



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

ANTONIO FERREIRA LIMA JÚNIOR

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA DENGUE EM FORTALEZA E SUA RELAÇÃO
COM O CLIMA URBANO E VARIÁVEIS SOCIOAMBIENTAIS**

FORTALEZA

2018

ANTONIO FERREIRA LIMA JÚNIOR

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA DENGUE EM FORTALEZA E SUA RELAÇÃO
COM O CLIMA URBANO E VARIÁVEIS SOCIOAMBIENTAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Orientador: Profa. Dra. Maria Elisa Zanella.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L696a Lima Júnior, Antonio Ferreira.
Análise espaço-temporal da dengue em Fortaleza e sua relação com o clima urbano e variáveis socioambientais / Antonio Ferreira Lima Júnior. – 2018.
169 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2018.
Orientação: Profa. Dra. Maria Elisa Zanella.
1. Clima urbano. 2. Dengue. 3. Modelagem. I. Título.

CDD 910

ANTONIO FERREIRA LIMA JÚNIOR

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA DENGUE EM FORTALEZA E SUA RELAÇÃO
COM O CLIMA URBANO E VARIÁVEIS SOCIOAMBIENTAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Aprovada em: 23/03/2018.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Elisa Zanella (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Marta Celina Linhares Sales
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Adilson Wagner Gandú
Universidade de São Paulo (USP)

Prof. Dr. Emerson Galvani
Universidade de São Paulo (USP)

Aos que acreditaram.

AGRADECIMENTOS

Agradecer, talvez seja o ato de maior nobreza do ser humano. Ser grato, é lembrar de sua trajetória, do seu caminho, e das diversas pessoas e situações que contribuíram para o final de uma história. Essa sessão é dedicada a todos que de alguma forma fizeram parte desta jornada, me incentivando, apoiando, ensinando, se preocupando, ou seja, àqueles que me viram crescer e que de alguma forma são responsáveis por esse momento.

À minha família, grande família, de inúmeros apoiadores, deixo aqui meus mais sinceros agradecimentos. Aos meus pais, Maria Vanderlea e Antonio Ferreira, vocês são (e digo isso sem pestanejar) os verdadeiros responsáveis por esse trabalho, agradeço pelo amor, carinho, apoio e confiança que depositaram em mim, sem vocês eu não seria o homem que sou. Não posso esquecer da minha “princesa” Victória, minha sobrinha amada, que sempre depois de um dia intenso de trabalho e pesquisa, perguntava como tinha sido meu dia, e lia meus livros de climatologia mesmo sem entender. Às minhas irmãs, Viviane e Liliane, aos meus primos, Adriano, Hyago, Karen, Matheus, Lucas, Rayane, Danuso, Rodrigo, Kélvia, vocês foram fundamentais nessa conquista.

Quando as dificuldades pareciam enormes, a insegurança se instalava, e os medos prevaleciam, houve alguém que esteve sempre comigo, talvez, a única pessoa que realmente sabia de todos esses sentimentos ruins, e que sempre esteve comigo, aconselhando ou simplesmente oferecendo seu ombro, agradeço ao Leonardo Moreira, por ser meu porto seguro e nunca desistir de mim.

Ao meu mais leal amigo, Samuel Pinheiro, presente que a Geografia me deu, sou grato por todos os momentos vividos, foram quatro anos de graduação, aos quais não seriam possíveis sem seu apoio e companheirismo, foram trabalhos, artigos, viagens, confidências, aos quais sempre serei grato. Já aproveito para agradecer também à Letícia Freitas e Raina Cândido, colegas de turma que se tornaram amigas para a vida toda, onde nossa maior alegria é ver o sucesso e felicidade uns dos outros, e saber que, o que a geografia uniu o tempo jamais separará.

Não posso esquecer de ser grato aos amigos que a Pós-Graduação me trouxe, pessoas excepcionais, tanto intelectualmente como de caráter, Caroline Lima (melhor amiga do mestrado), Lícia Benício, Beatriz França e Aline Damasceno, dividimos angústias, ciência, e muitas risadas, que tornaram esse caminho mais leve.

Aos amigos que estiveram presentes nesse período, Natália Moraes, Tiago Brito, Sarah Kay, Daniel Sales, Luan Araújo, Alisson Vasconcelos, Mikaelle Costa, Thalita Fernandes, Tamires Franco, Ana Caroline, meus sinceros agradecimentos.

Aos membros do laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos (LCGRH/UFC), pelo acolhimento e suporte a esta pesquisa. Aos amigos que fiz, Gabriela Estevão, Lucas Soares, Adnna Guedes, Leandro Maciel, Edinaldo Santos, Amanda Albuquerque, José Vitor, e Audivan Ribeiro, com quem muito aprendi e continuo aprendendo, gratidão. Aos novos integrantes do LCGRH, que viram a correria e sempre estiveram presentes ajudando no que fosse preciso, Suiane Braz, Beatriz Vieira, Pedro Foster, Anderson Marinho, Lídia Castro e Robério Cabral, meus agradecimentos.

Em especial, é preciso agradecer a duas pessoas que ajudaram diretamente nesta pesquisa, Juliana Alves e Jéssica Freitas, vocês foram as melhores bolsistas de iniciação científica, competentes, inteligentes, autônomas, profissionais, me falta adjetivo para defini-las, vocês têm um grande mérito nessa jornada, e o sucesso é inevitável a vocês.

Sou muito grato a minha querida orientadora, Elisa Zanella, pelo carinho, atenção, ensinamentos, e muito trabalho, que me tornaram o professor e pesquisador que hoje sou, por ser uma professora dedicada, pesquisadora exemplar, amiga para todas as horas, e como a própria diz, uma mãe, transbordo todos os agradecimentos.

À Professora Marta Celina, que além de membro da banca avaliadora, foi a primeira a me dar uma oportunidade acadêmica, primeira orientadora (nunca deixou de ser), pelas conversas, carinho, amizade, ensinamentos, aqui fica meu muito obrigado.

Aos membros da banca avaliadora, Jader Santos, Adilson Gandú e Emerson Galvani, por terem aceitado o convite, e pelas contribuições feitas, muito obrigado.

Agradeço à sociedade que em mim investiu, à Universidade Federal do Ceará (UFC) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio institucional e financeiro, que possibilitou a realização desta pesquisa. Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFC, pela excelência e suporte, em especial à coordenação, gratidão.

“Don't be afraid

What you're mind conceals

You should make a stand

Stand up for what you believe.”

Música: Invincible

Intérprete: Muse

Composição: Matt Bellamy / Matthew James
Bellam

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi diagnosticar o clima urbano da cidade de Fortaleza/CE e relacionar seus elementos à ocorrência dos casos de dengue, levando em consideração também as variáveis socioeconômicas. Verificou-se que, o município de Fortaleza apresenta forte variabilidade intra e interanual de precipitação, enquanto as temperaturas se mantem constantemente elevadas devido à proximidade com a linha do equador. As umidades relativas mantem-se acima dos 70%, por razão de o município se localizar no litoral norte do estado do Ceará. As tendências para temperatura média, máxima e mínima, mostraram que o município de Fortaleza tende a aquecer, enquanto a umidade relativa tende a decrescer, inversamente proporcional, enquanto a precipitação não possui tendência, sendo aplicado o teste de Mann-Kendall, para comprovar a significância das tendências. A cidade apresenta em seu histórico, diversos casos de epidemias de dengue, sendo verificados ciclos epidêmicos no decorrer dos anos. Foi realizado um levantamento do Índice de Infestação Predial (IPP), para identificar como os quadros de infestação do vetor, estão relacionados à ocorrência da doença. A cidade apresenta notória desigualdade espacial em relação aos elementos socioeconômicos, no que se diz respeito principalmente às condições físicas de saneamento, sendo as regiões periféricas as mais precárias segundo os indicadores de renda, moradia, abastecimento de água, esgoto e coleta de lixo. O modelo climático urbano revela que devido às diferentes condições de uso e ocupação do solo, a cidade apresenta forte indícios de desenvolvimento de IC, principalmente devido à verticalização e ao forte adensamento de edificações, o que pode propiciar ambientes cada vez mais favoráveis para o mosquito da dengue. O UCMMap, junto ao modelo de vulnerabilidade social e frequência de casos de dengue, revelou um risco eminente no município à doença, principalmente nas regiões oeste, sudoeste e sul da cidade, alcançando situações de risco extremo à doença.

Palavras-chave: Clima urbano. Dengue. Modelagem.

ABSTRACT

The objective of this research was to diagnose the urban climate of the city of Fortaleza / CE and to relate its elements to the occurrence of dengue cases, taking into account the socioeconomic variables as well. It was verified that, the municipality of Fortaleza presents strong intra and interannual variability of precipitation, while the temperatures are kept constantly high due to the proximity with the equator line. The relative humidity remains above 70%, due to the fact that the municipality is located on the northern coast of the state of Ceará. The trends for average, maximum and minimum temperature, showed that the municipality of Fortaleza tends to warm up, while the relative humidity tends to decrease, inversely proportional, whereas the precipitation has no tendency, being applied the Mann-Kendall test, to prove the significance of trends. The city presents in its history, several cases of epidemics of dengue, being verified epidemic cycles over the years. A survey of the IIP was carried out to identify how the vector infestation frames are related to the occurrence of the disease. The city presents a marked spatial inequality in relation to the socioeconomic elements, in what refers mainly to the physical conditions of sanitation, the peripheral regions being the most precarious according to the indicators of income, housing, water supply, sewage and garbage collection. The urban climatic model reveals that due to the different conditions of use and occupation of the soil, the city presents strong evidence of IC development, mainly due to the verticalization and the strong densification of buildings, which can provide increasingly favorable environments for the mosquito of dengue. UCMaP, together with the social vulnerability model and frequency of dengue cases, revealed an imminent risk in the municipality, mainly in the west, southwest and south of the city, reaching extreme risk situations.

Keywords: Urban climate. Dengue. Modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das orientações teóricas da pesquisa	22
Figura 2 – Organização das escalas espacial e temporal do clima	25
Figura 3 – Modelo metabólico estendido dos agrupamentos humanos	28
Figura 4 – Escalas climáticas urbanas	30
Figura 5 – Unidades climáticas com as ordens de grandeza taxonômica	33
Figura 6 – Os mecanismos dos impactos dos eventos climáticos sobre a saúde humana	38
Figura 7 – Área global de probabilidade de ocorrência de dengue	41
Figura 8 – Incidência de dengue no Brasil, de 1986 a 2008	42
Figura 9 – Mosquito <i>Aedes aegypti</i>	43
Figura 10 – Ciclo de vida do <i>Aedes aegypti</i>	44
Figura 11 – Roteiro metodológico da pesquisa	50
Figura 12 – Localização das estações meteorológicas utilizadas na pesquisa	52
Figura 13 – Mapa de localização do município de Fortaleza	59
Figura 14 – Ação da mEa sobre o NE brasileiro	66
Figura 15 – Atuação da ZCIT no segundo e primeiro semestre do ano, respectivamente	67
Figura 16 – VCAN provocando chuva no NE brasileiro	68
Figura 17 – DOL atuando sobre o município de Fortaleza	68
Figura 18 – Linha de Instabilidade sobre Fortaleza	69
Figura 19 – Evolução de um CCM	70
Figura 20 – Efeitos do El Niño e da La Niña	71
Figura 21 – Crescimento populacional do município de Fortaleza	73
Figura 22 – Densidade populacional por bairro de 1970 a 2000	74

Figura 23 – Evolução da ocupação urbana no município de Fortaleza	75
Figura 24 – Densidade populacional por setor censitário em 2010	76
Figura 25 – Temperatura média anual (1966 – 2015)	77
Figura 26 – Temperaturas médias mensais de 1966 a 2015	78
Figura 27 – Temperatura máxima média anual (1966 – 2015)	79
Figura 28 – Temperatura mínima média anual (1966 – 2015)	79
Figura 29 – Temperatura máxima média mensal (1966 – 2015)	80
Figura 30 – Temperatura mínima média mensal (1966 – 2015)	81
Figura 31 – Umidade Relativa anual (1966 – 2015)	82
Figura 32 – Umidade Relativa mensal (1966 – 2015)	83
Figura 33 – Precipitação acumulada anual (1966 – 2015)	84
Figura 34 – Precipitação acumulada mensal (1966 – 2015)	85
Figura 35 – Resultados do teste de Mann-Kendall	88
Figura 36 – Espacialização da temperatura média para o município de Fortaleza/CE (2016)	90
Figura 37 – Espacialização da temperatura média (médias horárias)	92
Figura 38 – Espacialização da umidade relativa para o município de Fortaleza/CE (2016)	94
Figura 39 – Espacialização da umidade relativa (médias horárias)	95
Figura 40 – Domicílios com renda até 2 salários mínimos	98
Figura 41 – Domicílios em outras condições de ocupação	99
Figura 42 – Domicílios com fonte de água alternativa	101
Figura 43 – Esgoto a céu aberto	102
Figura 44 – Domicílios sem coleta de lixo	104
Figura 45 – Lixo acumulado nos logradouros	105
Figura 46 – Casos de dengue no Nordeste do país	106

Figura 47 – Número de casos de dengue no Ceará	106
Figura 48 – Casos confirmados de dengue no Ceará e em Fortaleza	107
Figura 49 – Ciclos epidemiológicos no município de Fortaleza	108
Figura 50 – Casos confirmados de dengue em Fortaleza de 1986 a 2016	108
Figura 51 – Incidência dos casos de dengue	109
Figura 52 – Casos de dengue nos bairros de Fortaleza/CE nos anos de 2007 a 2011.....	110
Figura 53 – Casos de dengue nos bairros de Fortaleza/CE nos anos de 2012 a 2016.....	111
Figura 54 – Mapeamento do LIRAA de Fortaleza (2011)	113
Figura 55 – Mapeamento do LIRAA de Fortaleza (2012)	112
Figura 56 – Mapeamento do LIRAA de Fortaleza (2013)	115
Figura 57 – Mapeamento do LIRAA de Fortaleza (2014)	116
Figura 58 – Mapeamento do LIRAA de Fortaleza (2015)	117
Figura 59 – Modelos utilizados na pesquisa	118
Figura 60 – Esquema de construção do UCMaP	119
Figura 61 – Mapa de volume edificado	122
Figura 62 – Mapa de uso do solo relativos aos ganhos antropogênicos	124
Figura 63 – Mapa de altimetria	126
Figura 64 – Mapa de efeitos bioclimático (vegetação urbana)	129
Figura 65 – Mapa de cobertura do solo por edificações	131
Figura 66 – Mapa de paisagens naturais	133
Figura 67 – Mapa de declividade	135
Figura 68 – Mapa de orientação das vertentes	137
Figura 69 – Mapa de ventilação	139
Figura 70 – Mapa de carga térmica	141
Figura 71 – Mapa de potencial dinâmico	143

Figura 72 – Reclassificação das classes do Mapa Climático Urbano	144
Figura 73 – Mapa Climático Urbano de Fortaleza/CE	145
Figura 74 – Mapa de vulnerabilidade social à Dengue	149
Figura 75 – Mapa de frequência dos casos de Dengue em Fortaleza (2007 – 2016)	151
Figura 76 – Camadas para a elaboração do modelo de risco	152
Figura 77 – Esquema de pesos e agrupamentos de classes do Mapa de Risco	154
Figura 78 – Modelo simplificado de Risco à Dengue em Fortaleza	155

LISTA DE QUADROS

Tabela 1 – Esquema dos canais de percepção do SCU	34
Tabela 2 – Formas de utilização de modelos	48
Tabela 3 – Fonte dos dados trabalhados na pesquisa	56
Tabela 4 – Classes e mapas do UCM	57
Tabela 5 – Médias das temperaturas para o município de Fortaleza	62
Tabela 6 – Médias móveis para temperaturas do município de Fortaleza	62
Tabela 7 – Médias mensais e médias móveis para umidade do município de Fortaleza	63
Tabela 8 – Precipitação acumulada anual (1981 – 2010)	64
Tabela 9 – Totais mensais e médias móveis para precipitação do município de Fortaleza	65

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASAS	Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul
CCM	Complexo Convectivo de Mesoescala
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPTEC	Centro de Previsão do Tempo e Clima
DENA	Departamento de Engenharia Agrícola
DOL	Distúrbios Ondulatórios de Leste
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
FHD	Febre Hemorrágica de Dengue
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GRADM	Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura da superfície do mar
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICs	Ilhas de Calor
IDW	Inverse Distance Weighted
IIP	Índice de Infestação Predial
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LCGRH	Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos
LI	Linhas de Instabilidade
LIRAA	Levantamento Rápido de Índices para Aedes aegypti
LST	Land Surface Temperature
mEa	Massa Equatorial Atlântica
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
OL	Ondas de Leste
OMM	Organização Meteorológica Mundial
OMS	Organização Mundial de Saúde
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
S.C.U.	Sistema Clima Urbano
SEUMA	Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente de Fortaleza
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIMDA	Sistema de Monitoramento Diário de Agravos

SINAN	Sistema de Informação de Agravos de Notificação
TSM	Temperatura de Superfície do Mar
U.R.	Umidade Relativa
UCM	Urban Climatic Map
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
VCAN	Vórtice Ciclônico de Altos Níveis
ZCIT	Zona de Convergência Inter Tropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	BASES TEÓRICAS	22
2.1	Bases conceituais da Climatologia Geográfica	22
2.2	Clima Urbano	26
2.2.1	<i>Bases teóricas na análise do clima nas cidades</i>	27
2.2.2	<i>Escalas em Climatologia Urbana</i>	29
2.2.3	<i>O Sistema Clima Urbano (S.C.U.)</i>	31
2.3	Geografia, Clima e Saúde	36
2.4	Dengue: relações epidemiológicas e climáticas	39
2.4.1	<i>Bioecologia do vetor da dengue</i>	43
2.4.2	<i>Relação clima e dengue</i>	45
2.5	Modelização: princípios teóricos	47
2.5.1	<i>Modelos em Climatologia</i>	47
2.5.2	<i>Urban Climatic Map</i>	48
3	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS	50
4	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E OCUPAÇÃO DE FORTALEZA	58
4.1	Caracterização ambiental	60
4.1.1	<i>Caracterização climática regional</i>	61
4.2	<i>Urbanização de Fortaleza</i>	72
5	CLIMA URBANO DE FORTALEZA	77
6	CONDIÇÕES SOCIOAMBIENTAIS	97
7	DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS CASOS DE DENGUE	106
8	MODELAGEM	118
8.1	UCMap para o município de Fortaleza	118
8.1.1	<i>Camada 1: Mapa de volume edificado</i>	120
8.1.2	<i>Camada 2: Mapa de uso do solo relativos aos ganhos antropogênicos</i>	123
8.1.3	<i>Camada 3: Mapa de Altimetria</i>	125
8.1.4	<i>Camada 4: Mapa de efeitos bioclimáticos (vegetação urbana)</i>	127
8.1.5	<i>Camada 5: Mapa de cobertura do solo por edificações</i>	130
8.1.6	<i>Camada 6: Mapa de paisagens naturais</i>	132

8.1.7	<i>Camada 7: Mapa de declividade</i>	134
8.1.8	<i>Camada 8: Mapa de orientação das vertentes</i>	136
8.1.9	<i>Camada 9: Mapa de ventilação (comprimento de rugosidade)</i>	138
8.1.10	<i>Mapa de carga térmica</i>	140
8.1.11	<i>Mapa de potencial dinâmico</i>	142
8.1.12	<i>Mapa de análises climáticas</i>	144
8.2	Modelo de vulnerabilidade social à Dengue	147
8.3	Frequência dos casos de Dengue em Fortaleza	150
8.4	Modelo simplificado de Risco à Dengue para o município de Fortaleza	152
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	156
	REFERÊNCIAS	159

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos séculos, a humanidade vivenciou um grande êxodo populacional de áreas rurais em direção às áreas urbanas. Portanto, as cidades vêm passando por diversos processos relacionados aos moldes políticos, econômicos, sociais e ambientais os quais permeiam sua construção e desenvolvimento. Desta forma, a estrutura urbana se apresenta mais extensa e mais densa, o que colabora para o surgimento de diversos problemas, em relação às diversas esferas sociais e ambientais, como segregação sócio espacial, exclusão social, criminalidade, problemas ambientais e de saúde humana.

Sabe-se que nas cidades, as alterações da cobertura e uso do solo são intensificadas, o que pode gerar uma modificação na interação da energia (radiação) com a matéria (superfície), gerando assim um balanço de radiação urbano muito específico, alterando os elementos climáticos locais, como temperatura de superfície e do ar, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos e etc. As origens dessas alterações estão intimamente relacionadas à impermeabilização do solo, e os materiais construtivos utilizados nos processos de expansão das cidades, esses materiais possuem características de respostas muito singulares ao espectro eletromagnético, gerando condições térmicas distintas aos diferentes padrões construtivos, e por consequência modificam a atmosfera local, causando mudanças climáticas em microescala.

Algumas evidências das modificações climáticas nas cidades indicam o aumento da temperatura do ar (especialmente se comparadas às áreas de entorno), diminuição da umidade relativa, alterações na direção e velocidade dos ventos entre outros. Assim, essas alterações climáticas podem interferir diretamente, de maneira positiva ou negativa, nas atividades e modo de vida humano. O clima pode gerar situações de conforto e desconforto, por exemplo, influenciando diretamente na qualidade de vida dos cidadãos e na execução de atividades pelo homem.

Como consequência dessas alterações ambientais causadas pelos processos de urbanização, pode-se verificar também variados problemas de saúde pública, tendo em vista as situações de vulnerabilidade socioambientais apresentadas pela segregação gerada nesse processo. No tocante às enfermidades impulsionadas por vetores, as arboviroses, a dengue é uma doença que na atualidade, apresenta-se fortemente urbana, devido à alta concentração populacional humana, e também às condições ambientais presentes nesse espaço, que contribuem para que o vetor da doença se prolifere.

Os elementos climáticos estão fortemente relacionados às condições propícias de

proliferação do mosquito vetor da dengue, o que se torna foco de investigação por diversos pesquisadores em variadas áreas. A temperatura, umidade, precipitação tem diferentes correlações com a proliferação da doença, e sabendo que, as cidades apresentam condições ambientais/climáticas singulares, é necessário compreender as relações específicas entre o clima urbano e a espacialização dos casos de dengue.

A cidade de Fortaleza se localiza na zona litorânea central do Estado do Ceará na região do Nordeste do Brasil, e vem apresentando uma série de problemas ambientais de descaracterização e degradação de seus componentes naturais, o que vem comprometendo a qualidade de vida urbana de seus habitantes. Segundo Xavier (2001), a modificação do clima natural de Fortaleza faz parte dessa realidade, observando a regressão de 50% da taxa da velocidade do vento, o que corrobora as investigações de Maia et al (1996), quando apontou a diminuição da velocidade do vento de 3m/s nas áreas mais urbanizadas.

Também foram verificados por Moura (2007) e Moura e Zanella (2012), o aumento no aquecimento do ar local, sendo provocado pelos processos de urbanização. Moura (2008) identificou ilhas de calor, com temperaturas superiores a 5° C às 23hs, se concentrando nos setores sudoeste, oeste, noroeste e porção central da cidade.

De acordo com Mendonça et al (2004), as características climáticas e socioeconômicas se encontram entre os fatores determinantes no comportamento da dengue. Em Fortaleza, essa doença se manifestou de forma endêmica com o registro de picos epidêmicos nos anos de 1987, 1994, 2001, 2008, 2011, 2012, 2015 e 2016, além de tendência crescente em número de casos e incidência desde sua primeira notificação em 1986 (MAGALHÃES, 2015).

Magalhães (2015, p. 23) afirma que “[...] o clima urbano de Fortaleza garante a dengue uma complexidade epidemiológica ainda maior, mudando seus arranjos epidemiológicos, aumentando ou diminuindo sua incidência dependendo da dinâmica entre os determinantes sociais e ecológicos”. Portanto, se faz necessária uma compreensão de como os aspectos climáticos, socioeconômicos e epidemiológicos, no sentido de compreender a totalidade e complexidade da influência da urbanização no ambiente, na perspectiva climática e epidemiológica.

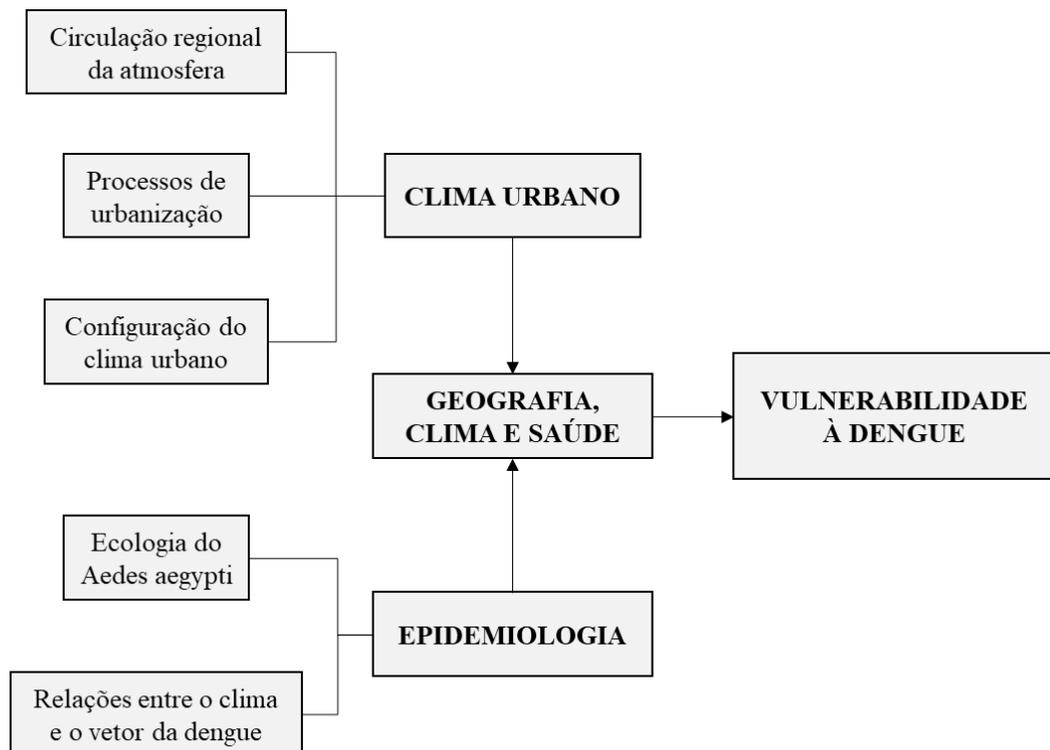
A modelagem serve sobretudo, para compreender como determinado fenômeno ocorre em um espaço, generalizando-o. Desta forma, o objetivo principal deste trabalho foi identificar e analisar o comportamento da dengue considerando as relações entre a doença, o clima urbano e as variáveis socioeconômicas no município de Fortaleza, aplicando modelos para compreender o fenômeno na área do município.

Para alcançar tal objetivo, é necessário realizar um diagnóstico das especificidades do clima urbano de Fortaleza, particularmente com relação ao campo térmico, pluviométrico e higrométrico. Estabelecer as relações entre o clima urbano, variáveis socioeconômicas e o vetor da dengue, nas condições climáticas presentes, pela elaboração de modelos, tais quais: acerca do clima urbano de Fortaleza, estabelecendo parâmetros que contribuem no aquecimento e arrefecimento do ar, através do mapeamento de elementos urbanos que contribuem neste processo, de frequência de casos de dengue, e de vulnerabilidade social à dengue, compreendendo os elementos socioeconômicos no município de Fortaleza. A partir da criação desses modelos, foi gerada uma modelização generalizada do risco à dengue no município de Fortaleza, tendo em vista esses fatores ambientais e socioeconômicos.

