. 695-715, 2020.

VIANA, N. L.; MARISCO, G. A importância da conscientização ambiental sobre o descarte de resíduos animais em trabalhos científicos e nos espaços educacionais. **Scientia Amazonia**, v. 8, n. 3, p. 43-54, 2019.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia e aplicações**. 1. ed. Viçosa: UFV, 1991.

VILA NOVA, F. V. P.; TENÓRIO, N. B. Doenças de Veiculação Hídrica associadas à degradação dos recursos hídricos, município de Caruaru-PE. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 71, p. 250-264, 2019.

WHO. World Health Organization. **Creating health cities in the 21st century**. Geneva, 1996. (WHO/EOS/96.9).

WILKS, S. D. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2006.