2 BASES TEÓRICAS

Assumindo que as concepções acerca do fenômeno do clima urbano e sua interrelação com as epidemias de dengue compreendem um contexto complexo e integrado, as bases teóricas deste trabalho dividem-se nos temas afim de contemplar os pressupostos teóricos que envolvem o assunto, tratando-os de maneira sintética e integrada (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma das orientações teóricas da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor.

2.1 Bases conceituais da Climatologia Geográfica

Os estudos em climatologia envolvem a análise e compreensão de uma gama de elementos e fatores. Segundo Romero (2000) cabe aos elementos do clima, atribuir a qualidade de definir, de fornecer os componentes do clima, sua essência e aos fatores o de condicionar, determinar e dar origem ao clima. Pode-se citar como variáveis ou elementos climáticos a temperatura do ar, regime dos ventos, umidade do ar, nebulosidade e precipitações atmosféricas, que podem ser definidos como os componentes físicos do clima, principalmente temperatura, umidade do ar, precipitações, vento e duração de exposição do sol, que variam, segundo a autora, sob a ação recíproca de diversos fatores, ou causas

determinantes, tais como latitude, radiação solar, direção do vento, distância do mar, relevo, vegetação, massas de ar e outros. O comportamento do clima é resultado das interações, assim como afirma o autor:

O comportamento do tempo e do clima resulta das interações ocorridas na interface multiespectral que intercambia e modifica a radiação solar através do meio terrestre, envolvendo a litosfera, a hidrosfera, a criosfera e a biosfera repercutindo, particularmente, no estado da atmosfera (RIBEIRO, 1993, p.288).

A climatologia trata dos padrões de comportamento da atmosfera, observados durante um longo período, em suas interações com as atividades humanas e a superfície do planeta, e segundo Ayoade (1988, p. 3) “O campo da climatologia é bastante amplo e pode-se fazer subdivisões, com base nos tópicos enfatizados ou na escala dos fenômenos atmosféricos que são ressaltados”, podendo ser divididos nos seguintes tópicos.

É importante salientar que, apesar dos estudos em climatologia serem divididos conceitualmente em diferentes tópicos, é possível e imprescindível a adoção destes métodos de maneira integrada e crítica, sabendo a importância de se utilizar diferentes técnicas e metodologias nas abordagens em questão.

Sendo consideradas as diversas possibilidades de interação, ao longo do tempo e do espaço geográfico, entre os fluxos de matéria/energia e os elementos condicionantes de sua definição, pode-se destacar a repercussão do clima em diferentes níveis de escalas, temporais e espaciais. A escala climática trata da dimensão espacial e temporal, a qual os estudos climáticos são conduzidos, sendo identificados aspectos atmosféricos e de interação entre matéria e energia que repercutem de diferentes formas conforme a magnitude do evento.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) dividem as escalas temporais do clima em: escalas geológica, histórica e contemporânea. Estudos do clima do planeta, desde sua formação, entendendo e interpretando climas do passado, estão inseridos dentro da escala geológica de estudos climáticos. A paleoclimatologia trata do estudo dos climas em eras geológicas passadas, explicando assim os contextos geomorfológicos existentes no passado e no presente, por exemplo. A escala histórica por sua vez, também trata do estudo do clima no passado, mas somente com períodos históricos registrados pelo homem, diferente da escala geológica, que utiliza de técnicas de datação ligadas a paleoclimatologia. A climatologia histórica utiliza de registros como a literatura para uma descrição histórica dos climas em tempos passados, através de relatos de viagens, pinturas em cavernas, instrumentos rudimentares de agricultura, entre outros.

A escala contemporânea nos estudos climáticos corresponde: “A análise dos tipos de tempo, a variabilidade climática de curta duração, as tendências climáticas e o estabelecimento de médias [...]” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 25). É inserida nesta escala os estudos do clima em um período contemporâneo, que a Organização Meteorológica Mundial (OMM) sugere que seja em um período de 30 anos, para o estabelecimento do clima.

As escalas espaciais são divididas em três categorias, ganhando maior destaque, por sua complexidade de definição e subdivisões, as mais conhecidas e adotadas são: escala macroclimática, mesoclimática e microclimática (Figura 2). Ayoade (1988) define a escala macroclimática como aquela que está relacionada aos aspectos dos climas de amplas áreas da Terra e com os movimentos atmosféricos em larga escala, está relacionada a circulação geral da atmosférica e fatores astronômicos e geográficos de maior escala. O mesoclima é uma unidade que está entre as unidades superiores e inferiores do clima, em termos de grandeza, tendo subunidades de grande importância para os estudos em climatologia, como o clima local e o topoclima.

O clima local e o topoclima também configuram subunidades do mesoclima. O primeiro é definido por aspectos específicos de determinados locais, como uma grande cidade, um litoral, uma área agrícola, uma floresta etc.; o segundo é definido pelo relevo, e ambos estão inseridos no clima regional (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 23).

Ayoade (1988), coloca que, a mesoclimatologia tem a preocupação com o estudo do clima em áreas consideradas relativamente pequenas, entre 10 a 100 quilômetros de extensão, por exemplo, o estudo do clima urbano e dos sistemas climáticos locais. O microclima por sua vez, consiste na menor dimensão escalar dos estudos climáticos, podendo se estender de alguns centímetros a algumas dezenas ou centenas de m².

Figura 2 – Organização das escalas espacial e temporal do clima

ORDEM DE GRANDEZA	SUBDIVISÕES	ESCALA HORIZONTAL	ESCALA VERTICAL	TEMPORALIDADE DAS VARIAÇÕES MAIS REPRESENTATIVAS	EXEMPLIFICAÇÃO ESPACIAL
Macroclima	Clima zonal	> 2.000 km	3 a 12 km	Algumas semanas a vários decênios	O globo, um hemisfério, oceano, continente, os mares etc.
	Clima regional				
Mesoclima	Clima regional	2.000 km	12 km a	Várias horas a alguns dias	região natural, montanha, região metropolitana, cidade etc.
	Clima local Topoclima	a 10 km	100 m		
Microclima		10 km a alguns m	Abaixo de 100 m	De minutos ao dia	Bosque, uma rua, uma edificação/casa etc.

Fonte: MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA (2007).

Esta pesquisa está inserida dentro da perspectiva mesoclimática, tendo como foco o estudo do clima local, especificamente a cidade como *lócus* dos processos climáticos e antropogênicos inter-relacionados, gerando condições específicas dentro da perspectiva escalar contemporânea, portanto sendo foco de investigação.

O clima regional caracteriza-se por poder apresentar diferentes e significativas variações em seu interior, os motivos estão relacionados as interações entre a ação de determinadas feições fisiográficas ou antrópicas que influenciam no fluxo de energia ou no transporte de massa da circulação atmosférica, o que pode acarretar diferenciações nos subsistemas de circulação secundária. Em estudos mesoclimáticos as possíveis configuração do terreno, os tipos de solos e a cobertura vegetal são considerados como características da localidade, sujeitos exclusivamente a pequenas mudanças no tempo, tornando-se determinante para o clima que predomina em determinado lugar, da ordem de centenas de quilômetros quadrados, e pode ser chamado de clima local (OLIVER; FAIRBRIDGE, 1987).

De acordo com Ribeiro (1993) a alteração da circulação regional da atmosfera, levando em conta a produção de diferenças climáticas locais, pode ser ocasionada pela superfície ou pode potencializar certa propriedade pré-existente no fluxo regional. Como exemplo de características fisiográficas que podem causar modificação substancial na circulação regional, destaca-se o relevo, que cria situações de barlavento e sotavento, o que interfere no fluxo da circulação de superfície e ao mesmo tempo, gera condições ideais para a condensação a barlavento e ressecamento a sotavento. Em contrapartida, as diferenciações na altimetria podem apresentar, em mesoescala, função em destaque na distribuição da radiação, na retenção do vapor de água e no armazenamento de calor sensível.

Com o avanço tecnológico das sociedades, cada vez menos o homem tem

subjugado à natureza, não sendo mais suas ações determinadas pelas condições e elementos naturais, pelo contrário, na atualidade o homem utiliza dos recursos naturais, adaptando-se às diferentes condições adversas e alterando o meio conforme sua necessidade de capital, para a manutenção do sistema. Esse novo modelo ideológico trouxe consequências visíveis ao meio natural, tanto urbano como rural, gerando um momento de crise ecológica, ambiental e político-institucional (GUIMARÃES, 1992).

A ação do homem na “criação” de climas locais pode ser enxergada a partir de dois aspectos, que geralmente atuam em conjuntura:

De um lado, deve-se considerar a capacidade que tem a sociedade em alterar a cobertura do solo, substituindo a vegetação natural por agricultura e por edificações. Por outro lado, são cada vez mais significativas as alterações provocadas pelas atividades humanas na composição da atmosfera, introduzindo gases e matérias particulados que irão intervir no balanço de radiação e na retenção de umidade e calor sensível na atmosfera, particularmente na Camada Limite Planetária, com altura máxima variável entre 1200 e 2000 metros (RIBEIRO, 1993, p. 291).

Portanto, o foco de investigação desta pesquisa tratar-se-á da investigação climática de mesoescala, na subdivisão de clima local, tendo como *locus* a cidade, como ambiente modificação ambiental substancial, proveniente de processos sociais e econômicos.

2.2 Clima Urbano

Segundo Moura (2008, p. 57) “A climatologia urbana é uma parte especializada dentro da climatologia que tem como objeto de estudo principal o conhecimento dos mecanismos próprios do clima urbano e a evolução da alteração da atmosfera causada pelas cidades”. As cidades apresentam cenários particulares em suas esferas sociais, políticas e econômicas, o que gera um uso e ocupação dos solos de modo diferenciado, gerando impactos no meio físico.

O clima, como parte dos elementos naturais que envolvem o espaço urbano, também pode ser alterado pelo homem, a partir do momento que este interfere no balanço de energia, através da modificação substancial do material construtivo que cobre o solo e também da emissão de material particulado, alterando a composição da atmosfera local, gerando assim uma situação de clima urbano.

2.2.1 Bases teóricas na análise do clima nas cidades

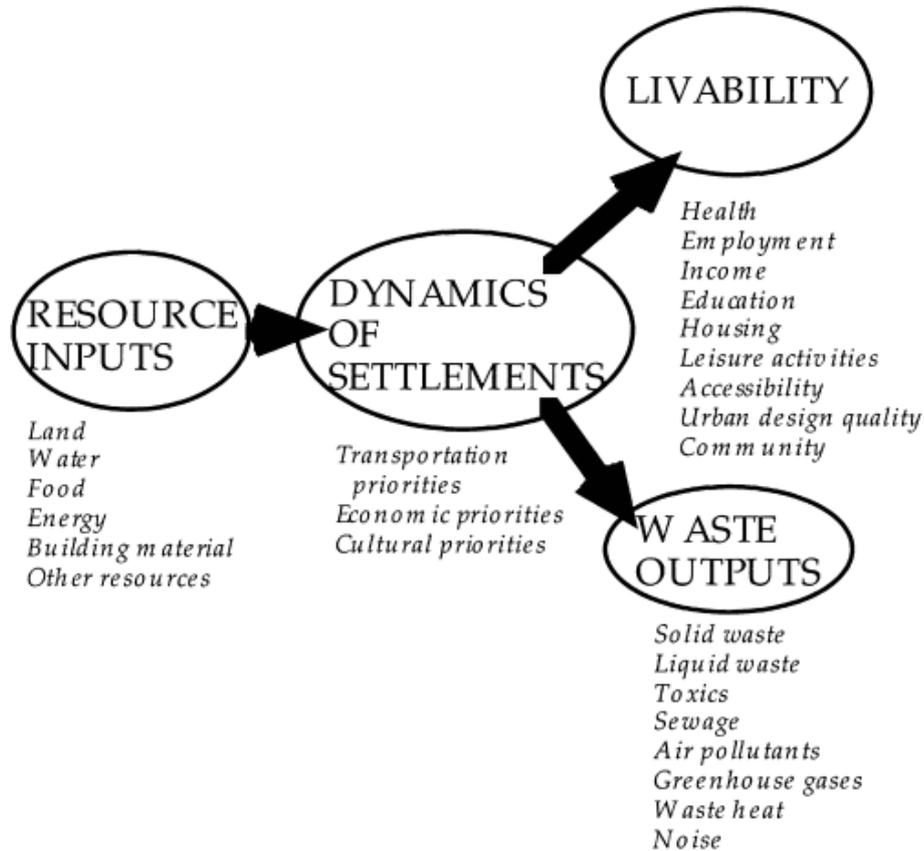
A sociedade atual vem se expressando espacialmente de forma cada vez mais urbana. Com o exacerbado crescimento das cidades e núcleos urbanos, percebe-se uma cultura de valorização da cidade, onde o homem molda suas atividades e rotina para adaptar-se ao ritmo frenético do estilo de vida urbano. “A cidade está em cena, a cidade é a cena. Cobiçada, almejada, ultrajada e rejeitada ao mesmo tempo, a cidade é, na verdade, um enorme objeto de desejo” (SILVA, 1997, p. 85). Há então uma evolução nas comunidades e nos transportes, tentando anular as distâncias, resultando na dispersão da população nas áreas metropolitanas, transformando-se assim, em um processo paradoxal de concentração e desconcentração simultâneas e em uma explosão urbana (SANTOS, 1993). Nesse contexto, as cidades podem ser compreendidas como forma de organização plenamente humanas, na qual o homem vem atuando em sua totalidade complexa, subjugando e transformando a natureza conforme sua necessidade. Dessa forma, o Homem tornou a cidade sua morada e com o passar do tempo, o número de pessoas morando nas cidades vem aumentando (SANTOS, 1991).

Sendo assim, as áreas urbanas vêm apresentando significativa importância, em termos demográficos, socioeconômicos e culturais, o que pode acarretar problemas ambientais mais acentuados. Andrade (2005) afirma que o ambiente urbano engloba diversos componentes, que podem ser naturais, construídos, econômicos e sociais, que podem ser abordados segundo pontos de vista muito diversos.

Autores discutem acerca dos diversos componentes que formam as bases conceituais do clima urbano, além de estudos aplicados e implementação de novas técnicas de análise, (LANDSBERG, 1956; KNOX, 1987; OKE, 1987; PARTIDÁRIO, 2001; LAWRENCE, 2003; MOURA, 2008; GARTLAND, 2009; VIANA & AMORIM, 2009; LEAL, 2013; AMORIM et. al., 2015), apreciam sobre o ambiente físico urbano, os elementos naturais e construídos, aspectos morfológicos, e as interações dinâmicas entre o homem e o meio.

Newman (1999) encara o espaço urbano como um ecossistema, onde “as condições atmosféricas integram-se no conjunto de fatores abióticos os quais, interagindo com outros fatores (bióticos e socioculturais) condicionam a população humana” (ANDRADE, 2005, p. 69). Newman (1999) analisa o sistema urbano da seguinte forma (Figura 3):

Figura 3 – Modelo metabólico estendido dos agrupamentos humanos.



Fonte: NEWMAN, 1999.

O autor trata o sistema urbano como um metabolismo integrado, havendo *inputs*, que passam por processos dinâmicos no ambiente urbano (*dynamics of settlements*), gerando habitabilidade (*livability*) e *outputs* como saídas. Esses processos interdependentes geram as especificidades verificadas no ambiente urbano.

Desta forma, o clima, faz parte desse sistema ambiental integrado, e por tanto apresenta-se de maneira diferenciada no ambiente urbano, passando por modificações em seu comportamento, gerando situações de clima urbano. Sendo assim, diversos autores tentam definir o clima urbano como uma alteração da atmosfera local, a partir das transformações espaciais geradas pelo crescimento das cidades.

Landsberg (1956) define o clima urbano como a modificação do clima local, que em comparação com as condições climáticas dos espaços circunvizinhos, apresenta uma maior quantidade de calor e modificações na atmosfera e nos elementos climáticos, como temperatura, umidade e ventilação. A climatologia urbana estuda os estados atmosféricos mais frequentes do ambiente urbano (OKE, 1984). Landsberg (1981), aponta as especificidades da

atmosfera urbana, em relação à atmosfera rural, apontando principalmente como uma das principais causas das modificações climáticas neste ambiente, o aumento da emissão de poluentes na atmosfera local.

Lowry (1977, p. 130) expressa a natureza do clima urbano através da seguinte equação:

$$M_{itx} = C_{itx} + L_{itx} + E_{itx} \quad (1)$$

Os valores dos elementos meteorológicos são considerados somas lineares de três componentes: o clima “de fundo” C, os efeitos da paisagem local L e os efeitos da urbanização local E. M é o valor medido de um elemento meteorológico, dado o tipo de tempo (i), durante um período de tempo (t), e x é o local urbano representado. Entendendo o clima urbano como uma interação dos fatores urbanos, clima regional e com meio físico.

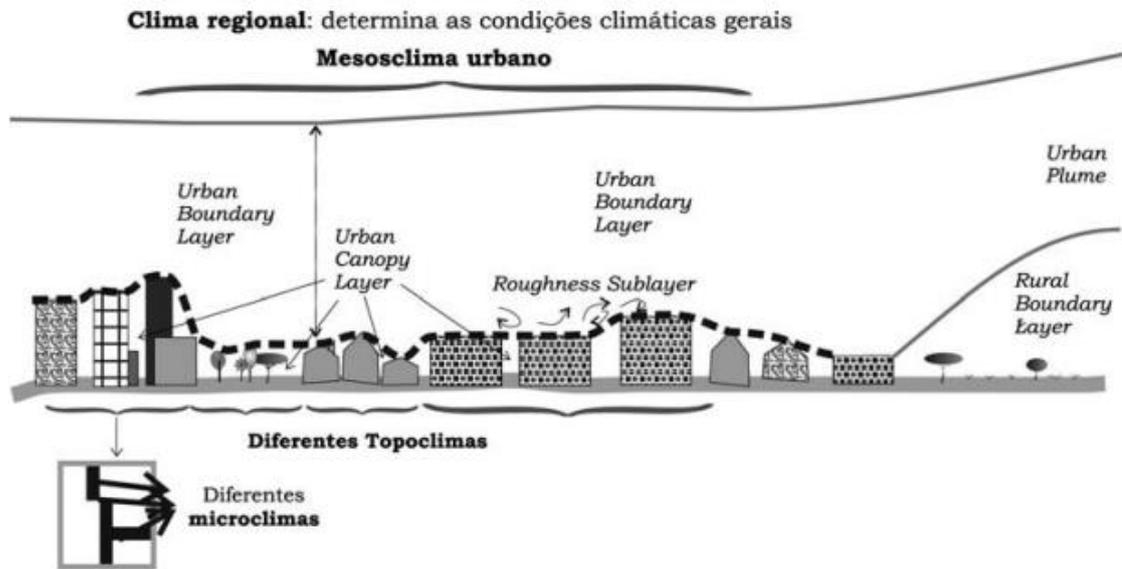
Desta forma, percebemos a complexidade de se tratar o clima urbano, não sendo ainda possível delimitar com precisão um ponto de concentração populacional ou densidade de edificações que possam caracterizar essas mudanças geradoras de um clima urbano (MONTEIRO, 1976).

2.2.2 Escalas em climatologia urbana

Para a realização de uma análise concisa das nuances geradoras de um clima urbano, é necessário tomar escalas espaciais e temporais que possam contemplar os fenômenos (de diferentes ordens) que se materializam no ambiente urbano especificamente. Dentro de uma perspectiva mais abrangente das escalas espaciais em climatologia, os fenômenos urbanos se integram à mesoescala (MORAN; PORTELLI, 1987), sendo que há uma variação considerável no que se refere as dimensões dos fenômenos climáticos urbanos, podendo haver também uma variação na escala utilizada, que segundo Wanner e Felliger (1989) podem variar da microescala até a mesoescala.

É possível definir então, as diferentes escalas, inclusive com dimensões, afim de melhorar a compreensão acerca desses conceitos, mesmo que não se adotem limites e dimensões rígidas (ANDRADE, 2005). O autor delimita os diferentes níveis escalares na perspectiva urbana e suas zonas de influência (Figura 4).

Figura 4 – Escalas climáticas urbanas



Fonte: ANDRADE, 2005.

O microclima está diretamente ligado à influência dos elementos urbanos individuais e seus arranjos elementares, sendo que, a dimensão típica deste pode chegar até algumas centenas de metros, tendo a influência direta restringida à camada dossel urbana (*urban canopy layer*), que é o limite superior das edificações e estruturas urbanas e naturais.

O clima local/topoclima, está relacionado a uma área com uma combinação característica de elementos, podendo corresponder a tipologias e padrões de uso e ocupação do solo, pode-se dizer que, um clima local é um conjunto de microclimas, que se repetem com certa regularidade.

Compreendendo vários climas locais, a cidade é considerada em um contexto mesoclimático, correspondendo ao *Urban Boundary Layer*. Ressaltando a importância de se colocar o clima urbano em um contexto climático superior, considerando também os fenômenos atmosféricos regionais e de macroescala.

O clima urbano varia na escala de tipo de tempo (i), que é determinado antes de tudo pela circulação e fatores atmosféricos de escala regional (LOWRY, 1977). Os tipos de tempo condicionam a variabilidade espacial dos elementos climáticos dentro do espaço urbano, principalmente por meio do vento, da nebulosidade, precipitação e estabilidade da atmosfera (LANDSBERG, 1981; OKE, 1987).

De maneira geral, entende-se que sob intenso fluxo sinótico, as diferenças e singularidades locais, são em grande parte suprimidas e, com condições específicas de vento fraco e céu limpo (tempo estável), os efeitos locais e microclimáticos controlam as condições

climáticas da camada inferior da atmosfera (LANDSBERG, 1981), no entanto, uma mesma estrutura urbana pode responder de formas muito diversas, sob diferentes tipos de tempo.

Compreendendo as nuances e especificidades do clima urbano, é notória a necessidade do desenvolvimento de metodologias que possam abarcar as necessidades epistemológicas e técnicas no que se trata da investigação desse fenômeno.

2.2.3 O Sistema Clima Urbano (S.C.U.)

Desde a metade do século XX, o Brasil apresentou uma rápida urbanização, sendo caracterizada por ser um processo de forma intensa e descontrolada de metropolização, o que gerou modificações na natureza, devido ao alto índice de ocupação do espaço dessas cidades, entre outras modificações (POLIZEL, 2009).

No Brasil, os primeiros estudos tratando sobre o clima urbano foram desenvolvidos por Gallego (1972) e Monteiro (1973), em meados dos anos 70, com o intuito de subsidiar o planejamento urbano. A proposta teórico-metodológica criada por Monteiro, em 1975, intitulado Sistema Clima Urbano (S.C.U.), constituiu em uma importante contribuição nacional aos estudos de climatologia urbana (MENDONÇA, 2003). Conforme Mendonça (2003), o estudo da atmosfera urbana no Brasil apresenta um expressivo desenvolvimento, tanto nos aspectos teórico metodológicos como pelas muitas experiências realizadas em campo.

A metodologia do S.C.U. trata da cidade e seus problemas, tendo como base três elementos que fundamentam a climatologia de modo geral, sendo eles: temperatura; umidade; e pressão atmosférica. Apresenta também uma tentativa de estudo do clima urbano de forma investigativa, que percebe o homem e a natureza coexistindo e agindo em correlação (LIMA; PINHEIRO; MENDONÇA, 2012).

Monteiro constrói o S.C.U. baseado na Teoria Geral dos Sistemas (TGS), criada por Ludwig Von Bertalanffy. Repousando em sólido embasamento biológico, Bertalanffy (1995) procurou evidenciar inicialmente as diferenças entre sistemas físicos e biológicos, tendo como características básicas, tendência à integração de diversas ciências (naturais e sociais).

A escolha de Monteiro pela TSG se deu tendo em vista que essa serviria como base fundamental para desvendar a natureza do clima urbano, por ser este um fenômeno de complexidade elevada. Sendo assim, Monteiro elaborou o S.C.U. como um sistema complexo, aberto e adaptativo.

Sendo o S.C.U. um sistema aberto, é essencial levar em consideração, além dos fatores geradores de energia externos, os fatores internos, isto é, o homem e a dinâmica criada pelo mesmo no espaço citadino (LIMA; PINHEIRO; MENDONÇA, 2012). “O conteúdo teórico reflete naturalmente uma preocupação geral, universal (NOMOTÉTICA) presidida pela lógica da investigação e o caráter peculiar naquela proposta de pesquisa geográfica” (MONTEIRO, 1990, p. 61).

O Sistema Clima Urbano possui ainda uma resultante que pressupõe elementos que caracterizam a participação urbana no desenvolvimento do sistema. Observada a devida complexidade de se analisar estes elementos, faz-se imprescindível uma simplificação classificatória que foi expressa nos canais de percepção humana (LIMA; PINHEIRO; MENDONÇA, 2012, p. 630).

Monteiro (2003) prepara um quadro de relacionamento das unidades climáticas com as ordens de grandeza taxonômica das formas e com unidades de urbanização (Figura 5). Em relação as unidades superiores não há diferenciações conceituais em relação a outros autores (escalas zonal e regional). O autor não apresenta as escalas espaciais com rigidez absoluta, limitando de forma sistemática diferentes dimensões espaciais, conforme relações estabelecidas com os elementos climáticos e urbanos, gerando um modelo escalar.

Figura 5 – Unidades climáticas com as ordens de grandeza taxonômica

Ordens de grandeza (Cailloux & Tricart)	Unidades de superfície	Escala cartográfica de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	(Milhões de Km)	1:45.000.000	Zonal	-	Satélites	Latitude	Caracterização geral comparativa
		1:10.000.000			Centros de ação atmosférica		
III	(Milhões de Km)	1:5.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes transectos
		1:2.000.000			Sondagens aerológicas		
IV	(Centenas de Km)	1:1.000.000	Sub-Regional (fácies)	Megalópole Grande área metropolitana	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos	Mapeamento sistemático
		1:5.000.000					
V	(Dezenas de Km)	1:250.000	Local	Área metropolitana Metrópole	Posto meteorológico	Integração geológica	Análise espacial
		1:100.000			Rede complementar	Ação antrópica	
VI	(Centenas de Km)	1:50.000	Mesoclima	Cidade grande, bairro ou subúrbio de metrópole	Registros móveis (Episódicos)	Urbanismo	Especiais
		1:25.000					
-	Dezenas de metros	1:10.000 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade Fácies de bairro/subúrbio de cidade	(Detalhe)	Arquitetura	
-	Metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação Habitação Setor de habitação	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

Fonte: MONTEIRO; MENDONÇA, 2003 (Adaptado).

Como uma organização complexa, o clima de uma cidade admite uma visão sistêmica, com diferentes graus de hierarquia funcional e variados níveis de resolução. O Sistema Clima Urbano é dividido em três subsistemas, para efeitos de análise, são eles: termodinâmico, hidrometeorológico e físico-químico (MONTEIRO, 1972). Visando auxiliar a compreensão e diminuir o discurso, Monteiro (1973; 2003) elabora um quadro (Tabela 1), na tentativa de caracterizar de maneira geral os três canais de percepção, ao mesmo tempo que traça um paralelo comparativo entre os mesmos.

Tabela 1 – Esquema dos canais de percepção do SCU

Subsistemas	I Termodinâmico	II Físico-Químico	III Hidrometeorológico
Canais	Conforto Térmico	Qualidade do ar	Impacto meteorológico
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículos automotores Indústrias obras-limpas	Atmosfera estados especiais (Desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercambio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação núcleo ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e meteorológica especial	Meteorológica hidrológica (T de campo)
Correlações disciplinares e tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	“Ilha de Calor” Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataques à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto Redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: MONTEIRO; MENDONÇA, 2003 (Adaptado).

Os componentes termodinâmicos do clima, tem importante destaque no nível fundamental da resolução climática, não só conduzindo um referencial teórico básico para a ação do conforto térmico, mas para onde convergem e se associam todos os outros componentes, como explica Monteiro:

Dentro do esquema do S.C.U., esse canal atravessa toda a sua estrutura, pois que é o insumo básico, é transformado na cidade e pressupõe uma produção fundamental no balanço de energia líquida atuante no sistema. O uso do solo, a morfologia urbana, bem como suas funções, estão intimamente implicadas no processo de transformação e produção (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003, p. 44).

Há então, a necessidade de uma observação meteorológica específica, reveladora daquilo que a observação padronizada busca evitar. A pesquisa em climatologia urbana, compreende a observação complementar fixa, acompanhada de trabalhos de campo com observações móveis e episódicas. É possível destacar também o emprego das técnicas modernas de sensoriamento remoto, principalmente com a aplicação do infravermelho, subsidiando mapeamentos termais das cidades, dando base aos estudos de fenômenos como as ilhas de calor. Em resumo, é um processo de técnicas sistêmicas, afim de revelar a estrutura térmica e da ventilação urbana.

As bases do subsistema físico-químico partem da produção humana na cidade. É nas concentrações urbanas, devido à circulação intensa de veículos a autocombustão derivados de combustíveis fósseis, à concentração industrial e outras formas de produção, que se verificam a maior importância de contaminação da atmosfera. Segundo Monteiro (2003) a diagnose da poluição atmosférica da cidade requer acuidade na mensuração da qualidade do ar, acompanhada do levantamento das fontes poluidoras. Dessa forma, compreende-se que o fenômeno deve ser evitado na fonte emissora, por se tratar de uma situação de responsabilidade humana, pois os insumos atmosféricos e o comportamento básico dos mesmos não estão na esfera de ação do homem.

“Enquanto no primeiro canal há uma coparticipação natureza-homem e, no segundo, uma responsabilidade humana, o terceiro está ligado novamente à natureza, já que se expressa através dos insumos energéticos atmosféricos” (MONTEIRO, 2003, p. 53). Há uma variada gama de fenômenos ligados às manifestações meteóricas de impacto: tempestades, tornados, furações, fortes nevadas e etc. Nessa perspectiva, são os eventos que refletem variações extremas e de formas mais violentas do ritmo climático, desvios dos padrões habituais.

Por meio destes três canais de percepção, pode-se organizar todos os elementos do clima para análises em conjunto desses fatores, termodinâmicos, físico-químicos e hidrometeorológico, de maneira que é a percepção humana que dará o devido tom aos elementos climáticos.

2.3 Geografia, Clima e Saúde

Os primórdios dos saberes em Geografia da Saúde, têm início a partir dos primeiros registros sobre as condições variadas da saúde de populações em diversos lugares, feitos por médicos quando viajavam (PEITER, 2005). Os pensadores médicos da Grécia Antiga tiveram forte influência, por séculos, sob o conhecimento ocidental acerca dos fenômenos da saúde, alcançando os tempos modernos. Como assinala Armstrong:

A geografia médica tornou-se parte da filosofia grega e do ensino da medicina, bem como ferramenta imprescindível para o diagnóstico e a terapêutica. Os pacientes eram inquiridos a respeito de onde e como vivia, informação que era utilizada na confecção dos diagnósticos. Os pacientes podiam assim, ser aconselhados a procurar tratamento para suas doenças mudando algum padrão de comportamento, estilo de vida ou de ambiente, como a mudança para um clima diferente. A geografia médica tornou-se assim, parte do ensino da medicina ocidental até o final do século XIX (ARMSTRONG, 1983, p.168).

A sistematização de informações acerca da distribuição espacial de doenças só vai acontecer entre os séculos XVIII e XIX, com os estudos conhecidos como Topografias Médicas, consideradas como precursores modernos dos estudos de Geografia Médica (PEITER, 2005). Alguns Autores citam o trabalho de Bourdin (1843) como o primeiro de Geografia Médica, devido o estudo ser o primeiro a levar o conceito de Geografia Médica em seu título.

A importância dos estudos de Geografia da Saúde já se fazia evidente nos primórdios da ciência, havendo grande repercussão dos estudos, inclusive para o planejamento de fluxos e ordenamento dos territórios, devido ao fator salubridade ser de suma relevância para o estilo de vida da época.

Tanto “levantamentos médico-geográficos” quanto “topografias médicas” foram fundamentais na manutenção de um fluxo contínuo de mercadorias e pessoas entre os continentes, pois as grandes epidemias requeriam um controle de mercadorias, de navios estrangeiros e áreas portuárias. As florescentes cidades comerciais eram as mais vulneráveis, principalmente aquelas ligadas aos portos. Medidas foram instituídas como a quarentena e o isolamento de áreas (cordão sanitário) para proteger as cidades do contágio de doenças vindas do exterior. Estas medidas, por mais drásticas que fossem, eram as únicas possíveis, já que pouco se sabia efetivamente da etiologia das doenças e seus mecanismos de transmissão (PEITER, 2005, p. 8).

A Geografia da Saúde necessita de conhecimento multidisciplinar, articulando aportes de outras ciências, principalmente do conhecimento médico, de onde vem os conceitos e definições de seus principais objetos, a saúde e a doença. Diferentes modelos

buscam explicar as doenças e epidemias, a partir de uma visão sobre a relação espaço e saúde, podendo assumir papel primordial na explicação dos fenômenos.

De acordo com Peiter (2005) na geografia, os estudos de Geografia da Saúde procuram relacionar aspectos da biometeorologia (clima, luz, estações do ano, temperatura, propriedades do solo e da água) com a ocorrência de doenças, focada nos aspectos físicos do ambiente, dessa forma ganha importância uma ramificação da Geografia da Saúde: os estudos em Clima e Saúde.

Os primeiros trabalhos sobre Geografia Médica, fizeram a relação direta entre áreas endêmicas de doenças com determinadas características culturais, raciais e climáticas, tendo um ponto de vista e lógica relacionando a ambientes e grupos populacionais de maneira determinista (LACAZ et al., 1972).

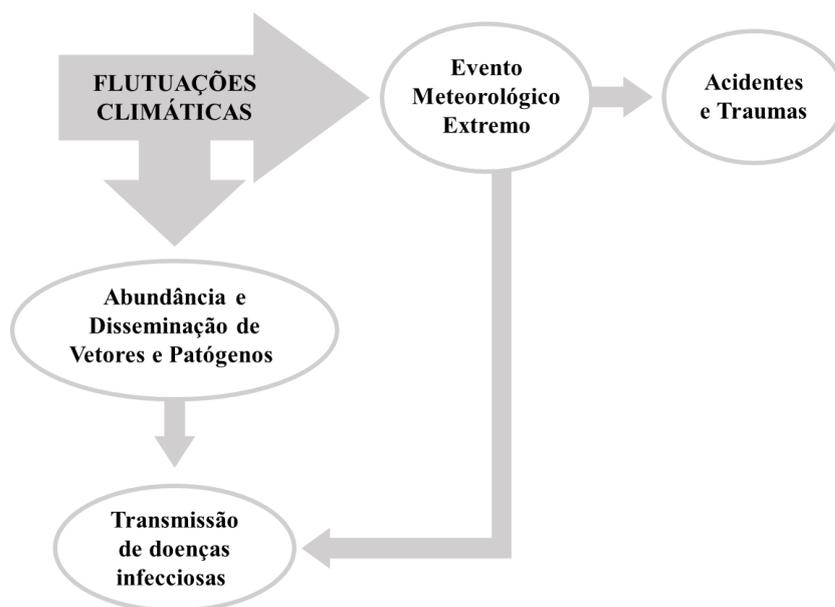
Diversos autores destacam a influência do clima no âmbito da saúde humana, apresentando como os elementos atmosféricos podem interferir em condições específicas saúde de indivíduos e populações. Vieites e Freitas (2007) descrevem a concepção, de Hipócrates (460 - 377 a.C.), fundamentada em sua obra *Dos Ares, das Águas e dos Lugares*, no qual descrevia a influência das mudanças sazonais, do clima e dos ventos sobre o corpo humano, as condições de saúde e suas doenças.

Lacaz (1972, p. 24) destaca que “os elementos climáticos interferem de modo marcante no aparecimento e na manutenção de determinadas doenças”. Ayoade (1996, p. 290) afirma que “O vigor físico do homem é influenciado pela temperatura, umidade e vento. Geralmente a alta temperatura e umidade tendem a diminuir o vigor físico e mental”. Além da influência dos elementos climáticos na saúde dos indivíduos, o autor também cita sua repercussão em larga escala geográfica, caracterizando zonas.

Algumas doenças tendem a ser predominantes em certas zonas climáticas, enquanto algumas outras, particularmente as contagiosas, tendem a seguir um padrão sazonal em sua incidência. [...] Em geral, as doenças infecciosas são mais rapidamente difundidas entre a população durante a estação fria, porque na estação quente as pessoas realizam mais atividades externas (AYOADE, 1996, p. 291).

Dessa forma, é possível compreender como os elementos climáticos interferem na saúde humana, em diferentes âmbitos e escalas. Para um melhor entendimento acerca do tema, Confalonieri (2003), elabora uma sistematização das relações entre as variações climáticas e a saúde humana. Os mecanismos dos impactos dos eventos climáticos sobre a saúde humana podem ser identificados da seguinte forma (Figura 6).

Figura 6 – Os mecanismos dos impactos dos eventos climáticos sobre a saúde humana



Fonte: CONFALONIERI, 2003 (Adaptado).

Basicamente, o clima atua de duas formas distintas: influenciando os fenômenos biológicos, de maneira contínua; e de forma episódica, através de eventos climáticos extremos. No caso da primeira forma, no que concerne à saúde humana, destacam-se os elementos climáticos como temperatura, umidade relativa, precipitação e até o ciclo hidrológico, afetando a capacidade de reprodução e sobrevivência de agentes patógenos no meio, principalmente vetores de doenças infecciosas, como mosquitos envolvidos em transmissão de doenças (CONFALONIERI, 2003).

Ainda segundo o autor, a segunda forma de atuação do clima na saúde humana se dá da seguinte maneira:

No caso dos eventos extremos, o principal impacto na saúde da população humana se dá através dos acidentes e traumas, como no caso de tempestades seguidas de inundações – especialmente em zonas urbanas – que provocam mortalidade por afogamento, deslizamentos de terra, desabamentos de prédios etc. (CONFALONIERI, 2005, p. 194).

Destaca-se também que, alguns tipos de eventos climáticos extremos podem causar de forma direta, epidemias de doenças infecciosas, principalmente em aglomerações urbanas, por exemplo, durante as chuvas de verão, com a leptospirose, que é uma doença de veiculação hídrica disseminada pela água das inundações, em regiões onde a coleta de lixo é precária e os roedores de esgoto são abundantes. Segundo Confalonieri (2005, p. 202), “Os impactos na saúde causados pelos fenômenos climáticos podem se dar através de mecanismos

combinados, diretos ou indiretos”.

Dado um primeiro momento na modernidade, o clima era identificado como um dos principais componentes do meio físico-natural, sendo pouco tomado em consideração quando se tratava do meio social (MENDONÇA, 2000). Em decorrência de uma revolução tecnológica e concentração da riqueza no mundo moderno, há o estabelecimento de relações muito diferenciadas no que se refere à influência do clima sobre a sociedade.

2.4 Dengue: relações epidemiológicas e climáticas

Segundo Tauil (2001), a Dengue é uma doença transmitida por mosquitos, e pode ser classificada como uma arbovirose, caracterizada como uma doença febril aguda, cujo agente etiológico é um vírus do gênero *Flavivírus*, sendo conhecidos atualmente quatro sorotipos, antigenicamente distintos: DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4.

Em termos clínicos, as manifestações podem variar de uma síndrome viral, sem especificidade e benigna, até um quadro grave e fatal, geralmente configurada como doença hemorrágica com choque. Figueiredo e Fonseca (1966), Pinheiro e Travassos-da-Rosa (1996) apontam como fatores de risco para as manifestações mais graves da doença: a cepa do sorotipo do vírus infectante, o estado imunológico e genético do indivíduo, a coexistência de outras doenças e a infecção prévia por outro sorotipo viral da doença. De acordo com Magalhães (2015, p. 57):

A susceptibilidade ao vírus da dengue é universal, entretanto, a infecção por um dos sorotipos dá proteção permanente para o mesmo sorotipo (imunidade homóloga) e imunidade parcial e temporária contra os outros três (imunidade heteróloga), ou seja, a imunidade é permanente para um mesmo sorotipo, havendo imunidade cruzada temporariamente.

De acordo com o Ministério da Saúde (2015) a dengue pode apresentar quadros de infecção sintomáticos e assintomáticos, quando sintomático evolui de maneira sistêmica e dinâmica, variando até quadros graves, até mesmo óbito.

A Organização Mundial de Saúde (OMS), estima que anualmente são verificados 50 milhões de casos de dengue, sendo 250 a 500 mil casos de Febre Hemorrágica de Dengue (FHD) no mundo todo, de acordo com Who (2011). Segundo Hesse (2007), as taxas de mortalidade oscilam de 1% a 10% e são maiores em países onde o tratamento clínico de indivíduos com sintomas hemorrágicos mais graves não é eficiente.

A partir da década de 1950, evidenciou-se cientificamente a circulação do vírus

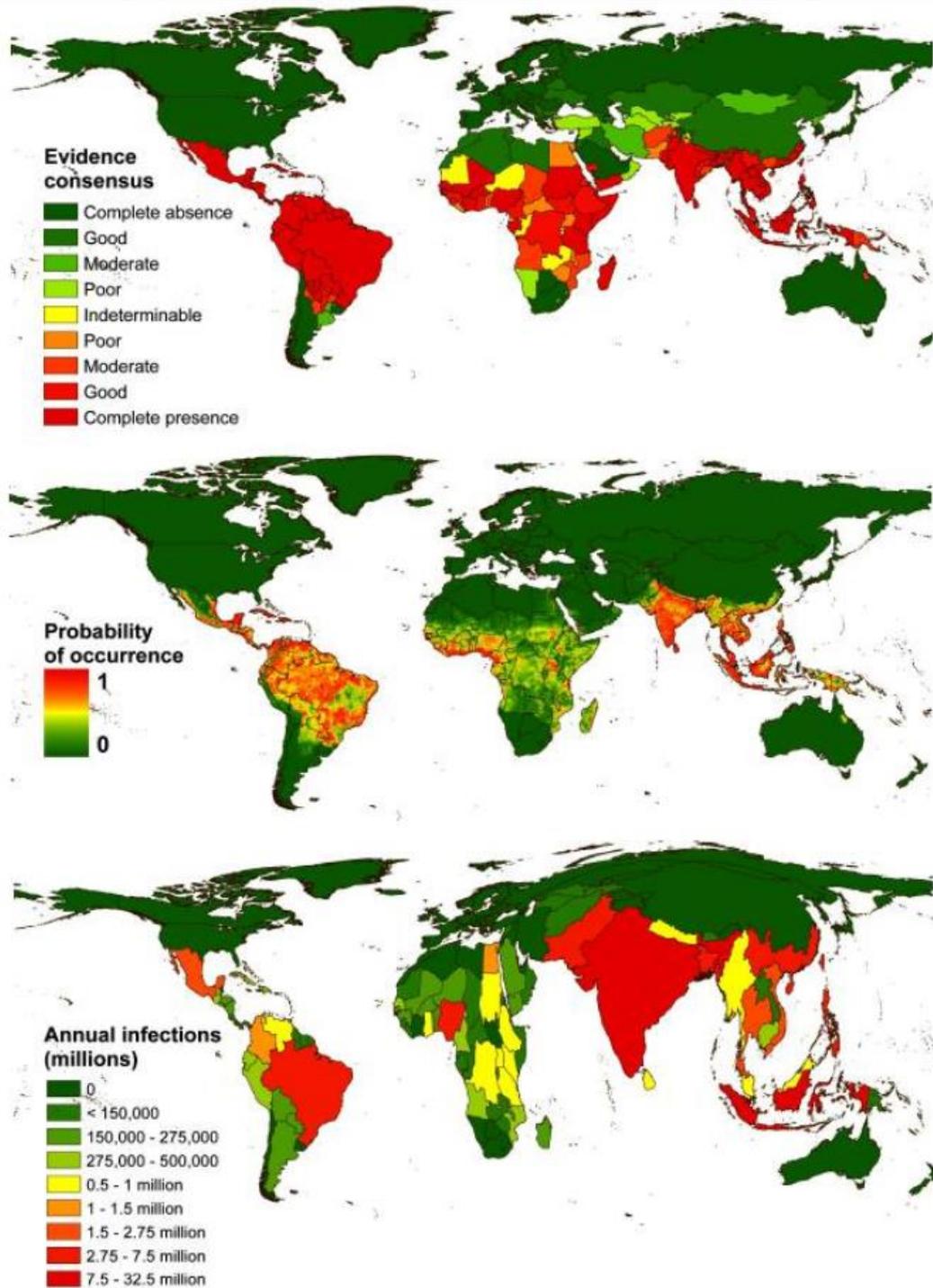
que causa a doença, devido ao isolamento do microrganismo (TORRES, 1998). Devido ao aumento do transporte comercial entre os países, pelo fenômeno da globalização e de fluxos, e por consequência deslocamento de pessoas no século XX, destaca-se nesse período os grandes surtos epidêmicos mundiais da doença (TORRES, 1998).

A dengue é uma doença viral sistêmica aguda que se estabeleceu globalmente nos ciclos de transmissão endêmica e epidêmica. A infecção do vírus da dengue em seres humanos é muitas vezes inaparente (SIMMONS, 2012), mas pode levar a uma ampla gama de manifestações clínicas, de febre leve a síndrome de choque de dengue potencialmente fatal (WHO, 2009).

Embora a expansão histórica desta doença esteja bem documentada, o grande fardo da saúde causada pela dengue em grande parte do mundo tropical e subtropical, continua sendo pouco enumerado (BHATT et al, 2013). As primeiras estimativas globais das infecções totais do vírus da dengue basearam-se em uma taxa de infecção anual constante assumida entre uma aproximação bruta da população em risco (10% em 1 bilhão 5 ou 4% em 2 bilhões), apresentando valores de 80-100 milhões Infecções por ano em todo o mundo em 1988 (BHATT et al, 2013).

Bhatt et al (2013), compilaram um banco de dados de 8.309 registros georreferenciados de ocorrência de dengue em uma pesquisa sistemática, construindo um modelo estatístico de risco a dengue, para definir a probabilidade de ocorrência de infecção por dengue dentro de cada pixel de 5 km (Figura 7), revelando que a transmissão da dengue é ubíqua em todo o trópico com as zonas de maior risco nas Américas e na Ásia.

Figura 7 – Área global de probabilidade de ocorrência de dengue



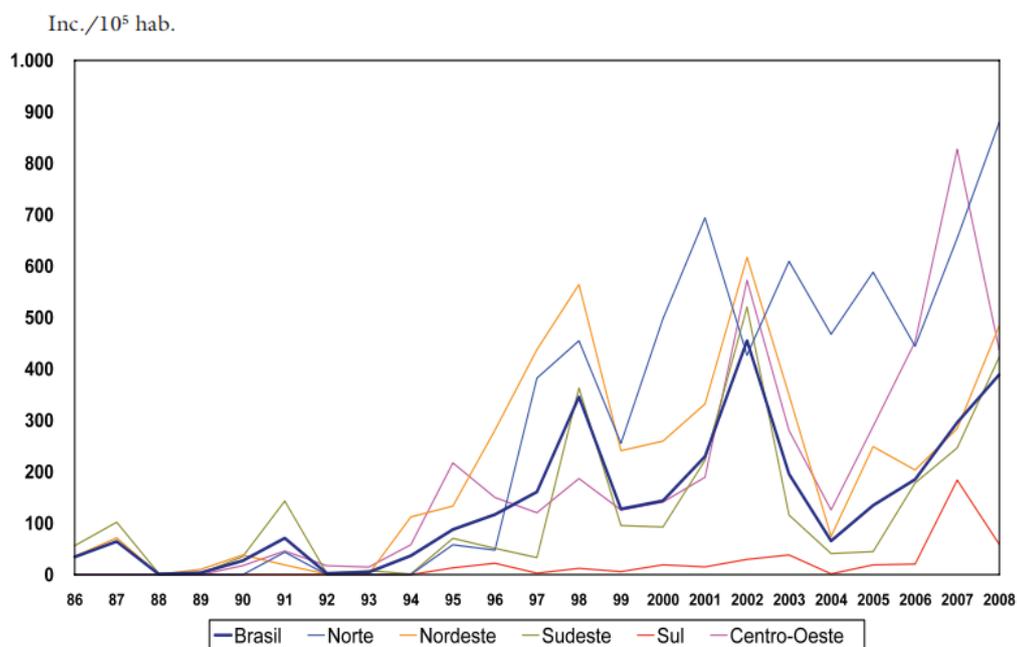
Fonte: BHATT et al, 2013.

A dengue passa a consistir importância epidemiológica no Brasil em 1986, onde uma epidemia atinge o Rio de Janeiro e posteriormente o Nordeste brasileiro, tornando-se a partir de então uma doença endêmica no país, sendo identificados comportamentos de surtos anuais de carácter sazonal, com maior incidência nos meses mais quentes e chuvosos, nos primeiros meses do ano (FUNASA, 1999).

Há relatos de epidemias de dengue no Brasil, no período de 1846 até 1853, ocorridas nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro (BARRETO; TEIXEIRA, 2008), porém as primeiras citações na literatura científica datam de 1916 na cidade de São Paulo, e em Niterói no ano de 1923. A primeira evidência consistente de ocorrência de epidemia de dengue no Brasil é de 1982, havendo uma reintrodução da dengue no país, segundo Barreto e Teixeira (2008), quando foram isolados os sorotipos DEN-1 e DEN-4, em Boa Vista (RO).

No início da década de 1990, a doença se manteve quase que inteiramente restrita aos Estados do Rio de Janeiro, do Ceará, de Alagoas e de Pernambuco, com poucas notificações de casos oriundas do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul (TEIXEIRA et al., 1999).

Figura 8 – Incidência de dengue no Brasil, de 1986 a 2008.



Fonte: BARRETO; TEIXEIRA, 2008.

A magnitude e a gravidade da dengue no Brasil e em vários outros países tropicais e as dificuldades enfrentadas para controlá-la indicam a necessidade urgente de investimentos em pesquisa (FARRAR et al., 2007), especialmente aquelas direcionadas à redução da letalidade por essa doença e para o desenvolvimento de novas tecnologias orientadas para o controle.

2.4.1 Bioecologia do vetor da dengue

Segundo Braga e Valle (2007, p. 114), “A dengue é transmitida por mosquitos do gênero *Aedes*”. Destacando os: *Stegomyia* (*Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, *Aedes polynesiensis*), Finlaya e *Diceromyia* (GUBLER, 1997), sendo o *Aedes aegypti* seu principal vetor. “O *Aedes aegypti* é encontrado, principalmente, no meio urbano, colonizado em depósitos de armazenamento de água e pequenas coleções temporárias” (BRAGA; VALLE, 2007, p. 114).

Originalmente proveniente do continente africano, onde se localiza seu centro endêmico original, ainda é possível encontrar em seu estado primitivo naquele continente, podem-se encontrar criadouros de *Aedes aegypti* em ocos de árvores e outras cavidades do meio natural (CROVELLO & HACKER, 1972). O *Aedes aegypti* (Figura 9) é um mosquito diurno, de coloração preta, com listras e manchas brancas, adaptado ao ambiente urbano (TAVEIRA et al., 2001). Segundo Câmara et al. (2009) esta espécie também é responsável por transmitir outros vírus, como o da febre amarela, o vírus Zika e o Chikungunya, sendo de grande destaque e relevância na saúde pública.

Figura 9 – Mosquito *Aedes aegypti*



Fonte: Ministério da Saúde, 2016.

Natal (2002), descreve a compatibilidade metabólica diária do mosquito e do homem, fazendo com que estes convivam durante o mesmo período diurno.

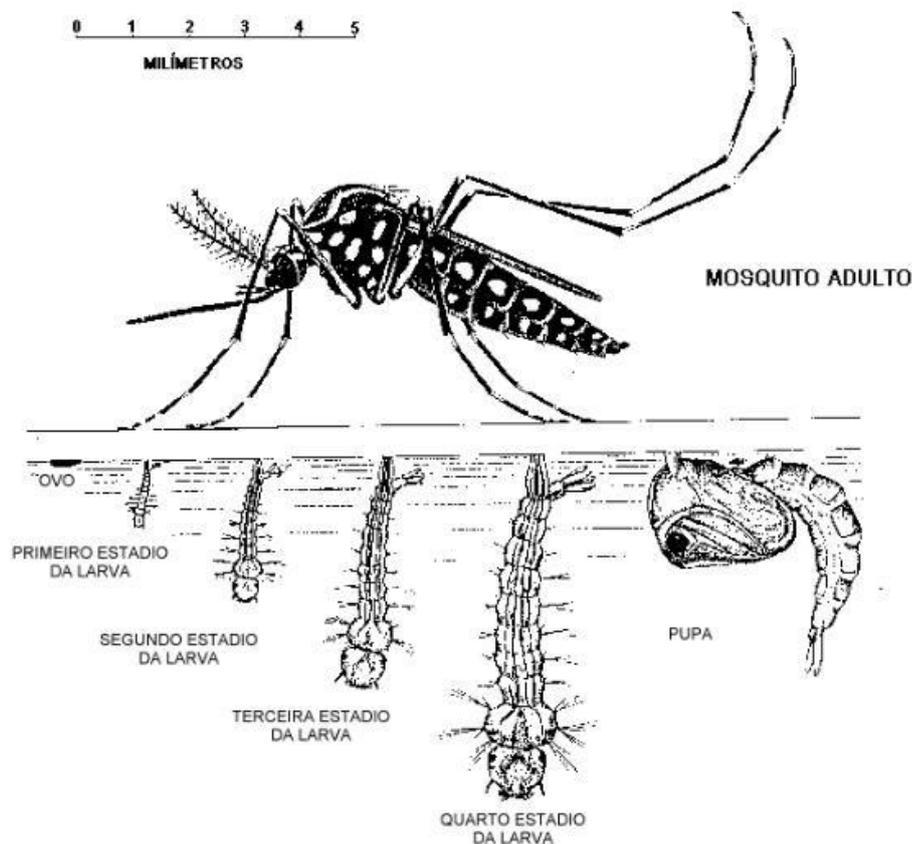
De alguma forma, pode supor-se, que uma espécie que compartilha o mesmo ambiente e os mesmos horários de atividade com o homem, e que necessita obter

repastos sanguíneos, o que garante a sua perpetuação, deve ter experimentado um processo seletivo, que lhe tenha sido vantajoso no sucesso em obter sangue como alimento (NATAL, 2002, p. 205).

A fêmea do mosquito *Aedes aegypti* é muito ágil ao picar e se interrompida durante a ingestão de sangue, voa e logo depois, será atraída novamente para o mesmo hospedeiro, ou até outro, completando sua refeição. Durante seus ciclos reprodutivos, após cada oviposição, a fêmea responde aos estímulos de um hospedeiro para se alimentar, e são nesses contatos que conferem seu papel epidemiológico, transmitindo doenças, como a dengue (NATAL, 2002).

De acordo com Forattini (2002), assim como qualquer culicídeo, no período larvário ocorrem três mudas, culminando com a larva de quarto estágio, essa dando origem à pupa (Figura 10). Os ovos são postos pela fêmea, um por vez, próximo as superfícies d'água, nas paredes dos reservatórios. Os ovos medem aproximadamente 1mm de comprimento, e possuem coloração esbranquiçada, mas que posteriormente ganham coloração escura e brilhante (FUNASA, 2001).

Figura 10 – Ciclo de vida do *Aedes aegypti*



Fonte: <http://deolhonoaedesaeegypti.blogspot.com.br>

Os ovos são capazes de resistir a longos períodos de seca, cerca de até 450 dias, mais de um ano, o que propicia que mesmo que o reservatório passe por um longo período sem água, e nos primeiros acúmulos, haverá a continuação do ciclo, daí a importância de uma limpeza eficiente dos recipientes.

Anteriormente, colocava-se que, os mosquitos depositavam os ovos apenas em água limpa, porém estudos atuais comprovam a existência de larvas em águas com diferentes substâncias e temperaturas extremas. Paploski et al (2016), realizaram estudos na Bahia, os quais revelaram os bueiros como potenciais localidades para o desenvolvimento larval do mosquito, comprovando o processo adaptativo para recipientes com água suja.

Marcondes (2001), descreve a segunda fase larvária do mosquito como a etapa em que há a alimentação e crescimento, onde a larva alimenta-se de matéria orgânica das paredes e do fundo do reservatório. É nessa fase que as condições de temperatura exercem grande influência, podendo durar no máximo cinco dias, dependendo da temperatura, e sob a influência de temperaturas mais baixas podendo durar várias semanas.

Na etapa da pupa, ocorre a metamorfose para a fase adulta. A pupa não se alimenta nessa fase e se mantém flutuando na superfície da água, podendo ficar cerca de dois a três dias nesse estado (FUNASA, 2001).

Júnior & Júnior (2001) descrevem a fase adulta como a última etapa do ciclo, que representando a fase reprodutora, onde o mosquito pode acasalar dentro de 24 horas após a saída da água. Vivendo cerca de 30 dias, a fêmea põe ovos de quatro a seis vezes durante a vida, em cada uma delas podendo colocar em torno de 150 a 200 ovos.

Uma vez infectado, o mosquito torna-se vetor permanente da doença, sendo que, somente a fêmea pode transmitir a doença, pois, somente ela tem hábitos hematófagos, ou seja, alimenta-se de sangue, de preferência humano, de extrema necessidade para a maturação dos ovos, já o macho se alimenta de seiva de plantas. (OPAS, 1995; BRASIL, 2001).

2.4.2 Relação clima e dengue

Os principais elementos climáticos, que contribuem para a dispersão de vetores e doenças são: temperatura, precipitação, umidade e velocidade do vento (CONSOLI, 1994). Desse modo, HAYDEN (2010) relata que a transmissão da dengue é influenciada por muitos fatores incluindo o clima, que interfere na biologia do mosquito e nas interações entre o vetor e o vírus.

Dessa forma, o clima exerce um papel importante na incidência e distribuição da dengue. O mosquito vetor da doença normalmente é encontrado em regiões tropicais e subtropicais compreendidas entre as latitudes 35° N e 35° S ou mesmo fora desses limites, mas bem próximo da isoterma média anual de 20°C ou das isotermas de inverno de 10°C, evidenciando a grande condição endêmica que o clima representa ao mosquito, como é possível evidenciar na Figura 7.

O ciclo reprodutivo do *Aedes aegypti* é sensível a determinadas variações de elementos climáticos, como temperatura, umidade e precipitação, justificando a sazonalidade da incidência da doença. Verifica-se que, nos meses mais úmidos e quentes, prevalecem os casos da doença. (CÂMARA et al., 2007). Martins (2002) indica que, as formas adultas do mosquito não sobrevivem em locais onde a temperatura média é inferior a 19°C.

Precipitações concentradas, em um ambiente com temperaturas ideais, caracteriza uma situação propícia para a reprodução e dispersão do *Aedes aegypti*. No entanto, o mosquito pode manter uma população considerável durante as estações menos chuvosas, devido aos criadouros semipermanentes e independentes das chuvas (caixas d'água, cisternas, latões etc.), mas ainda assim, é durante a estação chuvosa que sua população realmente alcança níveis elevados (CONSOLI, 1994). Destaca-se também a importância do armazenamento intra domiciliar, em regiões onde há déficit no abastecimento de água. O município de Fortaleza apresenta exatamente essas condições, ideais de proliferação, no qual o mosquito encontra uma região de clima equatorial/tropical quente e com precipitações concentradas, além de estar localizado em um estado com problemas críticos em relação às secas e estiagens, gerando ambientes de armazenamento de água intra domiciliar favoráveis.

Mendonça (2011) aponta que situações epidemiológicas como a dengue, podem agravar-se, causadas pela variabilidade climática observada nos últimos anos, com a possibilidade real da expansão das áreas geográficas de transmissão do vírus. Focks et al (1995) trata sobre a relação dos elementos climáticos e a disseminação da dengue, estimando o período de incubação do vírus em relação à temperatura, verificando que, entre as temperaturas de 32°C, o vírus fica incubado cerca de 8 dias, enquanto que com temperatura em torno de 22°C a incubação sobe para 16 dias. Constatando que, o período de incubação do vírus diminui quando do aumento da temperatura.

No Brasil, diversos estudos foram realizados no âmbito da relação dos elementos climáticos e as epidemias de dengue (OLIVEIRA, 2004; PAULA, 2005; CAMARA et. al., 2007; SILVA et. al., 2007; CAMARA et. al. 2009; ROSEGHINI, 2013; VIANA & IGNOTTI, 2013; SANTOS, 2016). No município de Fortaleza e região metropolitana, foram elaborados

trabalhos que contribuíram para a compreensão deste fenômeno (MAGALHÃES, 2011; MAGALHÃES, 2012; MAGALHÃES & ZANELLA, 2013; MAGALHÃES, 2015; MAGALHÃES & ZANELLA, 2015). No entanto, os estudos visaram traçar relações diretas entre as variáveis climáticas e as epidemias de dengue, já o objetivo deste trabalho foi identificar e analisar o comportamento da dengue considerando as relações entre a doença, o clima urbano e as variáveis socioeconômicas no município de Fortaleza, aplicando modelos para compreender o fenômeno na área do município.

2.5 Modelização: princípios teóricos

A palavra modelo possui variadas nuances em seu significado, de maneira geral, pode ser definida como uma representação “simplificada” da realidade. Hagget e Chorley (1975), definem modelo como uma estruturação simplificada da realidade que apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes, sendo estes, aproximações subjetivas, pois não incluem todas as observações ou medidas associadas. Porém, são importantes por obscurecerem detalhes acidentais e permitirem o destaque dos aspectos fundamentais da realidade.

Christofolletti (1999) ressalta que, no procedimento de elaboração e transposição de um determinado esquema representativo, deve-se salientar que o que se está sendo representado não é a realidade em si, mas sim a visão e a maneira como de como percebemos e compreendemos esta realidade.

Em Geografia se utilizam categorias de modelos, que podem ser divididas em: modelos matemáticos, que geralmente são apresentados em forma de equações; modelos de sistemas, esquemas lógicos que representam os sistemas e seus elementos, fluxos e retroalimentação; modelos gráficos, representam a estrutura de um espaço determinado (BRUNET; FERRAS; THÉRY, 1993).

2.5.1 Modelos em Climatologia

Segundo Christofolletti (1999, p. 15), “O objetivo da modelagem em Climatologia é simular os processos e prever os efeitos resultantes nas mudanças e nas interações internas”. O autor ainda classifica os modelos climáticos em três categorias: os modelos climáticos de circulação geral; os modelos sobre impactos climáticos; e os modelos integrados de avaliação.

Os estudos de fenômenos concretos e reais, precisam considerar que estes transcorrerão na linha do tempo, havendo um infinito universo de possibilidades o qual não é possível analisar, desta forma se faz necessário a criação de modelos, que são representações físicas ou matemáticas de aspectos da realidade (ECHENIQUE, 1975). Segundo o autor, os modelos podem ser utilizados de quatro formas (Tabela 3).

Tabela 2 – Formas de utilização de modelos

Descritiva	Envolve o processo de definição e descrição do objeto, além da definição dos objetos de estudo
Preditiva	Envolve o processo de observação, tradução e interpretação dos dados
Exploratória	Estabelece uma condição futura, um cenário futuro
Planejamento	Processo de provas e recomendações

Fonte: Elaborado pelo autor.

Brandão (2009) relata que os modelos podem ser classificados das seguintes formas: modelos empíricos; modelos de balanço de energia e fluidodinâmicos; modelos analíticos; e modelos computacionais.

2.5.2 *Urban Climatic Map*

O funcionamento de uma cidade é determinado pelas diferentes formas de uso e ocupação do solo e pelas diferentes compartimentações do meio urbano (SCHMITZ, 2014). A autora destaca a possibilidade de uma unidade estrutural a partir de uma tipologia edificada homogênea e mesmo uso do solo, gerando uma sintetização.

O *Urban Climatic Map* (UCM), é uma ferramenta de informações que contém diversas características relevantes do ambiente climático urbano. Ele é desenvolvido com a finalidade de reconhecer funções climáticas urbanas e contribuir na descrição da atmosfera mais próxima da superfície edificada.

Pesquisadores da área da climatologia vem buscando desenvolver os princípios de avaliação e análise do Clima Urbano, em diversos países, buscando a compreensão do

ambiente urbano, através do UCM. A elaboração de Mapas Climáticos Urbanos, é realizada por Katzschner (1997), para estabelecer diretrizes para o planejamento urbano, utilizando da avaliação bioclimática, utilizando o *Physiological Equivalent Temperature* (PET). Diversas características ambientais locais (topografia, uso e ocupação do solo, rugosidade urbana, vegetação, temperatura do ar e rugosidade), são utilizadas para a representação cartográfica como metodologia. Estudos utilizando o UCM foram realizados em Stuttgart e Kassel na Alemanha, e em Hong Kong na China, utilizando da técnica na gestão da administração pública. No Brasil, Souza (2010) e Ribeiro (2013), conduziram estudos no município de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba, utilizando do modelo como metodologia e técnica de investigação do clima urbano nessa perspectiva integrada.

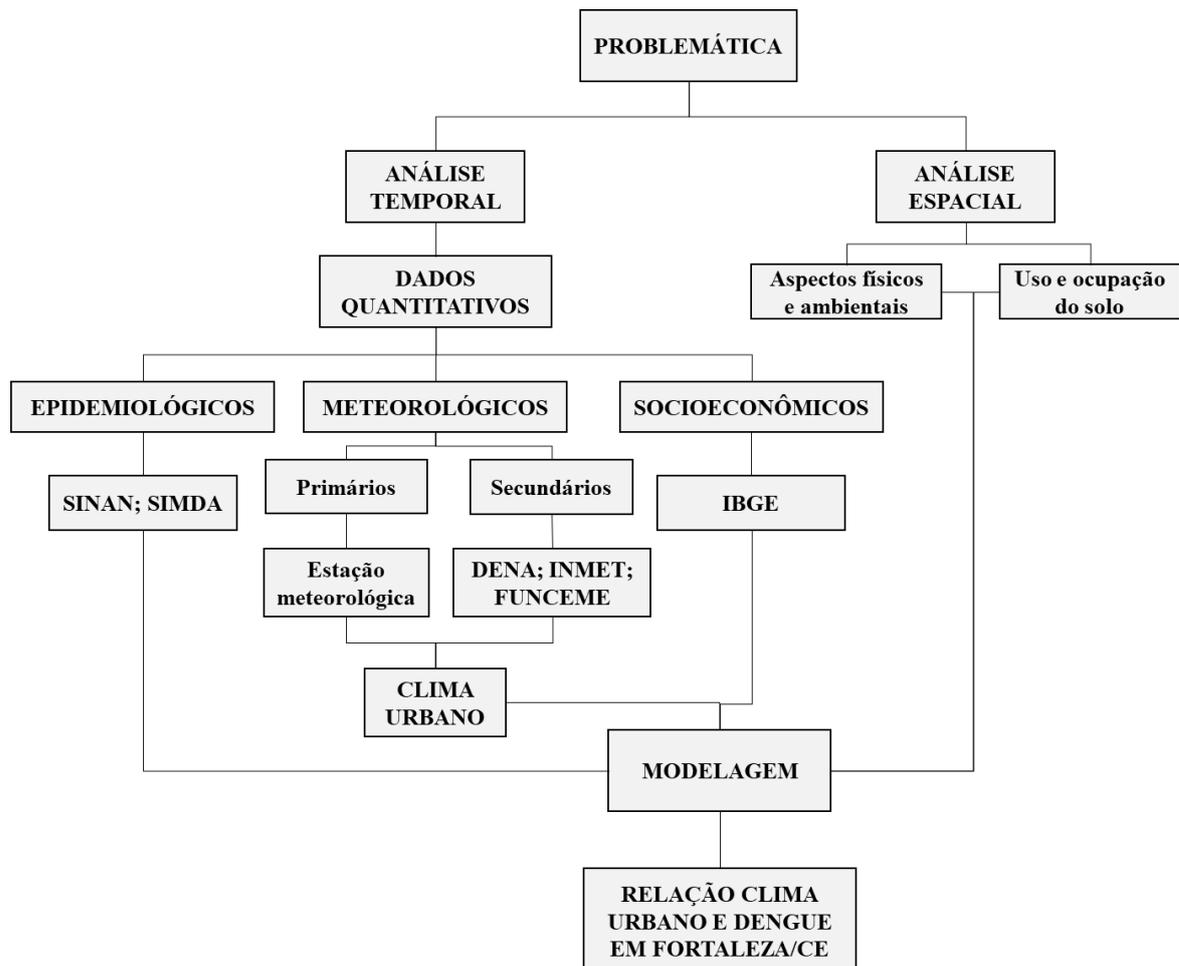
A aplicação deste modelo tem o intuito de facilitar a compreensão acerca dos elementos urbanos que geram condições climáticas de aquecimento e arrefecimento no sítio urbano de Fortaleza, sendo utilizadas ferramentas computacionais (ArcGIS 10.4) e de sensoriamento remoto (Landsat 8) para conseguir os dados necessários.

3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Para a execução desta pesquisa, foi realizado um levantamento bibliográfico acerca dos temas centrais, com objetivo de compreender os fenômenos e ter uma base teórico-metodológica dos mesmos. Foi montada uma base cartográfica, utilizando de mapas de órgãos públicos e científicos para a compreensão do espaço estudado, sendo também criado um banco de dados digitais (arquivos vetoriais e raster). A aquisição de dados se deu basicamente em três categorias: dados meteorológicos; dados socioeconômicos; e dados de saúde (dengue). Onde em cada categoria foram adquiridos dados em diferentes fontes, primárias e secundárias.

Para a obtenção de resultados satisfatórios, tendo em vista a problemática e os objetivos propostos nessa pesquisa, tomou-se por base uma estruturação na qual o método de pesquisa apresenta os seguintes aspectos (Figura 11):

Figura 11 – Roteiro metodológico da pesquisa



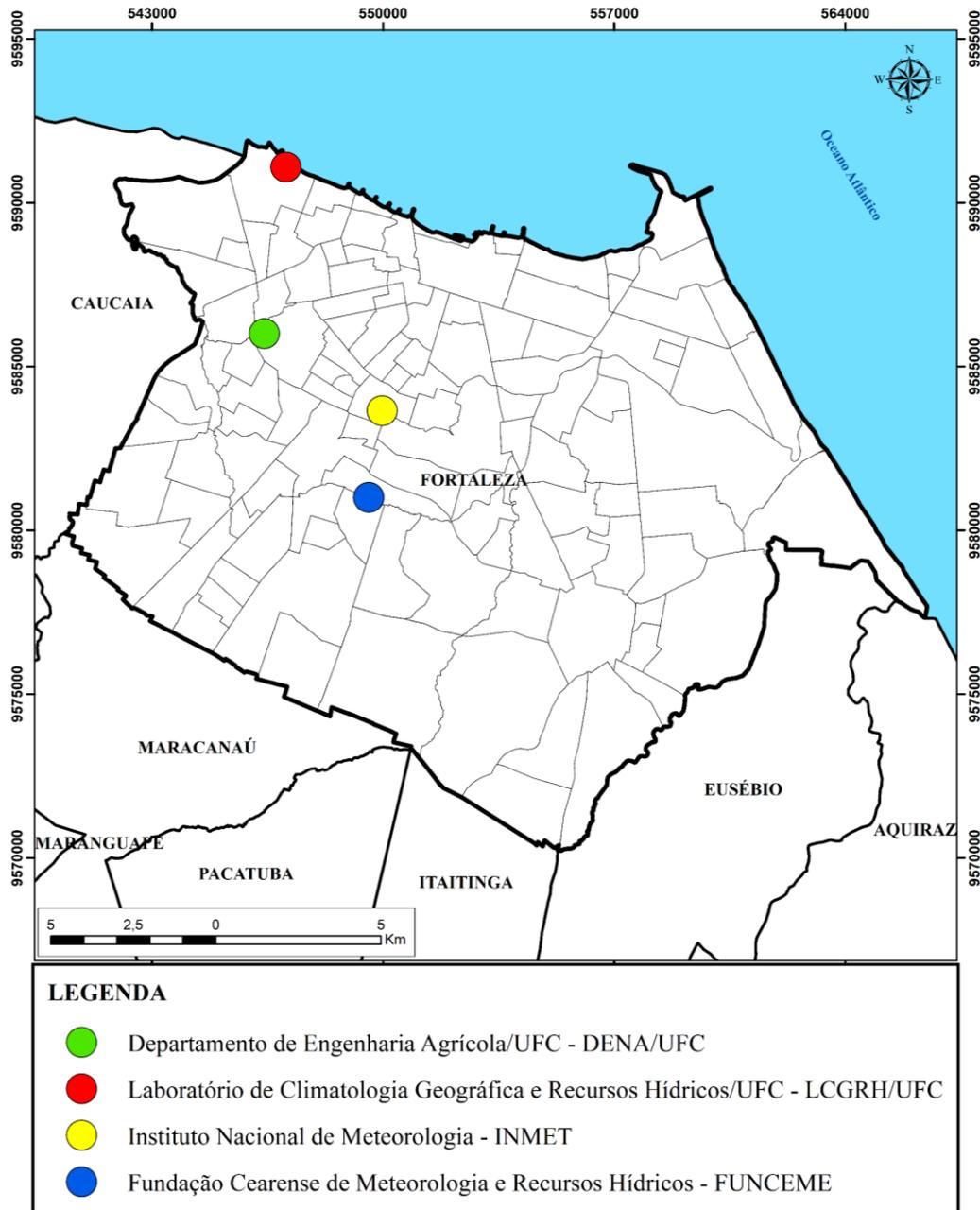
Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com que mostra o organograma, foram coletados dados de diferentes fontes institucionais (dados primários e secundários), com o intuito de realizar uma análise que compreendesse tanto os aspectos epidemiológicos quanto a dinâmica climática do município estudado.

Para a realização das análises foi elaborado um banco de dados baseado em plataforma de Sistema de Informações Geográficas (SIG), com dados de ocorrências de dengue, variáveis socioeconômicas e dados meteorológicos, entre outros. A adoção e customização da plataforma de SIG possibilitaram a geração de novos dados e informações resultantes de análises espaciais e estatísticas.

Para a caracterização climática geral do município de Fortaleza/CE, adotou-se a estação meteorológica do Campus do Pici, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola (DENA), da Universidade Federal do Ceará (UFC). Foram coletados dados de temperatura máxima, média e mínima, umidade relativa, precipitação, direção e velocidade dos ventos, do período de 1966 até o ano de 2015, compreendendo 50 anos de dados. Em relação à caracterização climática urbana do município, foram utilizadas quatro estações meteorológicas distribuídas pela cidade (Figura 12), foram elas: Estação Meteorológica do Campus do Pici (DENA); Estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); estação pertencente à Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), localizada no campus da Universidade Estadual do Ceará (UECE); e estação montada especificamente para a realização desta pesquisa, pertencente ao Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos (LCGRH/UFC), uma miniestação meteorológica *Davis (Precision Weather Station Vantage Vue)*, adquirida através de financiamento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Sendo que, para a caracterização climática urbana e também para a modelagem foi eleito o ano de 2016, como representativo para esta pesquisa.

Figura 12 – Localização das estações meteorológicas utilizadas na pesquisa



Fonte: IBGE; IPECE. Elaborado pelo autor.

O tratamento dos dados foi realizado através de softwares como Excel¹ e Bioestat², além do uso de ferramentas de SIG como Global Mapper³ e ArcGIS 10.3⁴. Para a espacialização dos elementos climáticos, elegeu-se o método de interpolação IDW (*Inverse Distance Weighting/Ponderação do Inverso da Distância*).

¹ Excel é propriedade da Microsoft Corporation

² Bioestat é propriedade do Instituto Mamirauá

³ Global Mapper é propriedade da Blue Marble Geographics

⁴ ArcGIS é propriedade da Esri Software.

O IDW é uma técnica de interpolação usada para pontos espalhados espacialmente. A interpolação IDW determina os valores dos pontos usando uma combinação linear ponderada dos pontos da amostra, sendo que, o peso de cada ponto é o inverso de uma função da distância (MARCUIZZO; ANDRADE; MELO, 2011), segundo os autores para o cálculo da interpolação do valor de um ponto através do método do IDW, utiliza-se a seguinte equação matemática:

$$Z(x) = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i Z(x_i)}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \quad (2)$$

Em que, $Z(x)$ - é o valor do ponto que se deseja interpolar; n - é a quantidade de pontos próximos utilizados na interpolação do ponto x ; $Z(x_i)$ - é o valor do ponto x_i ; e ω_i - é o peso do valor de x_i sobre o ponto x . Para se determinar ω_i utiliza-se a seguinte equação matemática:

$$\omega_i = \frac{1}{h(x, x_i)^p} \quad (3)$$

Em que, $h(x, x_i)$ - h é a distância entre o ponto x e o ponto x_i ; e p - é o parâmetro de potência, geralmente igual a dois. Parâmetros de potência maiores enfatizam pontos mais próximos, tornando o resultado menos suave. Parâmetros de potência menores enfatizam pontos mais distantes, tornando o resultado mais suave, porém menos preciso.

Para a identificação e análise das tendências climáticas no município de Fortaleza, utilizou-se o Excel, enquanto para as significâncias, foi utilizado o teste de Mann-Kendall, proposto inicialmente por Sneyers (1975), que considera, na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente, e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma. Goossens & Berger (1986) afirmam que o teste de Mann-Kendall é o método mais apropriado para analisar mudanças climáticas em séries climatológicas e permite também a detecção e localização aproximada do ponto inicial de determinada tendência.

O teste de Mann-Kendall é um teste não paramétrico que tem sido amplamente aplicado à detecção de tendências monotônicas em séries, sem especificar se tais tendências são lineares ou não lineares.

Considere-se a série temporal de N valores anuais (um valor por ano) com termo genérico Y_i , $i = 1, \dots, N$. De acordo com o teste de Mann–Kendall, cada valor Y_i , $i = 1, \dots, N - 1$ é comparado com todos os valores que se lhe seguem Y_j , $j = i + 1, i + 2, \dots, N$, gerando-se uma nova série Z_i que contém um indicador do valor relativo da diferença entre termos da série Y_i , de acordo com Santos e Portela (2007):

$$Z_i = \text{sgn}(Y_i - Y_j) = \begin{cases} 1 & \text{se } Y_i > Y_j \\ 0 & \text{se } Y_i = Y_j \\ -1 & \text{se } Y_i < Y_j \end{cases} \quad (4)$$

A estatística de teste é obtida através da soma da série Z_i , da seguinte forma:

$$S = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sgn}(Y_i - Y_j) \quad (5)$$

Mann (1945), e Kendall (1975), demonstraram que, para amostras com grande dimensão em que a estatística do teste ocorre sem a presença de valores nulos de Z_i , e considerando a hipótese nula, H_0 , de ausência de tendência, a estatística S segue aproximadamente uma distribuição normal com média nula, ou seja:

$$E(S) = 0 \quad (6)$$

E variância definida por:

$$\text{Var}(S) = \frac{N(N-1)(2N+5)}{18} \quad (7)$$

Em que N é a dimensão da amostra. A significância de S para a hipótese nula pode ser testada com recurso a um teste bilateral, sendo que pode ser rejeitada para grandes valores da estatística $Z(t)$ definida de acordo com:

$$Z(t) = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (8)$$

A detecção de tendências foi realizada sobre as séries das variáveis climatológicas

(temperatura máxima, mínima e média, umidade relativa e precipitação) anuais da Estação Meteorológica do Campus do Pici, correspondendo o período de 1966 a 2015. Os dados foram submetidos ao teste de Menn-Kendall através do software *Past3*, onde os dados foram inseridos na planilha, selecionados e aplicados à estatística descritiva, gerando o resultado de Z , que se estiver entre $-1,96$ e $1,96$ comprova ausência de tendência. Dessa forma, foram submetidos ao teste os dados de temperatura média, máxima média e mínima média, umidade relativa e precipitação pluviométrica, tanto as médias e soma anual, quanto as médias e somas mensais de cada variável.

Os dados da dengue utilizados nesta pesquisa foram fornecidos principalmente pelo Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN/Ministério da Saúde). Destaca-se que, os registros de casos confirmados de dengue são desenvolvidos através de fichas de notificação de suspeita de dengue, as quais são preenchidas em postos de saúde e hospitais. São analisadas, submetidas aos laboratórios que confirmam ou não as suspeitas e depois são digitadas e arquivadas nos bancos do SINAN.

Outra fonte de dados epidemiológicos da dengue é do Sistema de Monitoramento Diário de Agravos (SIMDA), sistema vinculado à Prefeitura Municipal de Fortaleza, no qual constam dados acerca de casos confirmados de dengue por sorotipo e óbitos causados pela enfermidade, por faixa etária e tipologia.

A infestação predial foi outro dado utilizado para a caracterização da dengue para o município de Fortaleza sendo que este dado é adquirido a partir do Levantamento de Índice Rápido de *Aedes aegypti* (LIRAA) realizado pelos agentes de endemias do município. O Ministério da Saúde recomenda esta metodologia, para quantificar a quantidade de imóveis com a presença do mosquito vetor da dengue. Realizando inspeções nos imóveis, os agentes de endemias, caso encontrem larvas do mosquito, recolhem o material e enviam para laboratório, no intuito de confirmar se o mosquito está ou não infectado pelo vírus. O Índice de Infestação Predial (IIP), possibilita realizar um diagnóstico da situação da presença do mosquito vetor.

Para realizar uma caracterização socioeconômica do município, foram utilizados dados secundários obtidos através do censo do IBGE (2010), tendo como unidade básica de análise os setores censitários, menor escala espacial de organização e gestão territorial adotada pelo IBGE. Os dados foram organizados em planilhas do Microsoft Excel e definidos pelas variáveis: esgoto a céu aberto, sem coleta de lixo, lixo acumulado no logradouro, domicílios com fontes de água alternativas, tipo de moradia e renda de até 2 salários mínimos, onde foram estabelecidos pesos, e submetidos a processos computacionais para a geração de

um modelo em relação a vulnerabilidade social a dengue.

A escolha dessas variáveis se deu, pelo fato de que estas podem caracterizar condições socioespaciais, que influenciam no desenvolvimento do vetor da dengue. Estes dados foram organizados e calculados os percentuais de domicílios de cada indicador por setor censitário. Para espacialização dos dados socioeconômicos, foi utilizado a malha digital do IBGE (2010), tendo como base o município de Fortaleza.

Desta forma, a escala espacial trabalhada para a caracterização da dengue no município, foi a de bairros, devido à disponibilização dos dados oficiais estar disposto nesta escala espacial, sendo possível identificar a dinâmica espacial das epidemias manifestadas espacialmente. Sendo analisado o período correspondente a 10 anos, de 2007 a 2016, com o objetivo de identificar padrões epidemiológicos para o município.

Desta maneira, foram abordados três tipos principais de dados, advindas de diferentes fontes, contendo diversas variáveis (Tabela 4).

Tabela 3 – Fonte dos dados trabalhados na pesquisa

DADOS	FONTE	VARIÁVEIS	TRATAMENTO
Climáticos (1966 – 2015) (2016)	DENA; FUNCME; INMET; LCGRH; CPTEC	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura do ar (média, máxima e mínima) (°C) • Umidade Relativa (%) • Pressão Atmosférica (hPa) • Velocidade (m/s) e direção do vento • Sistemas atmosféricos e circulação atmosférica 	<ul style="list-style-type: none"> • Tabulação dos dados no Excel • Análise de tendência (Teste de Mann-Kendall) • Análise rítmica • Interpolação e espacialização dos dados (IDW) • Análise dos dados.
Socioeconômicos (2010)	IBGE	<ul style="list-style-type: none"> • Esgoto a céu aberto • Sem coleta de lixo • Lixo acumulado no logradouro • Fontes de água alternativas. • Renda de até 2 salários mínimos • Tipo de moradia 	<ul style="list-style-type: none"> • Tabulação no Excel • Espacialização dos dados por setor censitário • Análise espacial
Epidemiológicos (2007 – 2016)	SINAN; SIMDA; Secretaria municipal de saúde	<ul style="list-style-type: none"> • Número de casos; • Casos por bairro • LIRAa - IIP 	<ul style="list-style-type: none"> • Tabulação no Excel; • Gráficos mensais/anuais de casos • Espacialização por bairro • Análise espacial

Fonte: Elaborado pelo autor.

O modelo de urbanização objetiva a produção de um mapa climático urbano, espacializando o potencial de aquecimento e arrefecimento através da área da cidade, baseando-se principalmente no uso e cobertura do solo, no relevo e na ventilação. Advém da proposta metodológica de Katzschner (1997), elaborando um Mapa Climático Urbano (UCM). Para o modelo climático urbano, foram utilizados dados de uso e ocupação do solo, altimetria e base cartográfica física, a fim de gerar um mapa climático urbano atual, de acordo com as seguintes etapas: obtenção de imagem Landsat8, com cobertura máxima de nuvens de 10%, para o uso do solo; através da imagem SRTM; obter um mapa cadastral urbano; obtenção da base cartográfica mínima.

Foram geradas camadas do modelo, a qual estarão atribuídos pesos de aquecimento e arrefecimento, são essas camadas (Tabela 5): Mapa de volume edificado; Mapa de uso do solo relativo aos ganhos antropogênicos; Mapa de altimetria, altura topográfica; Mapa de efeitos bioclimáticos; Mapa de cobertura do solo; Mapa de paisagens naturais; Mapa de declividade; Mapa de orientação das vertentes; Mapa de ventilação (comprimento da rugosidade); Mapa de brisas costeiras. Os valores dos pesos, quando positivos indicam a contribuição para um maior aquecimento urbano e quando negativos, apontam para o resfriamento. A ponderação das matrizes resultantes de cada mapa fornece valores que podem ser balizados por índices de conforto térmico.

Tabela 4 – Classes e mapas do UCM

CLASSE	MAPA
I) Classes que contribuem para a formação de ilha de calor	Mapa de volume edificado
	Mapa de uso e ocupação do solo relativo aos ganhos antropogênicos
	Mapa de altimetria, altura topográfica
II) Classes com potencial dinâmico	Mapa de efeitos bioclimáticos (áreas verdes urbanas)
	Mapa de cobertura do solo
	Mapa de paisagens naturais
	Mapa de declividade
	Mapa de orientação de vertentes
	Mapa de comprimento de rugosidades

Fonte: Elaborado pelo autor.

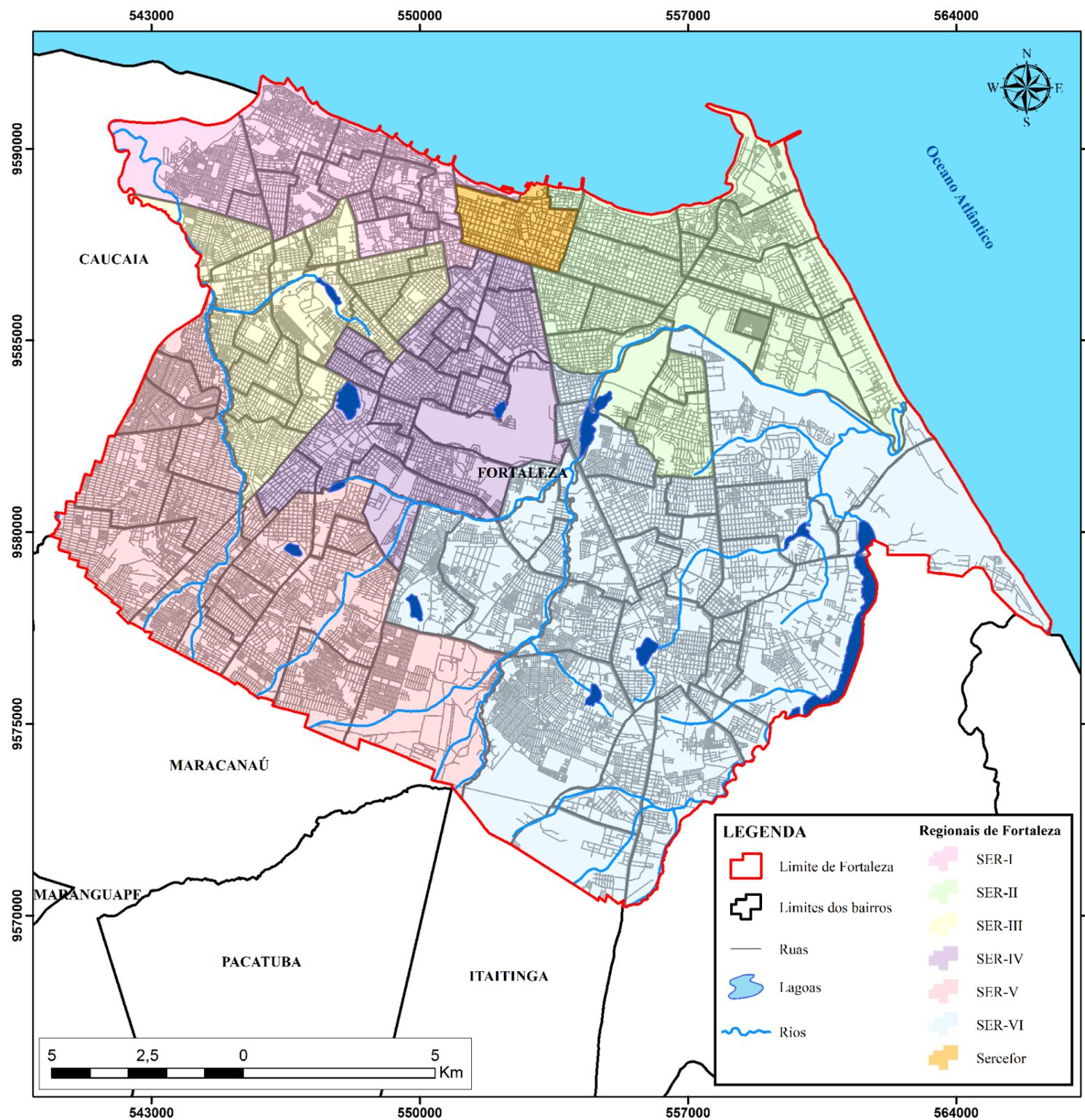
4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E OCUPAÇÃO DE FORTALEZA

O município de Fortaleza está localizado no litoral da Região Nordeste do Brasil (Figura 13), está entre as coordenadas de 3° 43' 02" de latitude sul e 38° 32' 35" de longitude oeste de Greenwich. Limita-se ao norte com o Oceano atlântico e Caucaia, ao sul com Maracanaú, Pacatuba, Itaitinga e Eusébio, à leste com Eusébio, Aquiraz e o Oceano Atlântico, e à oeste com Caucaia e Maracanaú. Está inserido na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), juntamente com outros 18 municípios. É a capital do estado do Ceará e o município mais populoso do Estado, com estimativa de 2.627.482 habitantes em 2017 (IBGE, 2016), com área territorial de 314,930 km² e densidade demográfica de 7.786,44 hab/km² (IBGE, 2010), sendo que, o território fortalezense caracteriza-se como sendo 100% urbano.

Atualmente, Fortaleza é a segunda maior cidade do Nordeste em população, perdendo apenas para Recife/PE. Nos últimos anos, esta densidade de Fortaleza tem crescido mais que a das outras grandes capitais do Nordeste, apresentando concentração demográfica elevada, em relação às outras cidades do Estado.

Em um contexto de descentralização, foram criadas as Secretarias Executivas Regionais, por meio da Lei Municipal nº 8.000, de 29 de janeiro de 1997, que reformulou a organização administrativa municipal., são elas: SER-I; SER-II; SER-III; SER-IV; SER-V; SER-VI; e Sercefor. As Secretarias Executivas Regionais têm como objetivo realizar atividades de execução, gerenciamento e assessoramento de políticas públicas, desenvolvimento de estudos socioeconômicos, elaboração de projetos técnicos para as secretarias temáticas e demais órgãos públicos municipais, entre outras, funcionando como subprefeituras.

Figura 13 – Mapa de localização do município de Fortaleza



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 Caracterização ambiental

O município de Fortaleza localiza-se no segmento litorâneo central do Estado do Ceará, no domínio da margem continental na porção setentrional do Nordeste brasileiro. Para entender a totalidade dos fenômenos estudados, é necessário compreender as características ambientais em suas diferentes esferas, e como estas estão representadas no território da cidade, e como interagem com o homem e as diferentes organizações socioterritoriais que dão origem à complexidade urbana estudada.

Predomina uma topografia levemente ondulada nos setores ao sul de Fortaleza. Nas áreas mais centrais do sítio natural de Fortaleza, observa-se o relevo relacionado à Formação Barreiras, denominados como tabuleiros costeiros. No setor sudeste da cidade, há o morro do Caruru, que se apresenta ainda, de maneira geral, na forma cônica. No setor sul da cidade, há o serrote do Ancuri, uma forma de relevo um pouco mais alongada, cujo o cume atinge os 115 metros de altitude (MOURA FÉ, 2008). Em Fortaleza, é possível destacar as planícies fluviais dos rios Pacoti, Ceará e Cocó, como mais significativas, caracterizando leitos fluviais e, associados a estes, as planícies fluviais, que são formas de relevo topograficamente rebaixadas. Ao se aproximarem das suas desembocaduras, os leitos fluviais passam a ter mais contato com o ambiente marinho, passando a apresentar novas características, e serem denominadas como planícies flúvio-marinhas.

Outra unidade geomorfológica presente no município são as dunas móveis, que são caracterizadas pela ausência de vegetação e ocorrem mais próximo à linha de praia, podendo também apresentar um recobrimento vegetal pioneiro, tornando-as fixas ou semi-fixas. Por fim, as praias atuais, que formam um depósito contínuo, alongado por toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis (SOUZA, 1988).

A cidade de Fortaleza possui uma grande diversidade de elementos hidrográficos, são rios, riachos e lagoas que se apresentam como elementos fundamentais para o conforto térmico e mosaico paisagístico, que se apresentam em quatro bacias hidrográficas principais: bacia do rio Maranguapinho; bacia da vertente marítima; bacia do rio Cocó; e a bacia do rio Pacoti.

No contexto natural do sítio de Fortaleza, os principais tipos de solos encontrados no município eram: Neossolos Quartzarênicos; Neossolos Flúvicos; Neossolos Litólicos; Gleissolos; Planossolos Solódicos; e Argissolos vermelho-amarelos. No entanto, devido ao intenso processo de urbanização, Fortaleza apresenta características de pavimentação asfáltica altamente presentes, resultando em quase que uma modificação total da cobertura superficial,

gerando consequências tanto na cobertura dos solos, como na vegetação e unidades fito ecológicas, representadas pelos: Complexo Vegetacional Litorâneo; Vegetação dos Tabuleiros; Manguezais; Vegetação de Dunas; e Mata Ciliar e Lacustre.

4.1.1 Caracterização Climática Regional

O clima de Fortaleza classifica-se como Clima tropical equatorial com 7 a 8 meses secos (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Xavier (1998; 2001) classifica o clima do Ceará, dividindo o estado em Regiões Pluviometricamente Homogêneas, considerando a estação chuvosa⁵, no período de 1964 a 1996, utilizando da técnica estatística dos Quantis, a autora classifica o município na Região do Litoral 3 (Litoral de Fortaleza). Considera-se os seguintes limites de precipitação: ano muito seco (0mm e 762,7mm); ano seco (762,7mm e 921,8mm), ano normal (921,8mm e 1311,0mm), ano chuvoso (1311,0mm e 1612,3mm) e ano muito chuvoso (superior a 1612,3mm) (XAVIER, 1998; 2001).

Diversos estudos foram realizados em Fortaleza, considerando a perspectiva climática. A partir dos anos 2000, é possível destacar os trabalhos de Pétalas (2000), Zanella e Claudino-Sales (2002), Malveira (2003), Moura (2006), Moura (2008), Moura, Sales e Zanella (2008), Moura, Zanella e Sales (2010), realizando pesquisas a respeito das condições térmicas e/ou o conforto humano na cidade.

O domínio climático da região urbana do município de Fortaleza, está sob forte influência da mEa, que causa estabilidade para o tempo, e de variados sistemas atmosféricos causadores de precipitação pluviométrica, o que gera as condições climáticas padrão, verificadas em escala regional, principalmente em relação à variabilidade da precipitação.

Em relação à temperatura, o município está localizado em região equatorial com latitudes médias de 3°, o que ocasiona, devido à forte incidência de radiação solar durante todo o ano (pouca variação), temperaturas elevadas durante todo o ano. De modo geral, Fortaleza apresenta baixa amplitude térmica anual e interanual, devido a sua localização geográfica (latitudinal e costeira).

A proximidade com o Oceano Atlântico provoca a baixa variabilidade térmica diária, já que, o mar apresenta-se como um importante regulador térmico, devido às intensas trocas de calor latente, e aos processos físicos de troca de estado da água, calor esse que, é trazido para o continente através dos ventos, servindo como um regulador das temperaturas na

⁵ Estação chuvosa do Ceará corresponde aos meses de fevereiro, março, abril e maio

superfície terrestre. Além de sua influência nas temperaturas médias, o oceano está intimamente ligado aos altos valores de umidade relativa, devido às taxas de evaporação elevada nas regiões equatoriais.

Os dados a seguir foram elaborados a partir das médias dos elementos meteorológicos, em uma série de dados que corresponde a uma série histórica (30 anos), correspondendo aos anos de 1981 até 2010. A fonte dos dados é a Estação Meteorológica do Campus do Pici.

As médias máximas acontecem em dezembro, com 27,8° C, enquanto que a média mais baixa em julho, com 26,3° C (Tabela 6). A amplitude mensal é de 1,5° C, explicada principalmente pela sua localização em baixas latitudes e pela proximidade do oceano. O trimestre mais quente corresponde ao final da primavera e verão do Hemisfério Sul (Nov a Jan), enquanto o trimestre mais frio corresponde ao inverno do Hemisfério Sul (junho, julho e agosto), conforme tabela 6.

Tabela 5 – Médias das temperaturas para o município de Fortaleza

PARÂMETRO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Temperatura Média	27,4	27,3	26,9	26,8	26,8	26,4	26,3	26,6	26,9	27,4	27,6	27,8
Temperatura Máxima	30,5	30,6	30,1	30,2	30,4	30,2	30,2	30,6	30,7	31,0	31,2	31,2
Temperatura Mínima	24,5	24,2	23,8	23,6	23,5	23,0	23,0	22,8	23,4	24,0	24,6	24,8

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici (1981 – 2010). Elaborado pelo autor.

Tabela 6 – Médias móveis para temperaturas do município de Fortaleza

MÉDIA MÓVEL	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Temperatura Média	27,2	27,0	26,8	26,7	26,5	26,4	26,6	27,0	27,3	27,6	27,6	27,5
Temperatura Máxima	30,4	30,3	30,2	30,2	30,2	30,3	30,5	30,8	31,0	31,1	31,0	30,8
Temperatura Mínima	24,2	23,9	23,6	23,4	23,2	23,0	23,1	23,4	24,0	24,5	24,6	24,5

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici (1981 – 2010). Elaborado pelo autor.

Por estar localizado em região equatorial, com alta e constante incidência de radiação solar (por se localizar na faixa tropical)⁶, o município de Fortaleza apresenta pouca

⁶ A inclinação do eixo sobre o plano da Terra descreve em seu movimento ao redor do Sol, limitando a máxima intensidade de energia a uma restrita faixa compreendida entre o Trópico de Capricórnio e o Trópico de Câncer (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

variação intra-anual e interanual de temperatura, com temperaturas médias de 26°C a 28°C (IPECE, 2016). Como afirma Moura (2008, p. 127):

A média anual da temperatura é de 26°C, sendo que a temperatura média mensal varia entre 26°C em julho e 27,6°C no mês de dezembro. A média da temperatura máxima corresponde a 30,3°C, com o mês de julho exibindo a média mensal mais reduzida (29°C) e os meses de novembro e dezembro as taxas mais elevadas com 31,1°C. A temperatura mínima média para a cidade é de 23,5° C, com extremos de 22,6°C no mês de agosto e 24,5°C em dezembro.

A umidade relativa apresenta valores bastante elevados na cidade de Fortaleza, sendo que os valores mais baixos correspondem ao mês de setembro, enquanto o mês de maior umidade ao mês de abril (mês mais chuvoso). Observa-se que a umidade guarda uma relação direta com a precipitação, cujos percentuais são mais elevados no período chuvoso, enquanto os percentuais mais baixos no período seco. Considerando o trimestre, observa-se que os meses de MAM apresentam a maior média (81,9%) da umidade relativa, enquanto o trimestre mais seco (SON) o valor de 71,3%. As umidades relativas altas em todos os meses do ano são explicadas por Fortaleza estar localizada junto ao mar, conferindo elevadas taxas de evaporação durante o ano todo e umidades mais elevadas.

Tabela 7 – Médias mensais e médias móveis para umidade do município de Fortaleza

UMIDADE RELATIVA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Umidade Relativa	76,5	78,8	82,1	82,9	80,6	78,7	76,5	72,7	70,5	71,2	72,1	73,4
Média móvel	79,1	81,26	81,86	80,7	78,58	76	73,2	71,49	71,3	72,27	74,03	76,2
	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici (1981 – 2010). Elaborado pelo autor.

Os valores de umidade relativa apresentados pelo município se mantem em alta, tendo média anual de 78%, variando de 84% em abril e 73% nos meses de setembro e outubro. Segundo Moura (2008), essa variável acompanha o ritmo da evolução da precipitação, diferente da velocidade do vento, que apresenta uma evolução inversa, com baixa variação no período chuvoso, com normais mensais de março e abril tendo as menores velocidades com 2,6 m/s e 2,5 m/s, respectivamente. Enquanto no segundo semestre se observam valores mais altos, com as maiores velocidades nos meses de setembro e outubro com os respectivos valores de 4,7 m/s e 4,6 m/s.

As precipitações em Fortaleza se caracterizam por serem intensas e concentradas. Chove em média 1.592,1mm anuais, sendo que aproximadamente 70% da chuva se concentra

entre fevereiro e maio. De acordo com a estação do Campus do Pici, da série histórica de Fortaleza (período de 1981 a 2010), há uma variabilidade bastante expressiva na chuva. Conforme mostra a tabela 01, a precipitação varia de 945,1mm para o ano de 1993 (mais seco) e de 2.900,1 mm para o ano de 1985 (mais chuvoso). O semiárido brasileiro refere-se à região brasileira cuja variabilidade da chuva é a mais alta em relação às demais regiões do país.

Tabela 8 – Precipitação acumulada anual (1981 – 2010)

ANO	TOTAL	ANO	TOTAL	ANO	TOTAL
1981	1109,1	1991	1512,6	2001	1438,2
1982	1135,9	1992	1165,7	2002	1743,9
1983	958,2	1993	945,1	2003	2346,2
1984	2007,1	1994	2414,6	2004	1851,3
1985	2900,1	1995	2116,6	2005	1178,9
1986	2265,8	1996	1667,7	2006	1454,7
1987	1293,4	1997	975,5	2007	1335,1
1988	1757,9	1998	1182,0	2008	1568,2
1989	1732,4	1999	1344,6	2009	2341,6
1990	974,8	2000	1797,6	2010	1014,2
Média Decadal	1613,5		1512,2		1627,2
Média 30 anos					1584,0

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici (1981 – 2010). Elaborado pelo autor.

Como observa-se na Tabela 8, as médias decenais revelam um valor médio de 1.613,5 para o período de 1981 a 1990, apresentando uma diminuição das chuvas nas décadas de 1991/00, com uma média de 1.512,2mm. Na última década, de 2001 a 2010, se evidencia uma média de 1.627,2 mostrando novo acréscimo em relação à década anterior. A variabilidade dos totais anuais de precipitação em Fortaleza é um fato evidente. Entretanto, 50% dos totais de chuvas situam-se entre 1.000 e 1.750 mm anuais e ocorreram em 15 anos da série histórica. Vale ressaltar que, no período analisado, apenas 4 anos registraram precipitação inferior a 1.000 mm e 11 anos ultrapassam 1.750 mm, sendo que destes, 7 são superiores 2.000 mm.

Na Tabela 9 é possível compreender a distribuição anual da chuva no município, verificando que, o mês mais chuvoso é o mês de abril, correspondendo exatamente ao período onde a atuação da ZCIT encontra-se mais intensa sobre a região nordeste, tendo média mensal de 380,1mm. Já o mês mais seco é o de outubro, onde a mEa atlântica atua sem interferências de sistemas causadores de chuva, causando estabilidade para o tempo, correspondendo à média de 10,3mm. Os meses mais representativos em termos de precipitação são março, abril

e maio, período este, integrante da quadra chuvosa, tendo valores médios de 311,1mm, enquanto os meses de setembro, outubro e novembro representam o período mais seco.

Tabela 9 – Totais mensais e médias móveis para precipitação do município de Fortaleza

PRECIPITAÇÃO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Total mensal	126,4	183,0	344,4	380,1	208,8	159,6	76,1	24,9	19,7	10,3	10,9	39,8
Média móvel	217,9	302,5	311,1	249,5	148,2	86,9	40,2	18,3	13,6	20,3	59,0	116,4
	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF

Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici (1981 – 2010). Elaborado pelo autor.

O que rege a grande variabilidade na precipitação, são os sistemas atmosféricos causadores de chuva e a dinâmica das massas de ar, que provocam instabilidade e estabilidade para o tempo, respectivamente. A dinâmica anual destes fenômenos controla a distribuição temporal das chuvas durante o ano, influenciando nas condições chuvosas e secas verificadas.

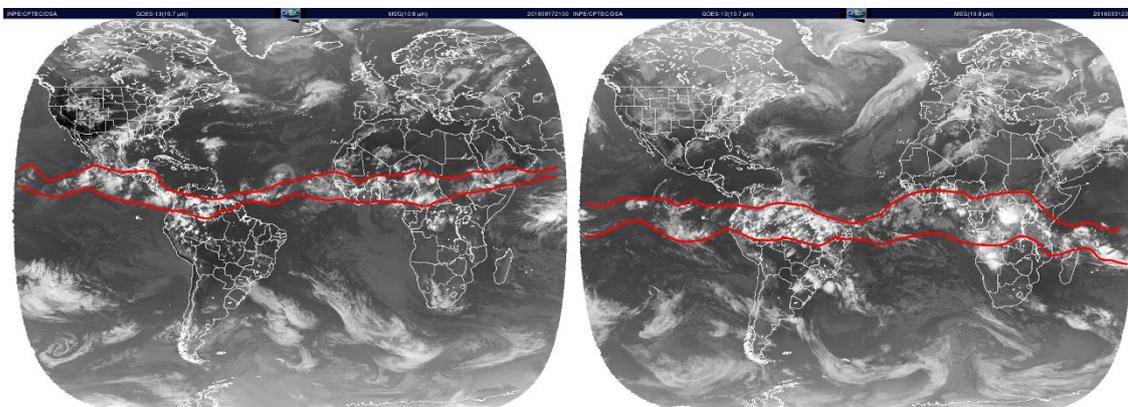
Segundo Soares (2015), em toda a região Nordeste “destaca-se uma forte influência do centro de ação do Atlântico, responsável pela gênese das massas de ar Equatorial (mEa) e Tropical atlântica (mTa), que atuam no período de estabilidade das condições de tempo para a região”. Em Fortaleza, especificamente, há uma atuação direta da mEa, que se diferencia da mTa a partir da direção de deslocamento.

O caráter seco do Nordeste brasileiro, de maneira geral, tem associação ao domínio do centro de ação do Atlântico (Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul/ASAS), que no estado do Ceará é responsável pela mEa. Nimer (1989), destaca que somente no primeiro semestre do ano, entre o verão e o outono, há uma entrada de nuvens convectivas responsáveis pela precipitação, que provocam o afastamento do centro de ação.

Na Figura 14 é possível identificar a ação da mEa no segundo semestre do ano, provocando estabilidade para o tempo, enquanto no primeiro semestre do ano, há entrada convectiva devido ao centro de ação de um sistema atmosférico causador de chuva, porém, é possível destacar que, sem a influência de sistemas atmosféricos causadores de precipitação, a mEa atua causando estabilidade para o tempo em todo ano.

sul, provocando precipitação no município de Fortaleza.

Figura 15 – Atuação da ZCIT no segundo e primeiro semestre do ano, respectivamente.



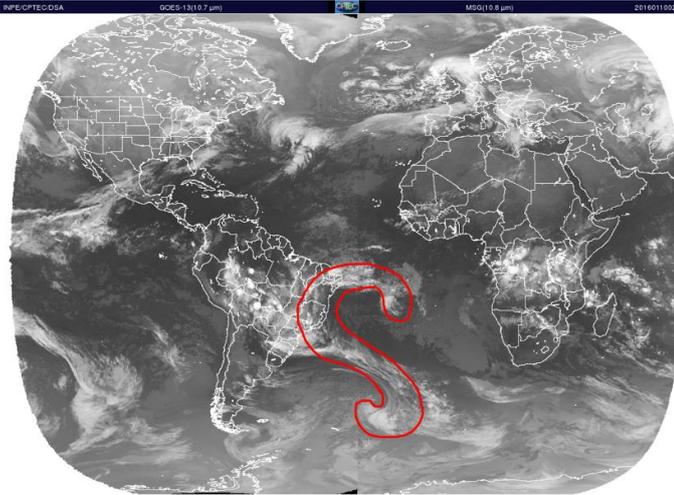
Fonte: CPTEC/INPE (2017) (Adaptado).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), são sistemas atmosféricos que contribuem para precipitações significativas no município de Fortaleza, sendo predominantemente verificados na pré-estação chuvosa, principalmente no mês de janeiro, mas é possível identificar sua atuação em dezembro e fevereiro.

Os VCANs são definidos como sistemas de baixa pressão fechados, que se formam na alta troposfera (GAN; KOUSKY, 1986). Ferreira e Mello (2005), apontam os vórtices, como provocadores de chuvas em sua zona periférica, devido apresentar intensa atividade convectiva, contribuindo para a formação de nuvens e consequentemente precipitação, havendo subsidência de ar em seu núcleo, sem formação de nuvens, resultando em totais pluviométricos mais reduzidos.

Na figura 16 identifica-se a formação de um VCAN, com centro de ar descendente sobre o oceano atlântico (alta pressão/estabilidade), enquanto uma das bordas do sistema está sobre a cidade de Fortaleza, provocando precipitação, associada a áreas de baixa pressão.

Figura 16 – VCAN provocando chuva no NE brasileiro.

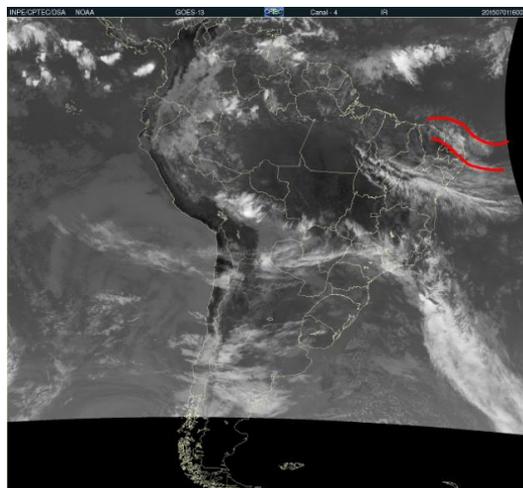


Fonte: CPTEC/INPE (2017) (Adaptado).

As Ondas de Leste (OL) ou Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), são ondas que se deslocam acompanhando os ventos alísios de leste para o oeste (Figura 17). No Atlântico Sul, estes distúrbios se deslocam desde a costa da África até o litoral leste brasileiro. Entende-se que os DOL são “o principal sistema atmosférico provocador de chuva do litoral leste do Nordeste do Brasil, no período de maio a agosto” (ALVES et al, 2004, p. 20). Barbieri (2015) relata que:

No período junho, julho e agosto, estes sistemas quando intensificados na costa leste do NEB e as condições atmosféricas estão favoráveis, podem atingir também o estado do Ceará, mais precisamente as regiões centro-sul, Jaguaribana e litoral de Fortaleza, causando chuvas significativas acompanhadas de muitas descargas elétricas e rajadas de ventos fortes (BARBIERI, 2015, p. 96).

Figura 17 – DOL atuando sobre o município de Fortaleza.

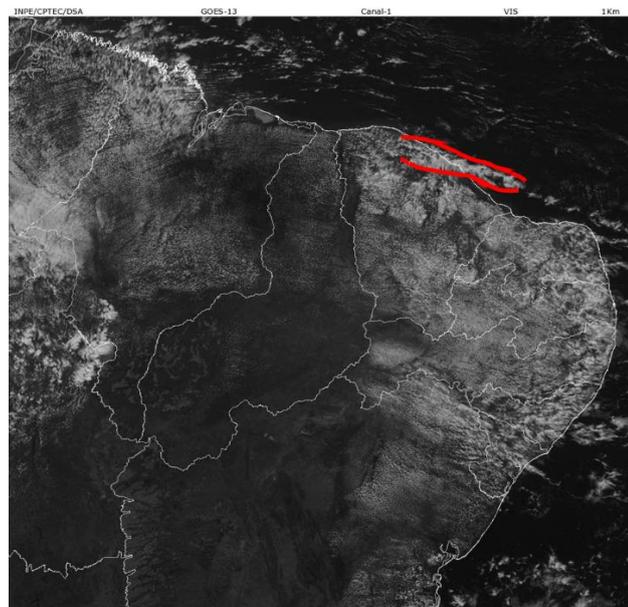


Fonte: CPTEC/ INPE (2017) (Adaptado).

Soares (2015) afirma que as Linhas de Instabilidade (IL) atuam, principalmente no verão, podendo ser influenciada diretamente pela ação da ZCIT. Ferreira e Mello (2005) afirma que as Linhas de Instabilidade são bandas convectivas que tem origem devido as diferenças de temperaturas entre oceano e continente, sendo que, essas linhas podem estar intimamente associadas a brisa marítima.

Na região de Fortaleza, o máximo de precipitação deste sistema ocorre entre a noite e o amanhecer, devido à costa côncava do norte do Nordeste brasileiro. Nessa região, o vento de sudeste em baixos níveis que sopra do continente para o oceano, acopla-se a brisa terrestre, formando assim convergência e uma linha de nuvens cumulunimbus (BRABIERI, 2015). Na Figura 18, é possível ver a linha de nebulosidade seguindo a linha de costa, provocando precipitação fora da quadra chuvosa.

Figura 18 – Linha de Instabilidade sobre Fortaleza

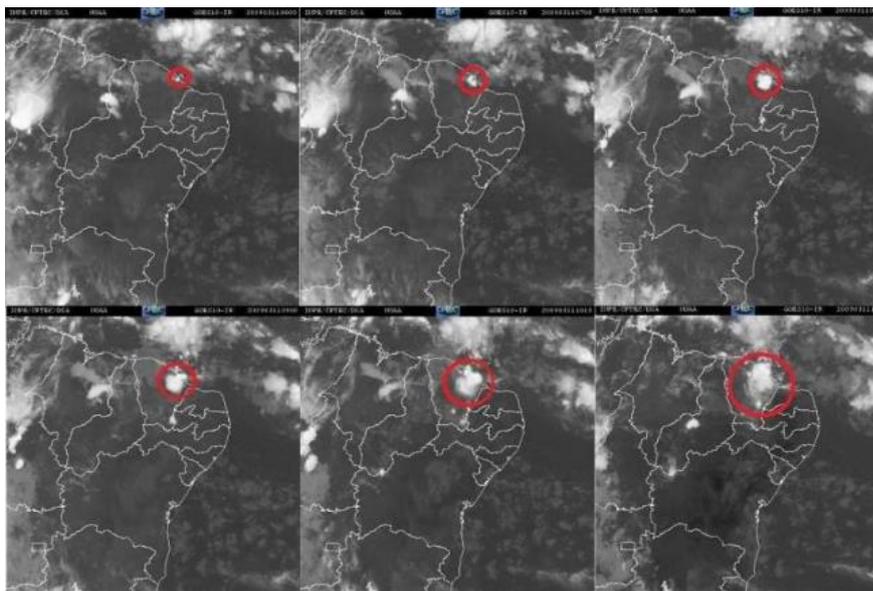


Fonte: CPTEC/ INPE (2017) (Adaptado).

As regiões de altitude mais elevada como a Serra da Ibiapaba, o Cariri, a Chapada do Apodi, e toda a faixa litorânea onde se localiza o município de Fortaleza, são áreas mais propícias a formação de Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), apresentaram frequências relativamente altas de ocorrência de CCM.

Silva Dias (1996), define os CCMs como um conjunto de nuvens cumulunimbus frias e espessas que apresentam forma circular e desenvolvimento vertical acentuado, num intervalo de tempo relativamente curto, entre 6 e 12 horas, associando-se a eventos com precipitação intensa e fortes rajadas de vento.

Figura 19 – Evolução de um CCM



Fonte: Soares (2015).

Percebe-se que, os fenômenos atmosféricos de escala global/regional, contribuem de maneira direta na precipitação do município de Fortaleza, gerando um dinamismo e variabilidade interanual e mensal elevada. Outro fator a se considerar para a grande variabilidade pluviométrica da região, são os fenômenos oceânicos, tanto no Oceano Atlântico, como no Oceano Pacífico, como afirma Barbieri (2015, p. 99), a “variabilidade pluviométrica interanual do Nordeste Brasileiro, está diretamente influenciado pelas características termodinâmicas dos Oceanos Pacífico e Atlântico Equatoriais”.

Pode-se observar que, as anomalias da Temperatura de Superfície do Mar (TSM), estão estritamente correlacionadas com as condições de seca para o Nordeste Brasileiro, onde está o *locus* desta pesquisa. As investigações sobre estes fenômenos climático-oceânicos, é denominada como El Niño Oscilação Sul (ENOS), que tem o objetivo de identificar as alterações dos padrões habituais de TSM e dos ventos na região do Pacífico Equatorial (CPTEC, 2014).

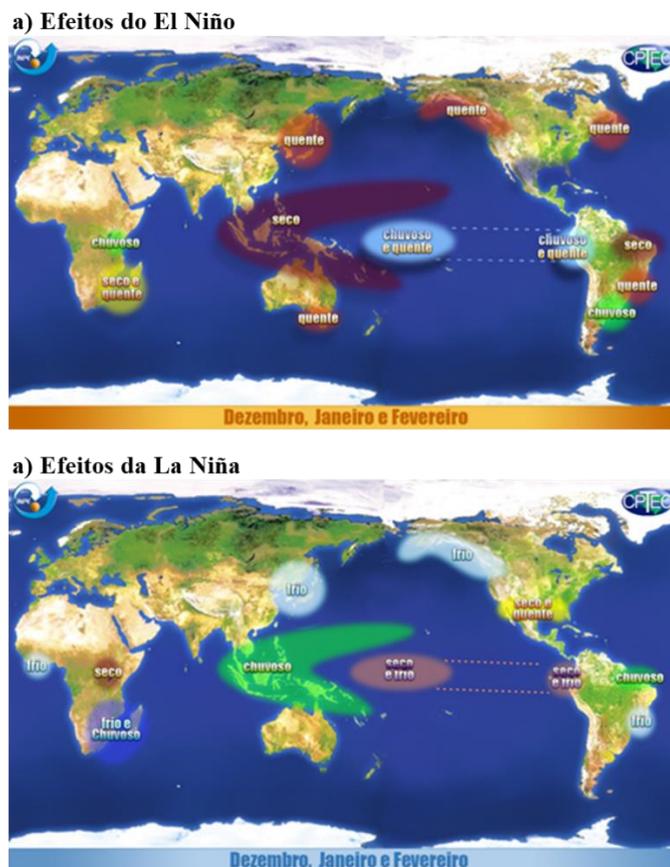
O fenômeno El Niño, é caracterizado pela anomalia crescente da TSM do Oceano Pacífico Equatorial, sendo que, nos anos de El Niño, ocorre uma mudança nos padrões gerais de circulação da atmosfera⁸, gerando movimento descendente de ar sobre a América do Sul, especificamente na Região Nordeste Brasileira, inibindo a convecção do ar e

⁸ Sobre a região do Pacífico Equatorial, devido ao aquecimento das águas superficiais, há movimento ascendente do ar, caracterizando zona de baixa pressão, havendo deslocamento do ar na alta atmosfera, gerando uma célula de circulação, a qual chegará na região Nordeste com temperaturas mais baixas, apresentando características de alta pressão, com ar descendente.

consequentemente a formação de nuvens de chuva.

Em anos de La Niña, ou seja, quando as águas do pacífico oeste apresentam temperaturas mais baixas, as alterações apresentam-se contrárias às apresentadas pelo El Niño, gerando ascendência de ar e por consequência formação de nuvens com potencial convectivo sobre a América do Sul, contribuindo para um desvio positivo no que se trata de precipitação pluviométrica.

Figura 20 – Efeitos do El Niño e da La Niña



Fonte: CPTEC/INPE (2017).

Além da análise dos efeitos do ENOS, é necessário compreender sua integração com outros fenômenos climático-ocênicos, relacionados as anomalias de TSM no Atlântico Tropical (Figura 21), também conhecido como efeito Dipolo do Atlântico ou Gradiente Inter-hemisférico ou meridional da temperatura da superfície do mar (GRADM) (ANDREOLI; KAYANO, 2007).

Segundo Ferreira e Mello (2005) o Dipolo do Atlântico é a diferença entre as temperaturas anômalas da TSM no Oceano Atlântico Norte e Oceano Atlântico Sul. Quando o dipolo é positivo, a anomalia da TSM do Atlântico Norte é positiva, desfavorecendo a

precipitação no Nordeste Brasileiro, principalmente, quando associada ao El Niño. Quando o dipolo é negativo, a anomalia da TSM do Atlântico Sul é positiva e a do Norte é negativa, favorecendo a precipitação no Nordeste do Brasil, especialmente quando associada ao ENOS em fase negativa. Segundo Souza et al (1998), essa concepção em torno do GRADM, influencia de maneira direta a precipitação sobre o Nordeste, já que, interfere na intensidade e posição da ZCIT.

Estes fenômenos não tratam apenas de uma variação local, são efeitos constituídos por Inter relações em escala global, influenciando de maneira direta ou indireta, diversas regiões e ecossistemas. Em relação ao clima, observa-se que sua interferência ocorre principalmente, na circulação atmosférica regional, responsável pelo comportamento dos sistemas atmosféricos.

4.2 Urbanização do município de Fortaleza

A intensificação no desenvolvimento urbano é notada mais expressivamente no final do século XIX, com a implantação da estrada de ferro, que melhorou significativamente o comércio na cidade, iniciando nesse período a construção do porto, iniciando assim, os processos de expansão da ocupação urbana no município.

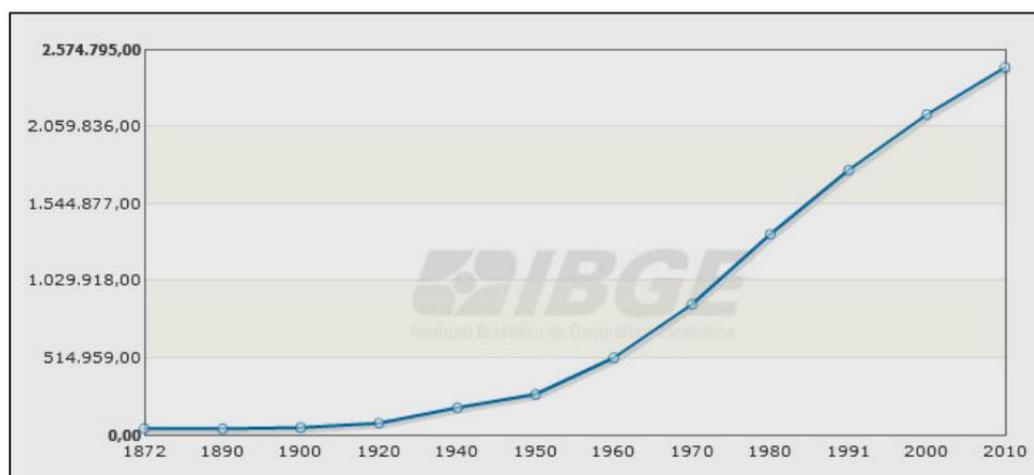
Fortaleza começa a ser dividida em bairros no início do século XX, e é neste período que a cidade apresenta um crescimento populacional elevado. Este crescimento ocorreu, devido aos fluxos migratórios, ocasionados principalmente pela seca no semiárido cearense, expulsando os agricultores e atraindo-os a zona urbana (DANTAS; COSTA; ZANELLA, 2017).

Devido ao início da industrialização brasileira, anuncia-se um esboço de integração nacional, que foi viabilizada pela efetivação dos sistemas de transportes, que inicialmente se resumiam ao ferroviário e ao marítimo. Esta etapa caracteriza-se pelo início da formação de uma rede urbana nacional. Com a construção de rodovias nas décadas de 1940-1960, houve um propósito de incorporar o desenvolvimento do Sudeste às demais regiões, e é então neste momento que, em todo o País, há uma consolidação do processo de urbanização, que foi provocado principalmente pelo crescimento demográfico e pelos diversos fluxos migratórios, tanto deslocamentos da população da Região Nordeste para as metrópoles da Região Sudeste (São Paulo) e, da população camponesa em direção aos centros urbanos (DIÓGENES, 2012).

De acordo com Diógenes (2012), tendo como base esse contexto, Fortaleza

consolida cada vez mais sua hegemonia, adquirindo domínio total sobre todo o território cearense. As grandes secas de 1915 e 1932 provocam intenso fluxo migratório do interior (êxodo rural). A população da Capital atinge 180.000 habitantes em 1940. Surgem as primeiras indústrias na zona oeste e bairros modestos nas vizinhanças, assim como se inicia a ocupação do Leste, com o bairro da Aldeota, das classes mais abastadas, mostrando um crescimento a partir de 1940, com rápido crescimento da população de Fortaleza (Figura 22).

Figura 21 – Crescimento populacional do município de Fortaleza



Fonte: IBGE (2010).

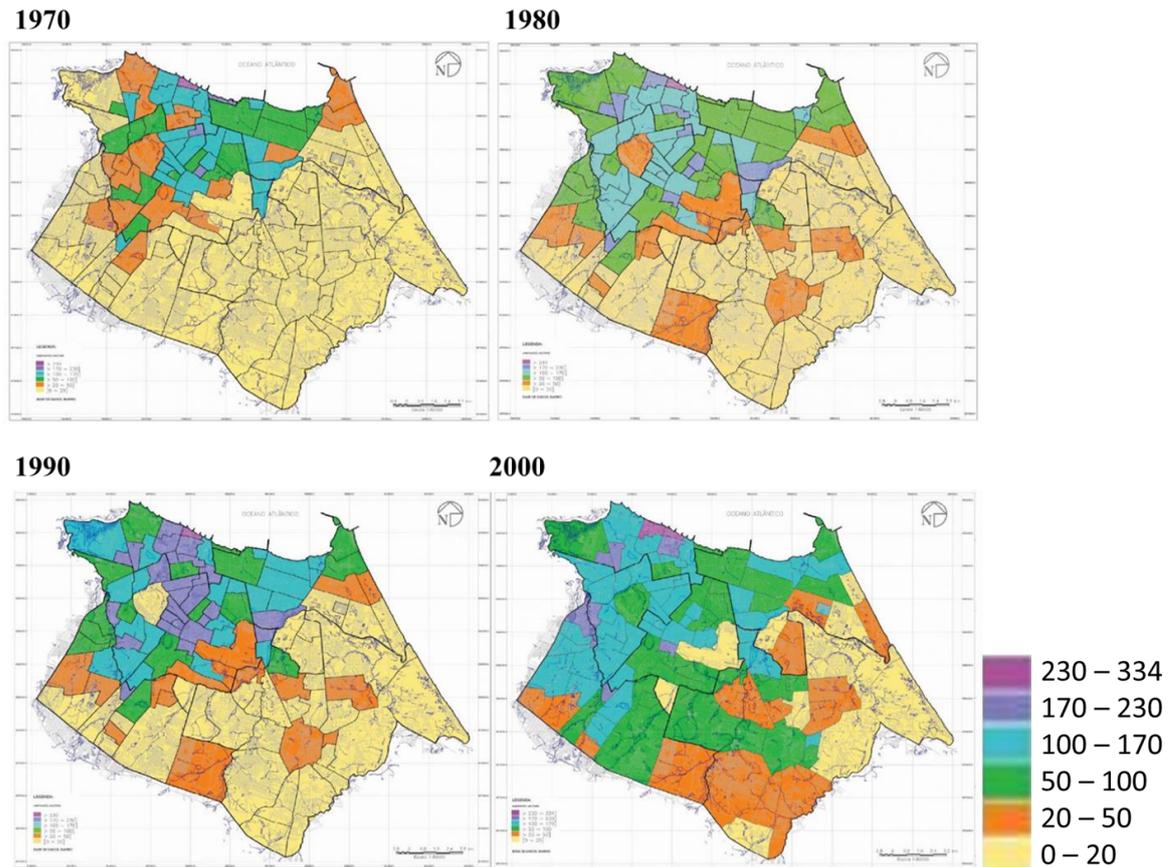
Segundo Dantas, Costa e Zanella (2017), durante a década de 1970, devido aos interesses, tanto do Estado como do setor imobiliário, pela produção e valorização de espaços, a segregação espacial urbana em Fortaleza foi bastante intensificada. Sendo possível verificar o espraiamento de cidade e de favelas na extensão da cidade do município, apresentando-se em parte do centro, nas zonas leste, oeste e sul da cidade.

A migração do campo para a cidade tem um crescente na década de 1980, permanecendo na década seguinte. Preços dos imóveis e aluguéis elevados, além das altas taxas de desemprego, causaram o aumento do número de ocupações na periferia da cidade com a formação de favelas (aglomerados subnormais), apresentando pouca ou nenhuma infraestrutura básica (COSTA, 2007).

O crescimento da cidade de Fortaleza, especificamente no que se refere à expansão da malha urbana e ao início da verticalização, tornou-se evidente durante os anos 1970 a 1980, quando a RMF foi constituída oficialmente, pela Lei Complementar Federal nº 14. Desde então, já era possível perceber um claro desequilíbrio na distribuição da população no território cearense, conferindo à Capital uma primazia absoluta, pelo acelerado

crescimento e pela concentração demográfica. A Figura 23 mostra a densidade populacional por bairro com os dados do IBGE. Conforme pode-se perceber a maior concentração populacional encontra-se nas porções norte e oeste da cidade.

Figura 22 – Densidade populacional por bairro de 1970 a 2000



Fonte: SEUMA (2017).

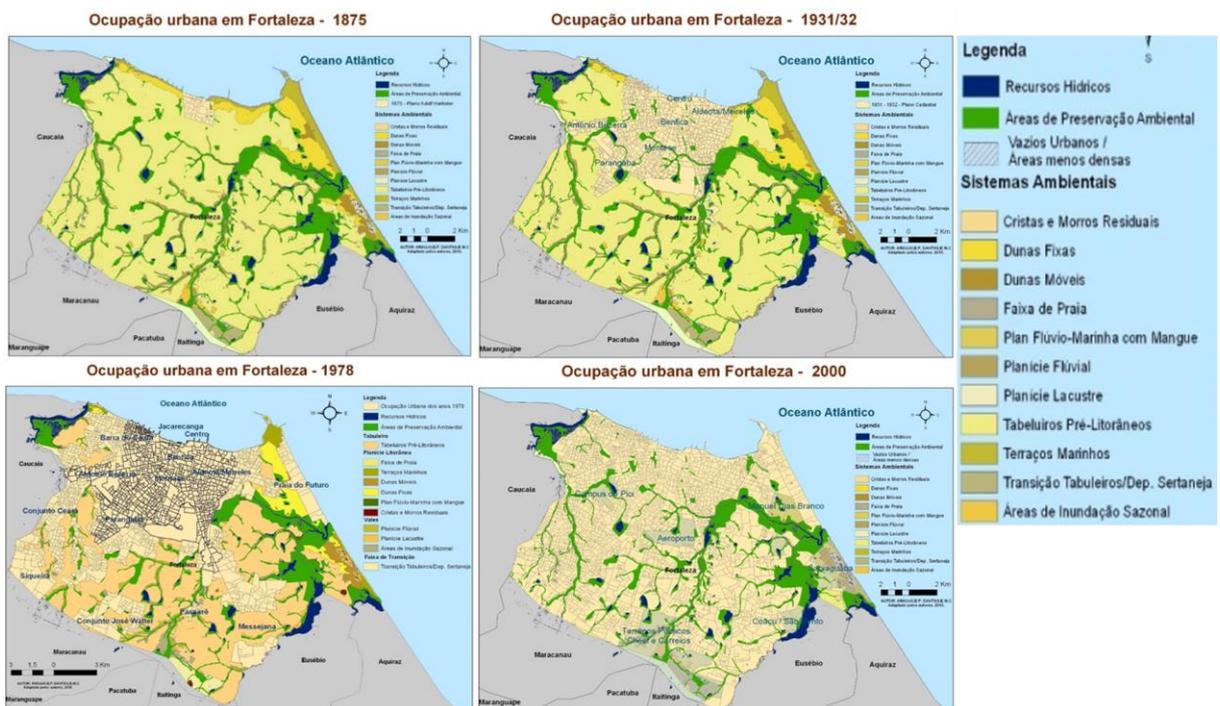
Silva (2002), descreve a respeito da favelização, os conjuntos habitacionais e as condições impostas aos imigrantes recém-chegados a capital cearense, afirmando que, em Fortaleza, as favelas, os conjuntos habitacionais malconservados e as áreas de risco são marcadas como territórios empobrecidos em expansão que avançam em direção aos municípios vizinhos. Por este motivo, nota-se que assim como Souza (2006) afirma “a estrutura espacial urbana de Fortaleza apresenta, portanto, padrões de zoneamento que vão se diferenciar em função dos níveis de renda da população”. Dessa forma, Souza (2006) afirma que “a estrutura espacial urbana de Fortaleza apresenta, portanto, padrões de zoneamento que vão se diferenciar em função dos níveis de renda da população”.

A infraestrutura urbana apresenta-se mais carente da porção oeste e sul,

principalmente na periferia que apresentam moradias precárias. Assim como cita Farias (2015) em Fortaleza, as classes mais pobres eram espacialmente alocadas, principalmente, na zona oeste e sul, próximo as ferrovias e estradas que davam acesso a cidade, na maior parte das vezes, sem infraestrutura e ainda não urbanizadas, por consequência, os terrenos tinham valores menores. Enquanto que, na zona leste e sudeste, como, apresentam maior valorização imobiliária e ocorre um intenso processo de verticalização e dispõem de uma variedade de serviços e infraestrutura urbana (SOUZA, 2006).

É importante ressaltar que, a expansão urbana está diretamente ligada ao crescimento e adensamento demográfico. Assim, o município de Fortaleza segue este paralelismo do crescimento. Quanto maior o crescimento demográfico maior tende a ser o crescimento urbano. A Figura 24 ilustra a evolução da ocupação urbana no município de Fortaleza, de 1875 até o ano 2000, sendo que atualmente, praticamente todo o município está ocupado, restando apenas algumas porções localizadas no sul e leste do município sem ocupação, que permanece semelhante atualmente.

Figura 23 – Evolução da ocupação urbana no município de Fortaleza.

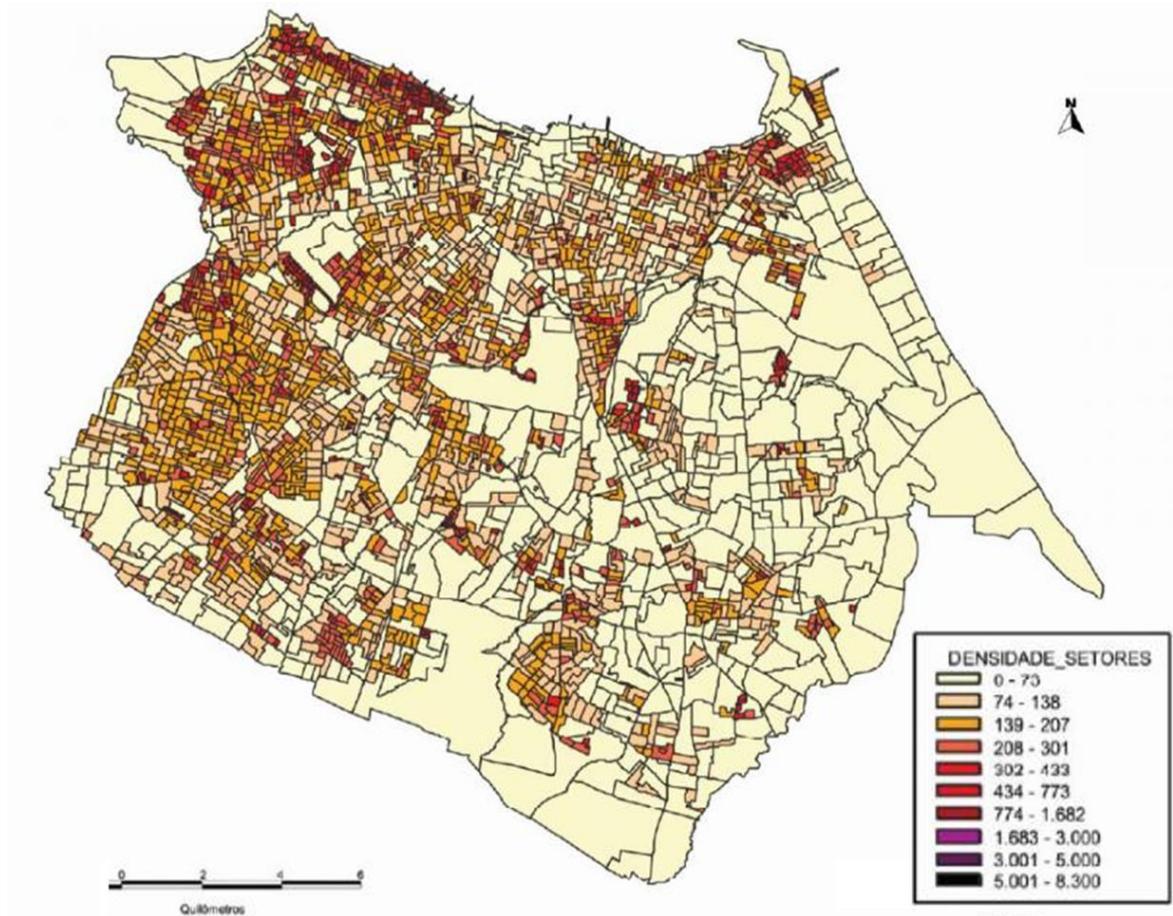


Fonte: Dantas; Costa; Zanella (2017).

Na Figura 25 é possível identificar a densidade populacional por setor censitário com os dados do IBGE. Conforme pode-se perceber, não há grandes alterações em relação ao padrão de concentração populacional, no censo de 2010, mantendo os maiores valores nas

porções norte e oeste da cidade.

Figura 24 – Densidade populacional por setor censitário em 2010



Fonte: SEUMA (2017)

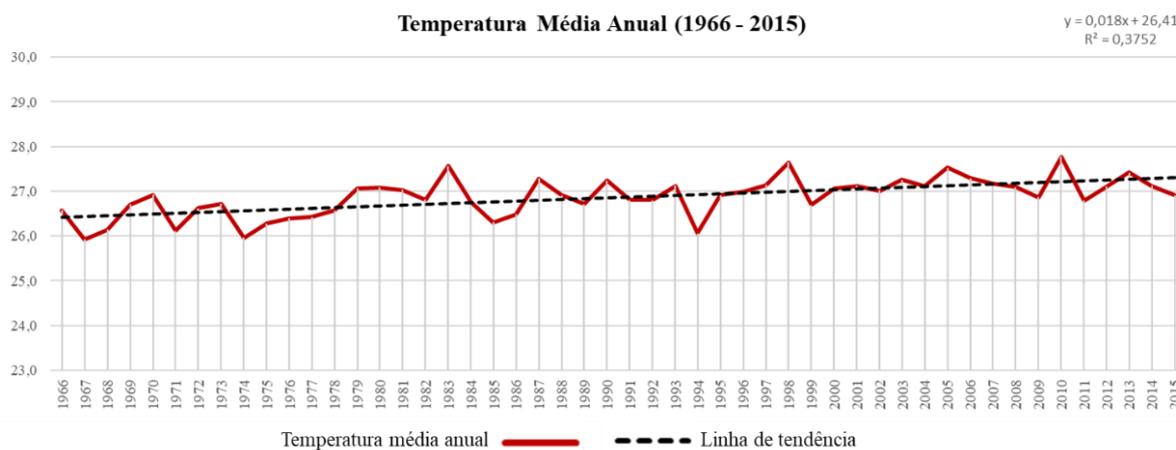
A configuração urbana é de extrema importância para a compreensão geral do comportamento das epidemias de dengue, devido ao mosquito apresentar ecologia predominantemente urbana. A cidade se mostra como um ambiente construído com diversos aparelhos urbanos, com suas funções sociais, econômicas e ambientais. Observa-se que, a estrutura adensada e muitas vezes desordenada desses aparelhos urbanos contribui para depósito de ovos do mosquito *Aedes aegypti* e por consequência proliferação do vetor, causando sérias epidemias da doença. Por se tratar de um mosquito urbano, o *Aedes aegypti* busca locais onde possa encontrar alimentação farta, principalmente no período de procriação e desenvolvimento dos ovos. As regiões mais adensadas costumam apresentar condições ideais de alterações ambientais, causando consequências ao meio ambiente urbano (climáticas), como à ecologia urbana, representadas pelo mosquito vetor da dengue.

5 O CLIMA URBANO DE FORTALEZA

Tendo como base dados meteorológicos de uma série histórica de 1966 até o ano de 2015 (50 anos), da Estação Meteorológica do Campus do Pici, foi possível traçar uma linha de tendência, com o objetivo de analisar as tendências numéricas e estatísticas para cada elemento analisado. Foram submetidos à análise os dados de: temperatura média; temperatura máxima média; temperatura mínima média; umidade relativa; e precipitação. Entende-se que a expansão urbana pode contribuir para alterar os elementos do clima, notadamente as temperaturas e umidade.

Com relação a tendência observa-se que a temperatura média se eleva no decorrer dos anos (Figura 26) cujo coeficiente de determinação é de 0,3752. Visualmente a linha de tendência segue um crescente considerável, representando forte indicio de tendência positiva ao aquecimento.

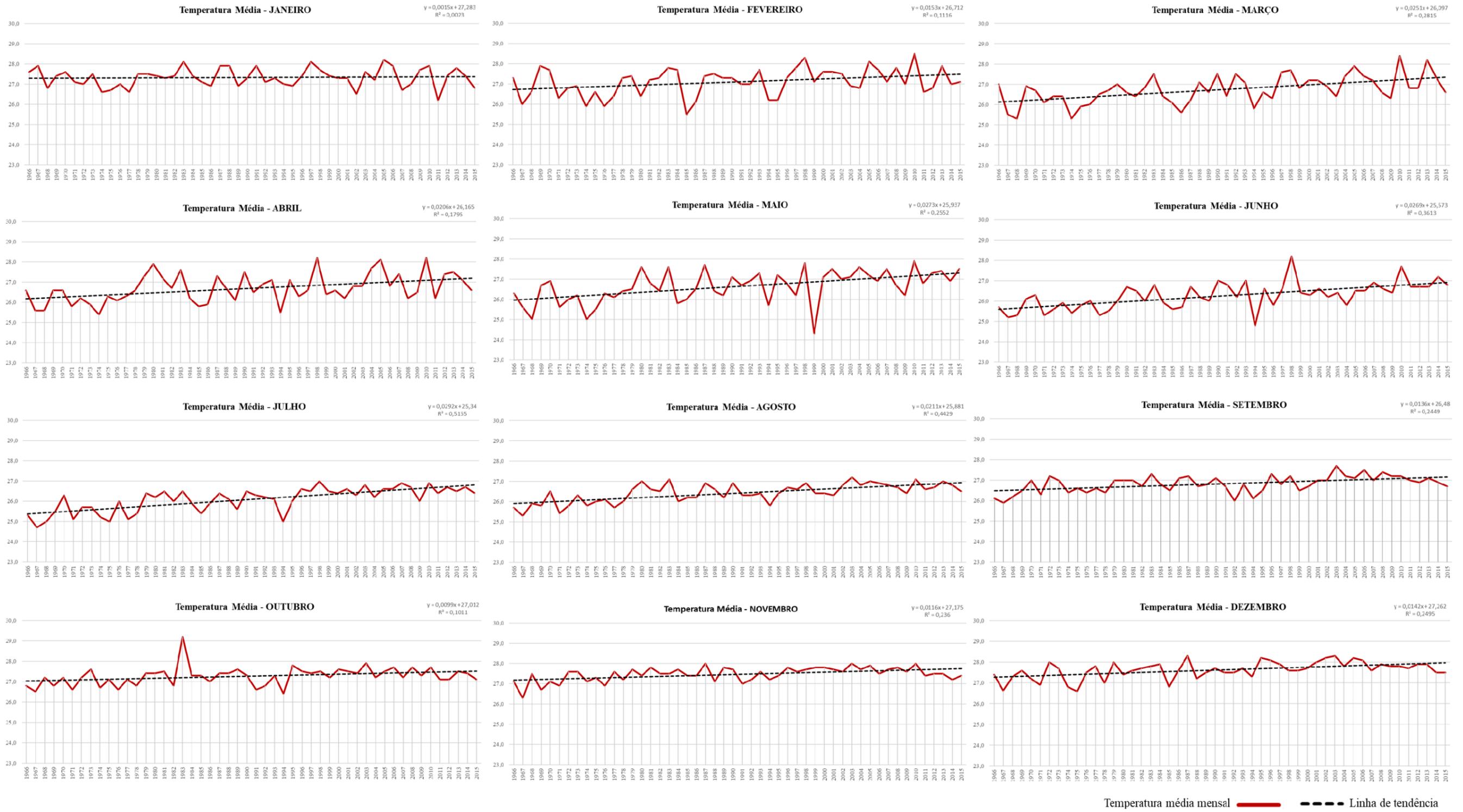
Figura 25 – Temperatura média anual (1966 – 2015)



Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici. Elaborado pelo autor.

Em relação às tendências mensais para os dados de temperatura média do ar (Figura 27), observa-se uma linha crescente em praticamente todos os meses do ano, com destaque para os meses de inverno (junho, julho e agosto) que apresentam os maiores coeficientes de determinação, demonstrando um acréscimo maior da temperatura do decorrer dos anos. Os meses de setembro, outubro, janeiro e fevereiro apresentaram os menores valores de determinação, com linha de tendência visual suave crescente

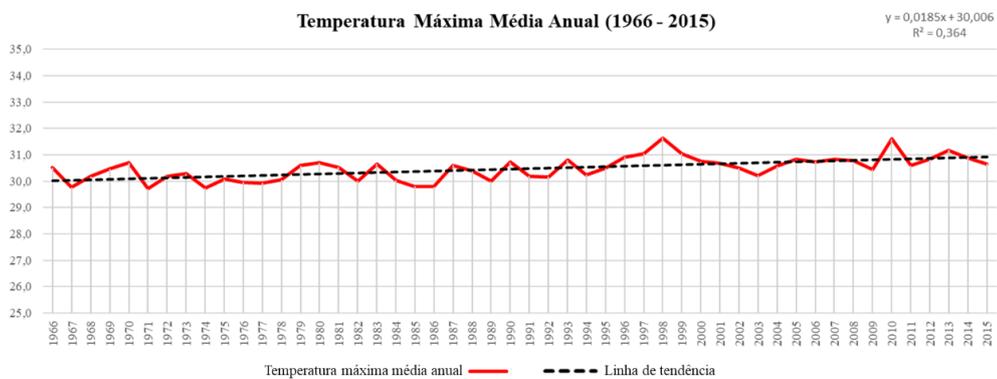
Figura 26 – Temperaturas médias mensais de 1966 a 2015



Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici. Elaborado pelo autor.

Analisando os dados de temperatura máxima média do ar (Figura 28), verifica-se que, a linha de tendência da série histórica de 50 anos, apresenta inclinação visual a elevação para esta variável, com coeficiente de determinação 0,364, valor abaixo do apresentado pelas temperaturas médias, mas mantendo considerável importância na interpretação. Na análise dos dados mensais de temperatura máxima (Figura 30), percebe-se que, os meses de primavera e verão apresentam pouca inclinação nas linhas de tendência, e baixos valores de determinação, enquanto nos meses de outono e inverno, consistem as mais significativas crescentes nas linhas de tendência com os maiores coeficientes de determinação.

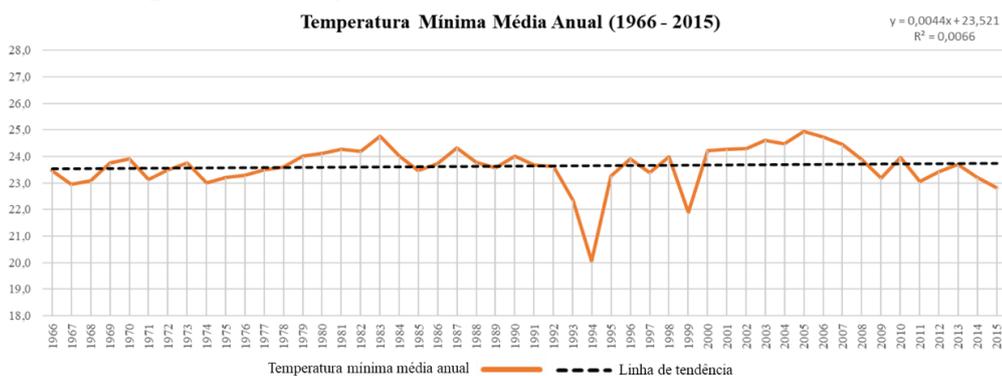
Figura 27 – Temperatura máxima média anual (1966 – 2015)



Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici. Elaborado pelo autor.

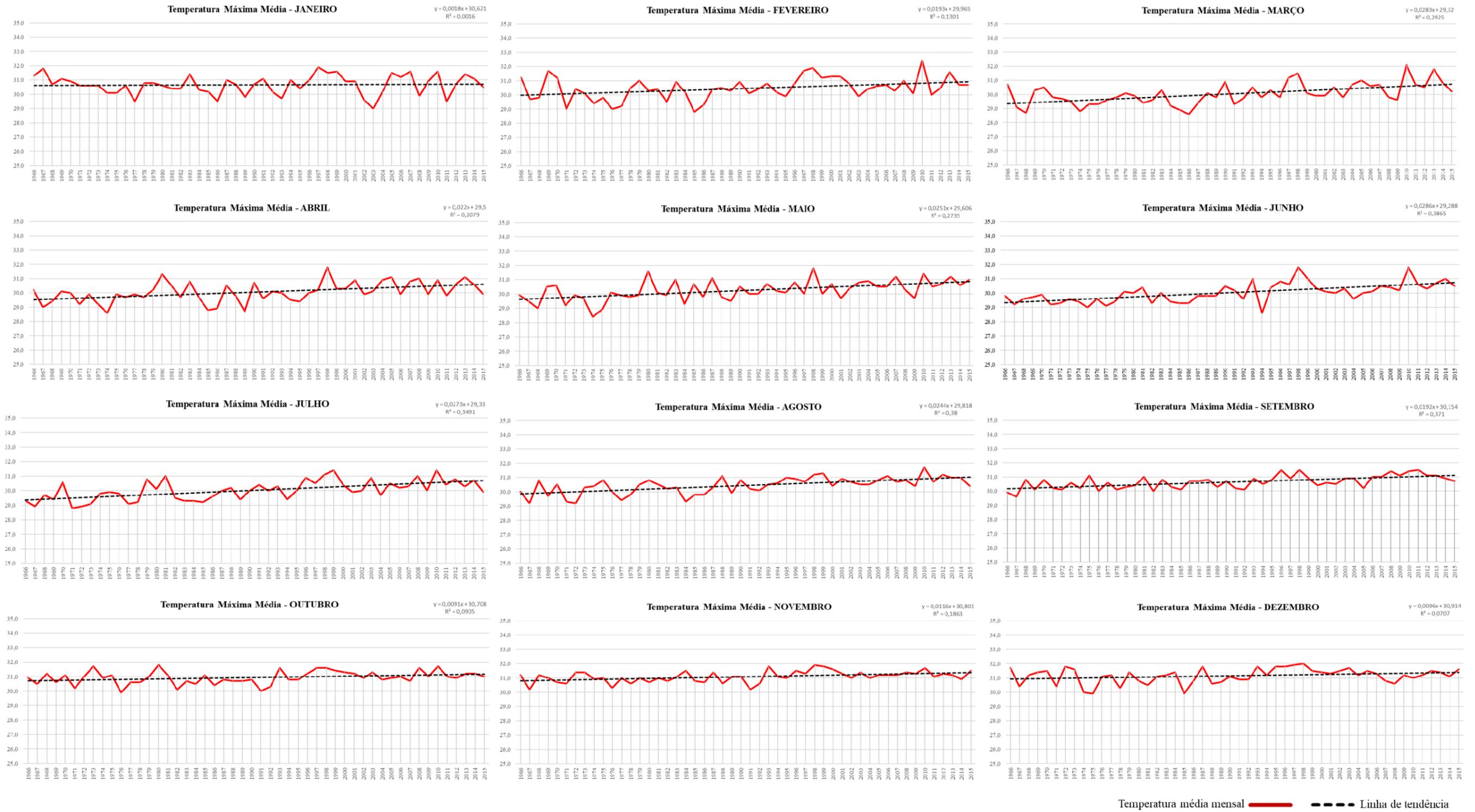
Em relação às temperaturas mínimas médias (Figura 29), observa-se uma leve inclinação crescente da linha de tendência, porém, com baixíssima determinação (0,0066). Nas análises mensais (Figura 31), não foi verificado nenhuma determinação com valor importante, porém as linhas apresentam inclinação visual crescente em praticamente todos os meses, principalmente nos meses de inverno.

Figura 28 – Temperatura mínima média anual (1966 – 2015)



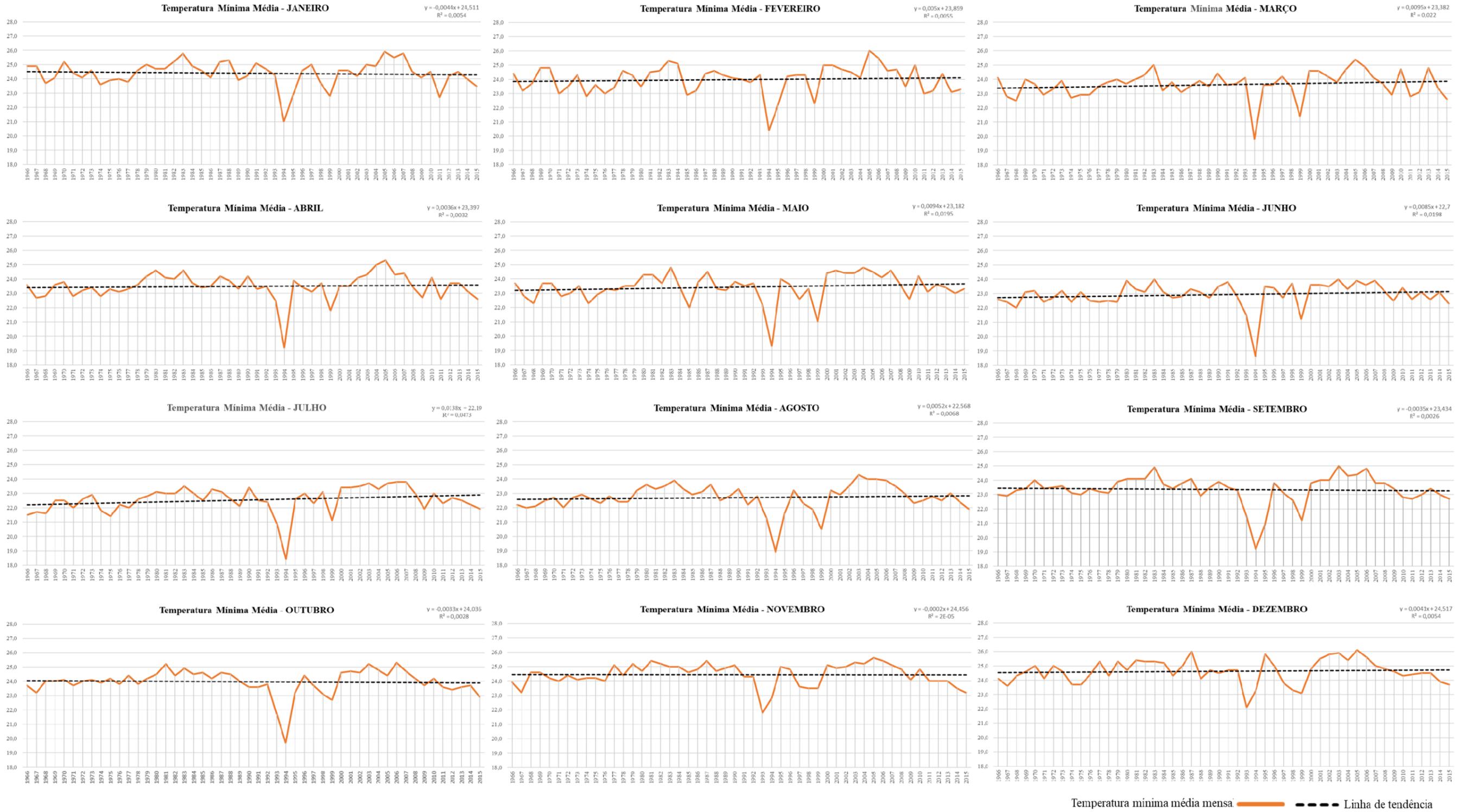
Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici. Elaborado pelo autor.

Figura 29 – Temperatura máxima média mensal (1966 – 2015)



Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici. Elaborado pelo autor.

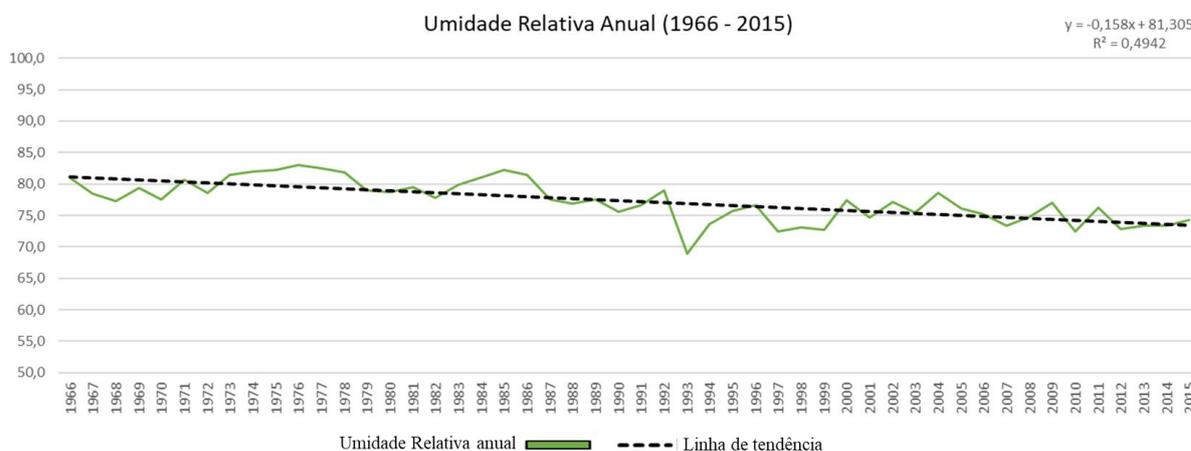
Figura 30 – Temperatura mínima média mensal (1966 – 2015)



Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici. Elaborado pelo autor.

Através da Figura 32, é possível analisar as condições de umidade relativa para o município de Fortaleza. Verifica-se que os valores médios de umidade relativa para a cidade são elevados, devido à proximidade com o mar e sua posição latitudinal, mantendo valores sempre acima dos 70%. No entanto, quando são analisadas as linhas de tendência, percebe-se que, a umidade relativa, ao contrário do comportamento apresentado pelos gráficos de temperatura (média, máxima e mínima), apresenta uma diminuição visual da linha, o que era esperado, já que, os dois atributos mantem uma relação inversamente proporcional, pois enquanto uma aumenta o outro diminui. O coeficiente de determinação para umidade relativa, foi de 0,4942.

Figura 31 – Umidade Relativa anual (1966 – 2015)

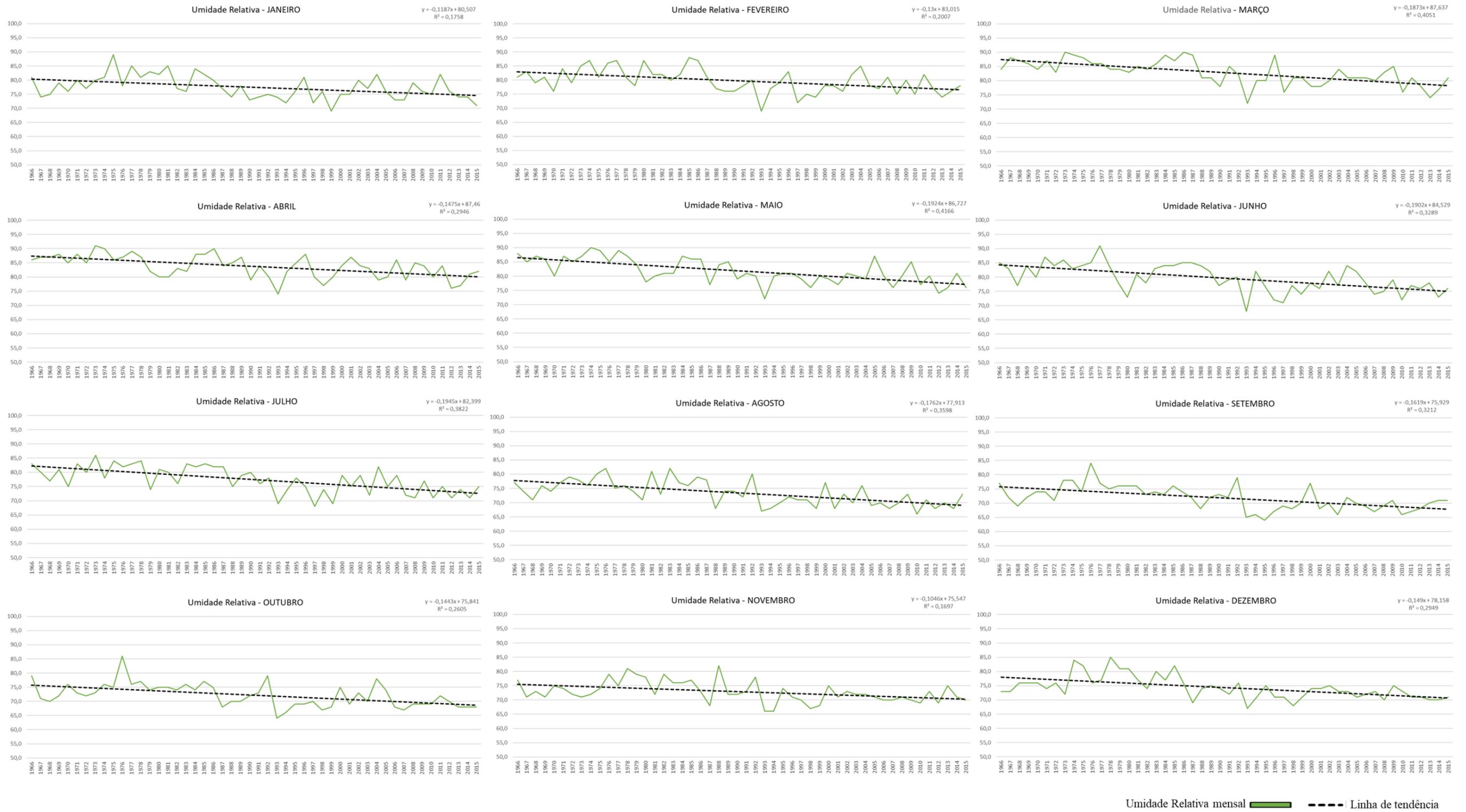


Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici. Elaborado pelo autor.

Nas análises mensais da umidade relativa para a série histórica de 50 anos (Figura 33), verifica-se que, todos os meses apresentam quadro de regressão da linha de tendência, na identificação visual das linhas, constata-se que há um padrão de diminuição da linha em correspondência oposta às linhas de tendências terminais, sendo que, no único mês que não apresenta acréscimo significativo para temperatura, janeiro, é também o que apresenta menor inclinação e menor coeficiente de determinação para umidade relativa, confirmando a correlação oposta desses elementos.

Os meses de março e maio, apresentam as maiores inclinações da linha de tendência, e os maiores valores de coeficiente de determinação, 0,4051 e 0,4166 respectivamente., meses estes que representam parte da quadra chuvosa para o município de Fortaleza.

Figura 32 – Umidade Relativa mensal (1966 – 2015)

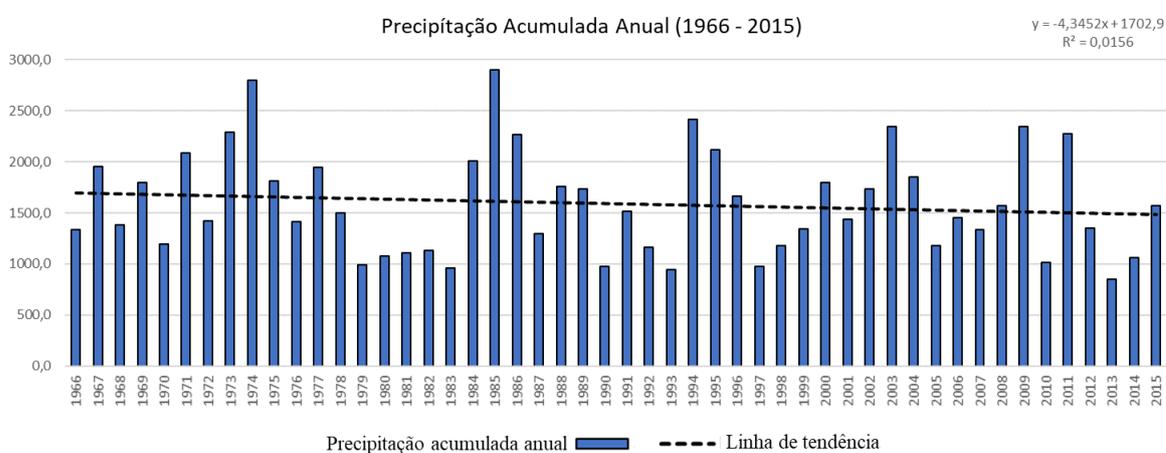


Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici. Elaborado pelo autor.

Observando a Figura 34, podemos entender a variabilidade da precipitação para o município de Fortaleza, destacando que, há uma alta variabilidade interanual, onde se verificam ciclos cujo as precipitações se distribuem de forma desigual, havendo sempre períodos seco e habituais seguidos de anos com precipitação pluviométrica acima da média, comportamento este que se repete durante os 50 anos representados no gráfico.

Considerando as tendências para o período analisado (Figura 34), verifica-se que, a linha de tendência para esta variável apresenta uma leve inclinação visual a diminuição, no entanto o coeficiente de determinação (R^2) é muito baixo, com valor de 0,0156.

Figura 33 – Precipitação acumulada anual (1966 – 2015)



Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici. Elaborado pelo autor.

Em relação à análise mensal das tendências de precipitação pluviométrica (Figura 35), verifica-se que, a regra geral é que haja diminuição das precipitações em quase todos os meses, seguindo a linha visual que segue decrescente na maioria dos meses. Apenas dois meses apresentam linha de tendência crescente, são eles janeiro e abril, esse padrão é explicado da seguinte maneira: no mês de janeiro, atua um sistema atmosférico causador de chuva específico, o VCAN, que se caracteriza por um sistema causador de chuva rápida e intensa, o que pode gerar o acréscimo de precipitação nesse mês, porém ressalta-se que, o coeficiente de determinação é baixo, no valor de 0,0143. No mês de abril, alinha também apresenta acréscimo, devido ser o mês de maior intensidade da ZCIT, deduzindo que ela está atuando normalmente nesse mês, porém sua chegada (fevereiro) e volta para o hemisfério norte (maio), está interferindo nas chuvas dos outros meses da quadra chuvosa.

Figura 34 – Precipitação acumulada mensal (1966 – 2015)



Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici. Elaborado pelo autor.

Para constatar as tendências das variáveis climatológicas, não é possível somente a partir da linha gráfica visual, é necessário que haja métodos de comprovação numérica e estatística da validade e relevância dessas tendências. Para tal, foi utilizado o teste de Mann-Kendall, que é um teste estatístico não paramétrico aplicado à detecção de tendências monotônicas em séries.

Em relação à temperatura média, observa-se que, na linha de tendência (Figura 33), todos os gráficos apresentam inclinação para a elevação, porém, quando submetidos ao teste estatístico (Figura 36), o mês de janeiro apresenta valor de Z igual a 0,23536, o que não caracteriza significância estatística para tendência, enquanto todos os outros meses apresentam valores de Z maiores que 1,96, sendo possível afirmar que tanto a média anual como todos os meses (exceto janeiro), possuem forte tendência estatística para elevação e aquecimento.

A temperatura máxima média apresenta comportamento similar à temperatura média, em relação à linha visual de tendência, podendo deduzir que tanto a média anual como os meses tendem ao acréscimo de temperatura. No entanto, na Figura 36, é possível identificar que, o mês de janeiro apresenta valor de Z inferior a 1,96 (0,45265), o que não caracteriza significância estatística para tendência. Também é possível destacar o mês de dezembro, cujo valor de Z foi 1,4865, não caracterizando significância estatística para tendência, enquanto todos os outros meses resultaram em valores aceitáveis, mínimo de 2,175 no mês de outubro e máximo de 4,7962 no mês de junho, coincidindo com o primeiro mês de inverno. A média anual teve resultado de 4,4591, caracterizando tendência significativa para elevação da temperatura máxima média do ar.

Na análise dos valores médios de temperatura mínima do ar, nota-se que, tanto a média anual como as médias mensais, apresentam linha visual de tendência crescente, indicando uma possível tendência à elevação destas temperaturas mínimas. No entanto, quando os resultados do teste de Mann-Kendall são analisados (Figura 36), é possível verificar que, em relação à média anual, não se pode afirmar que há uma tendência de acréscimo estatístico positivo, devido ao valor de Z estar abaixo de 1,96 (1,4), porém o valor bastante aproximado, pode indicar uma possível tendência no decorrer dos anos. Quando analisadas, as médias mensais de temperatura mínima, não apresentam significância estatística para acréscimo ou decréscimo. Os meses de fevereiro a junho, agosto e dezembro apresentam tendências positivas, porém sem significância, enquanto os meses de janeiro, setembro e novembro apresentam quadro de decréscimo, mas sem significância estatística. Destaque para o mês de julho (inverno), único que o resultado possibilita afirmar tendência de

acréscimo significativo, com valor de Z referente a 2,2722, ou seja, tendências para elevação da temperatura nesse período.

Os gráficos de tendência para umidade relativa (Figura 32 e 33), revelam que, tanto a porcentagem anual, quanto os valores mensais apresentam linha de decréscimo para as tendências referentes a essa variável, sendo necessária a comprovação estatística para essa significância. Ao analisar os valores obtidos através do teste de significância, verifica-se que, tanto as médias mensais, como a porcentagem anual, apresentam tendência de decréscimo estatístico significativo, apresentando valores abaixo de -1,96. O valor de Z em relação à média anual é de -5,3515, indicando forte significância estatística para a diminuição das taxas de umidade relativa para o município de Fortaleza. Todos os meses alcançam valor de Z inferior a -1,96, indicando que há significância estatística para decréscimo dessas tendências, o mês com maior significância é maio (-4,7356) e com menor significância o mês de janeiro, com valor de Z igual a -2,8656.

A precipitação caracteriza-se como o elemento que rege a variabilidade climática do município, portanto deve-se analisar com cuidado seu comportamento e possíveis tendências. O gráfico de precipitação anual acumulada (Figura 35), mostra que, visualmente, a linha de tendência sofre uma leve inclinação para o decréscimo, ou seja, diminuição dos totais anuais de precipitação. No entanto, quando submetidos ao teste de significância de Mann-Kendall (Figura 36), verifica-se que, apesar de sofrer um leve desvio e alcançar valores negativos de significância, não é possível afirmar que, haja tendência para a diminuição, já que o valor de Z encontrado para essa variável foi de -0,7863, mantendo-se acima do valor considerado de -1,96, no entanto destaca-se que, pode haver um possível quadro futuro de tendência, devido à proximidade desse valor em relação ao teste.

Ao analisar os totais anuais, identifica-se uma certa inconstância em relação ao desvio que a linha de tendência sofre, visualmente essas crescem e decrescem, conforme o mês. Os meses de fevereiro, março, e de maio até dezembro, apresentam desvio decrescente na linha visual, no entanto, quando submetidos ao teste de significância, somente os meses de agosto, setembro, e outubro, confirmam significância estatística para decréscimo, com valores de Z, -1,9913, -2,6275, e -2,8862, respectivamente, sendo o mês de outubro o mais significativo. Os meses de janeiro e abril, destacam-se por serem os únicos a apresentarem desvios positivos nas linhas de tendência visual, no entanto verifica-se ausência de tendência, segundo o teste de Mann-Kendall, pois alcançam valores de 0,11711 e 0,35135 respectivamente, ficando abaixo de 1,96, valor necessário mínimo para confirmar significância estatística para tendência. Explica-se esses meses se diferirem devido a atuação

dos sistemas causadores de chuva, no mês de janeiro o VCAN é o sistema atuante, e se tem verificado uma crescente em relação a importância deste sistema, enquanto abril representa o ápice de atuação da ZCIT, conferindo acréscimo nesse período.

Figura 35 – Resultados do teste de Mann-Kendall

	Precipitação	Temp. Média	Temp. Máxima	Temp. Mínima	Umidade Relativa	
Anual	-0,78	4,59	4,45	1,40	-5,35	
Janeiro	0,11	0,23	0,45	-0,40	-2,86	
Fevereiro	-0,13	2,00	2,34	0,68	-3,14	
Março	-0,36	3,47	3,85	1,60	-4,60	
Abril	0,35	2,95	3,11	0,88	-3,83	
Mai	-1,38	3,97	3,89	1,43	-4,73	
Junho	-0,20	4,75	4,79	1,85	-4,27	
Julho	-0,95	5,42	4,41	2,27	-4,55	
Agosto	-1,99	4,82	4,33	1,08	-4,20	
Setembro	-2,62	3,39	4,55	-0,03	-4,01	
Outubro	-2,88	2,79	2,17	0	-3,66	Tendência de decréscimo estatístico significativo
Novembro	-0,58	3,04	2,91	-0,42	-3,00	Tendência de acréscimo estatístico significativo
Dezembro	-0,39	3,24	1,48	0,62	-4,26	Ausência de tendência

Fonte: Elaborado pelo autor

As diferenças espaciais, de natureza urbana e de uso e ocupação no município de Fortaleza, geram consequências ambientais evidentes, inclusive respostas climáticas a essas diferenciações. Para compreender as nuances que envolvem as diferenciações térmicas e higrométricas no sítio urbano, é necessário analisar o clima urbano em sua totalidade, de preferência com interpretações anuais, não utilizando apenas amostras em períodos pontuais, já que, dependendo das condições sinóticas atuantes, as especificidades dos elementos urbanos podem ser mascaradas.

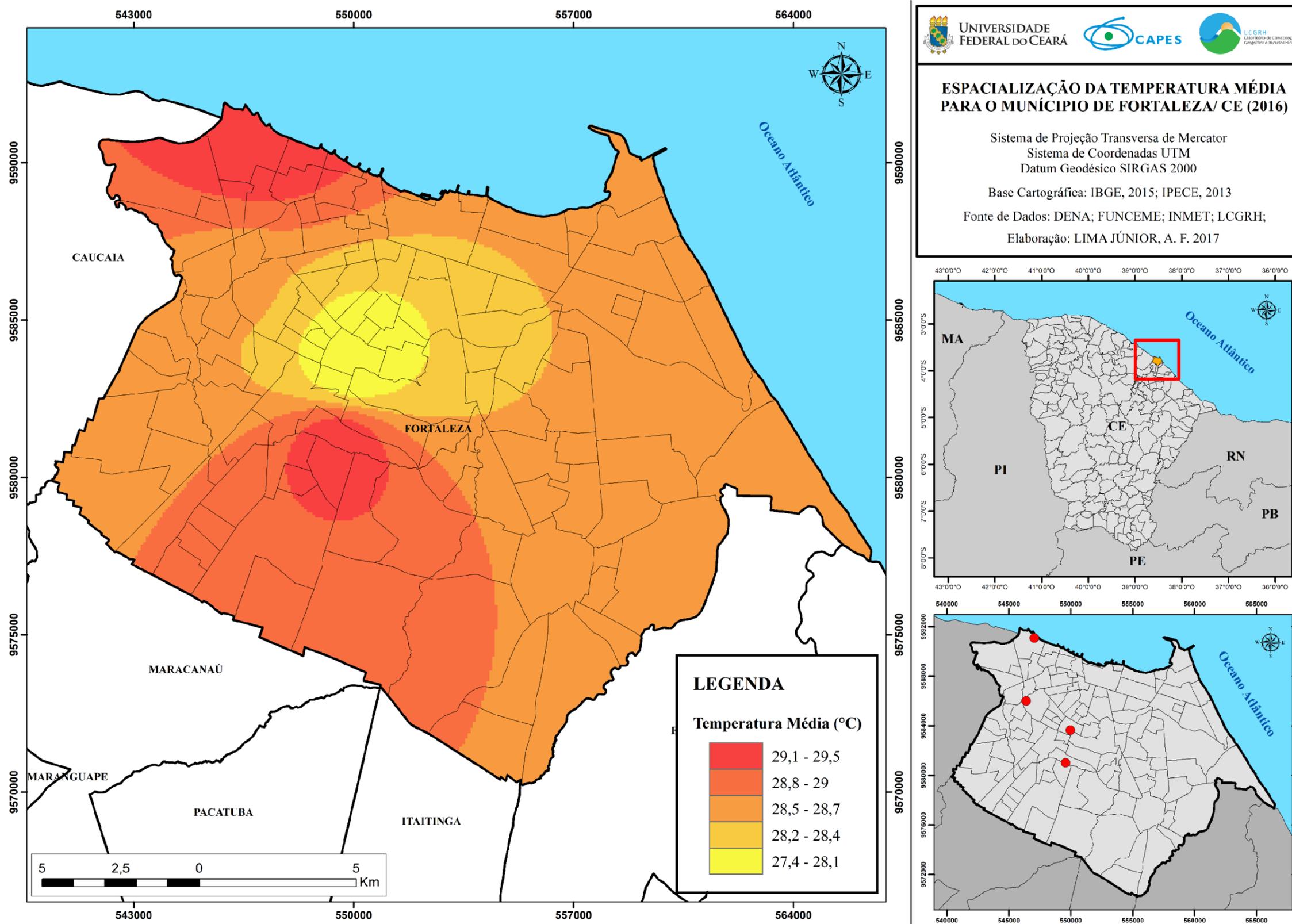
Para realizar a análise, optou-se pela espacialização da temperatura e umidade relativa, através do método de interpolação IDW, que mensura os dados de pontos desconhecidos através de pontos conhecidos. A disponibilidade de estações meteorológicas no

município não cobre toda a área urbana, o que acaba por dificultar a análise, as estações oficiais utilizadas foram: Estação automática do INMET, localizada na região central da cidade; a Estação da FUNCEME, localizada no bairro Itaperi, no campus da UECE; e a Estação meteorológica do Campus do Pici/UFC. Para cobrir uma área maior do município, foi montada uma miniestação meteorológica, pertencente ao Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos, no bairro Barra do Ceará. No entanto, a área leste da cidade fica descoberta em relação aos dados meteorológicos, pela falta de estações oficiais.

Foram espacializados as variáveis, temperatura média do ar e umidade relativa do ar, tendo em vista que esses elementos são os que apresentam maior alteração devido à evolução urbana. Foram utilizados os valores médios de temperatura média do ar e umidade relativa do ar, além das médias de três horários desses elementos (9hs, 15hs e 21hs), com o intuito de entender o comportamento desses elementos durante o decorrer do dia.

A espacialização das temperaturas médias (Figura 37), releva que, o município de Fortaleza apresenta diferenças térmicas de $2,1^{\circ}\text{C}$ do ponto mais fresco (estação INMET) e dos pontos mais aquecidos (estações Barra do Ceará e FUNCEME). O campus do Pici, mantém temperaturas médias em torno de 28°C .

Figura 36 – Espacialização da temperatura média para o município de Fortaleza/CE (2016)



Fonte: Elaborado pelo autor

No primeiro horário analisado, 9hs (Figura 38), observa-se que as diferenças térmicas na área no município chegam a 4,5°C. A área com menor temperatura foi o ponto da estação meteorológica do INMET, na região centro-oeste da cidade, com temperatura média de 24,8°C nesse período, enquanto a barra do Ceará apresentou o maior valor térmico, de 29,3°C. A estação da FUNCEME também registrou altas temperaturas, enquanto na região oeste da cidade as temperaturas médias ficaram entre 26 °C e 27°C, com temperaturas amenas em relação a outras regiões da cidade.

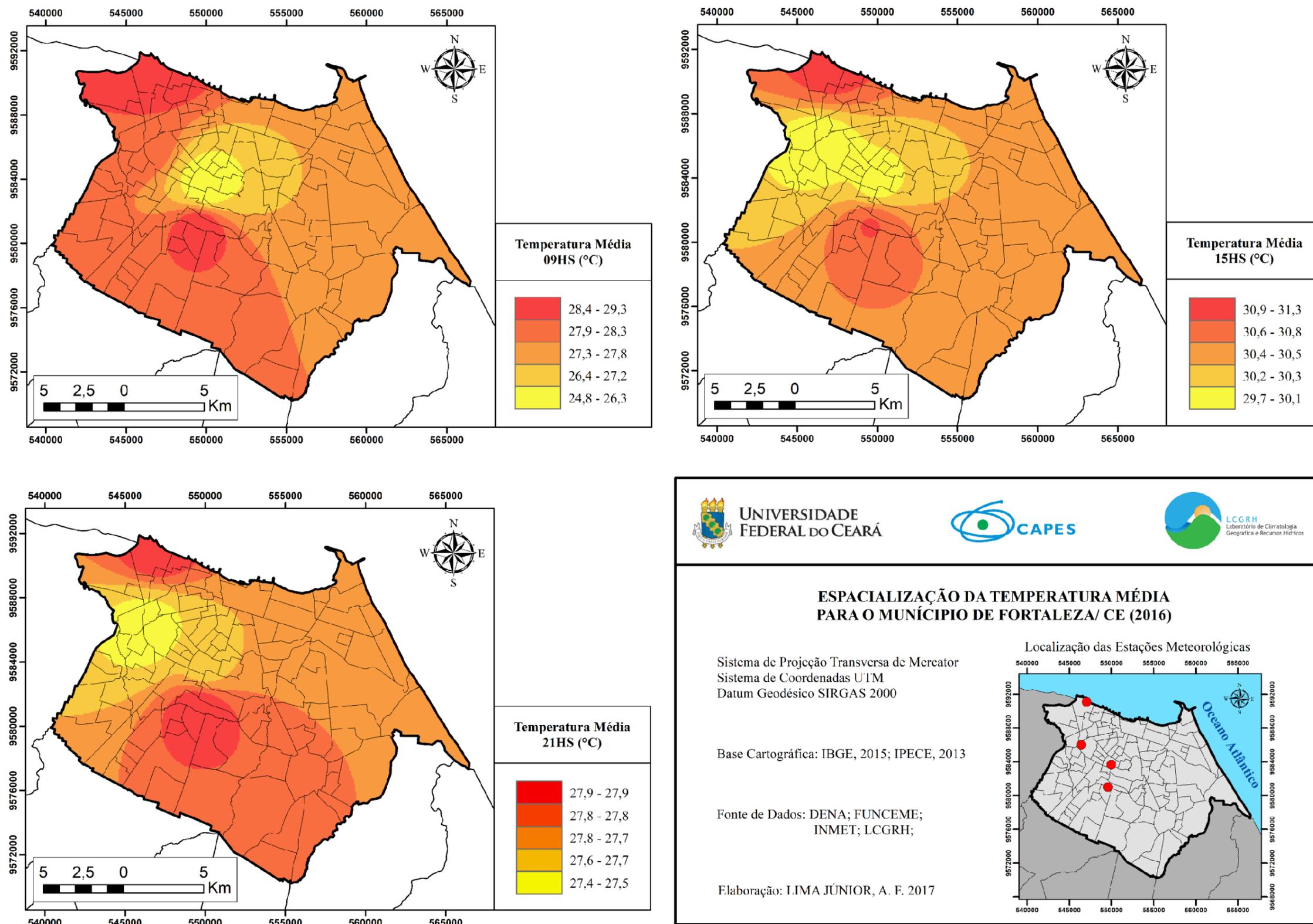
Às 15hs, no período da tarde (Figura 38), a diferença térmica entre o ponto mais aquecido e o ponto mais fresco, diminui para 1,6°C. A barra do Ceará continua como o ponto mais aquecido, gerando isoieta de 30,9°C até 21,3°C, caracterizando a região noroeste da cidade mais uma vez como ponto de maior aquecimento. O campus do Pici e a área centro-oeste da cidade apresentaram as temperaturas mais amenas, registrando valores de 29,7°C a 30,3°C. Já a estação da FUNCEME registra temperaturas que ficam entre os dois opostos.

No último horário de representação, durante a noite, às 21hs (Figura 38), as diferenças térmicas caem para 0,5°C, diminuindo as diferenças entre os pontos. O campus do Pici apresenta a menor média de temperatura registrada para esse horário, 27,4°C. Enquanto a Barra do Ceará registra mais uma vez a maior média de temperatura horária, com registro de 27,9°C.

Percebe-se que, o período da manhã confere a maior diferença térmica nos pontos de coleta, representando uma maior diferenciação devido aos elementos urbanos e suas diferenças na cidade. Conforme o dia passa, a incidência de radiação solar atinge a superfície com maior intensidade, gerando aquecimento uniforme das superfícies, enquanto pela manhã, percebe-se a influência das emissões devido aos materiais construtivos, gerando uma maior diferença nos valores médios de temperatura.

É importante ressaltar que, a área leste da cidade está descoberta, em relação à coleta de dados climatológicos, estando ela constantemente na isoterma média de temperatura, porém espera-se que, nessa região da cidade haja menor aquecimento, devido aos padrões de uso e ocupação do solo e a presença de uma importante área verde da cidade, o Parque do Cocó.

Figura 37 – Espacialização da temperatura média (médias horárias)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Através da Figura 39, percebe-se que a diferença da umidade relativa entre os pontos de coleta de dados, chega a 6%, registrando o maior percentual de 79% no bairro Itaperi, região centro-sul, e Pici, região oeste. Já o menor percentual foi registrado na Barra do Ceará, com média de 73%. Percebe-se que, a relação umidade-temperatura se mostra inversamente proporcional, já que, o ponto de maior temperatura média (Barra do Ceará) foi também o ponto onde os menores percentuais de umidade relativa foram registrados.

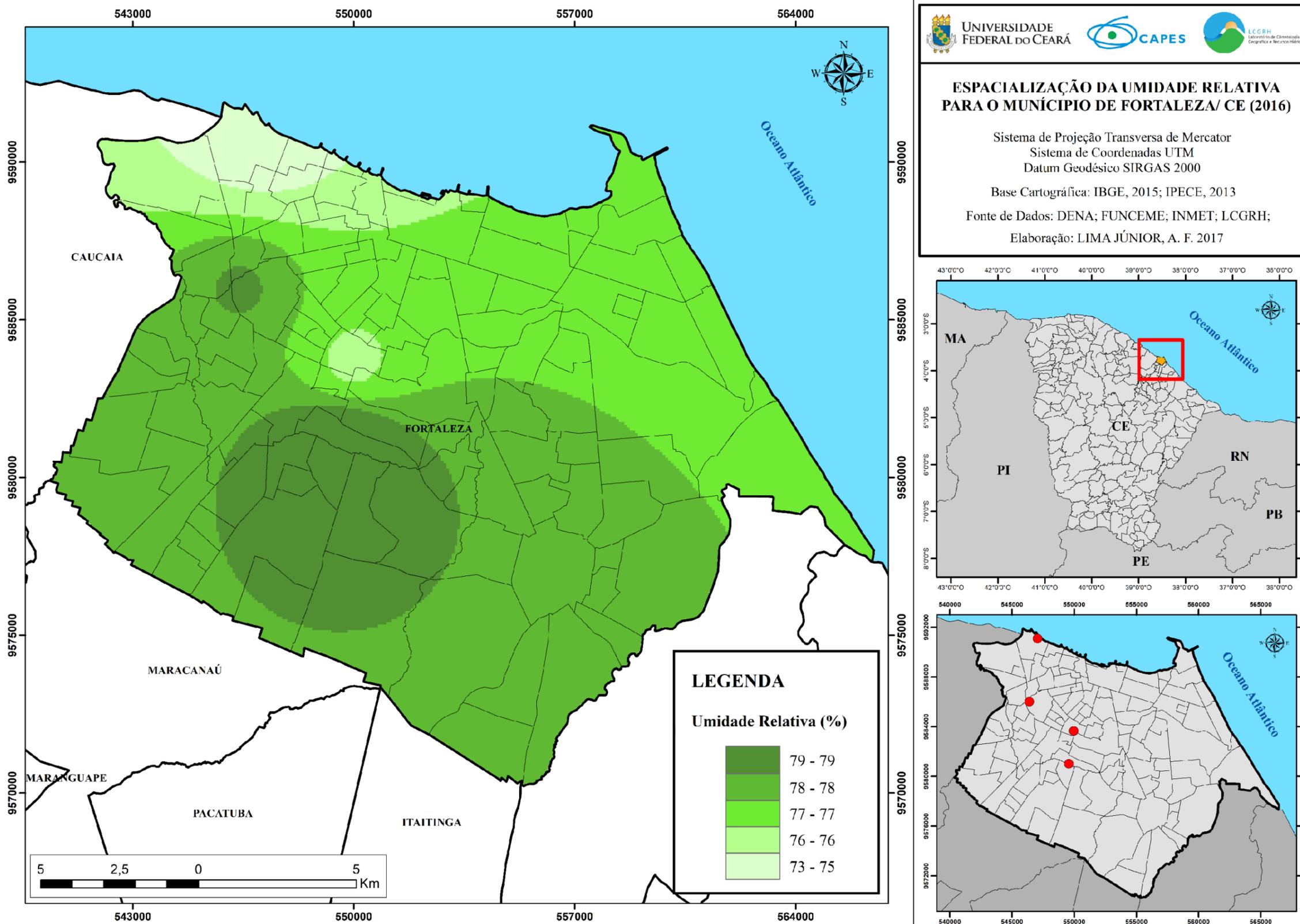
As médias de umidade relativa foram registradas em diferentes horários (9hs, 15hs e 21hs), com o objetivo de compreender o comportamento deste elemento durante o dia, e sua relação com o balanço térmico. No primeiro horário, às 9hs (Figura 40), a diferença entre a média de maior registro e menor registro chega a 13% de diferença, acompanhando o padrão, onde foi nesse horário que as temperaturas médias se mostraram mais discrepantes. O ponto com menor porcentagem de umidade relativa nesse horário foi a Barra do Ceará, com 73% U.R., enquanto o ponto com o maior percentual de umidade relativa foi a região centro-oeste da cidade, correspondente ao posto meteorológico do INMET, com 86%. As outras regiões da cidade apresentaram valores entre 70 e 80%, nota-se que a umidade relativa urbana é bastante elevada.

No segundo horário, às 15hs (Figura 40), a diferença entre os pontos com maior e menor percentual diminui, com amplitude de 5%., coincidindo também com o padrão térmico, que aumenta nesse horário. Além de apresentar menor amplitude, nesse horário também se verifica as menores médias, indo de 64% até 69%, acompanhando as médias termais do horário. Já a menor umidade é registrada no centro-oeste do município, na estação do INMET, enquanto o maior percentual é no campus do Pici e Itaperi.

Na Figura 40, verifica-se no último horário, às 21hs, o comportamento espacial da umidade relativa para o município. Durante a noite as diferenças entre os pontos de maior e menor percentual sobe, chegando aos 11%. Os pontos do INMET e Barra do Ceará são os que registraram menor porcentagem de umidade relativa, sendo que no centro-oeste chegou a 77%. O maior percentual foi registrado no Itaperi, com 88%.

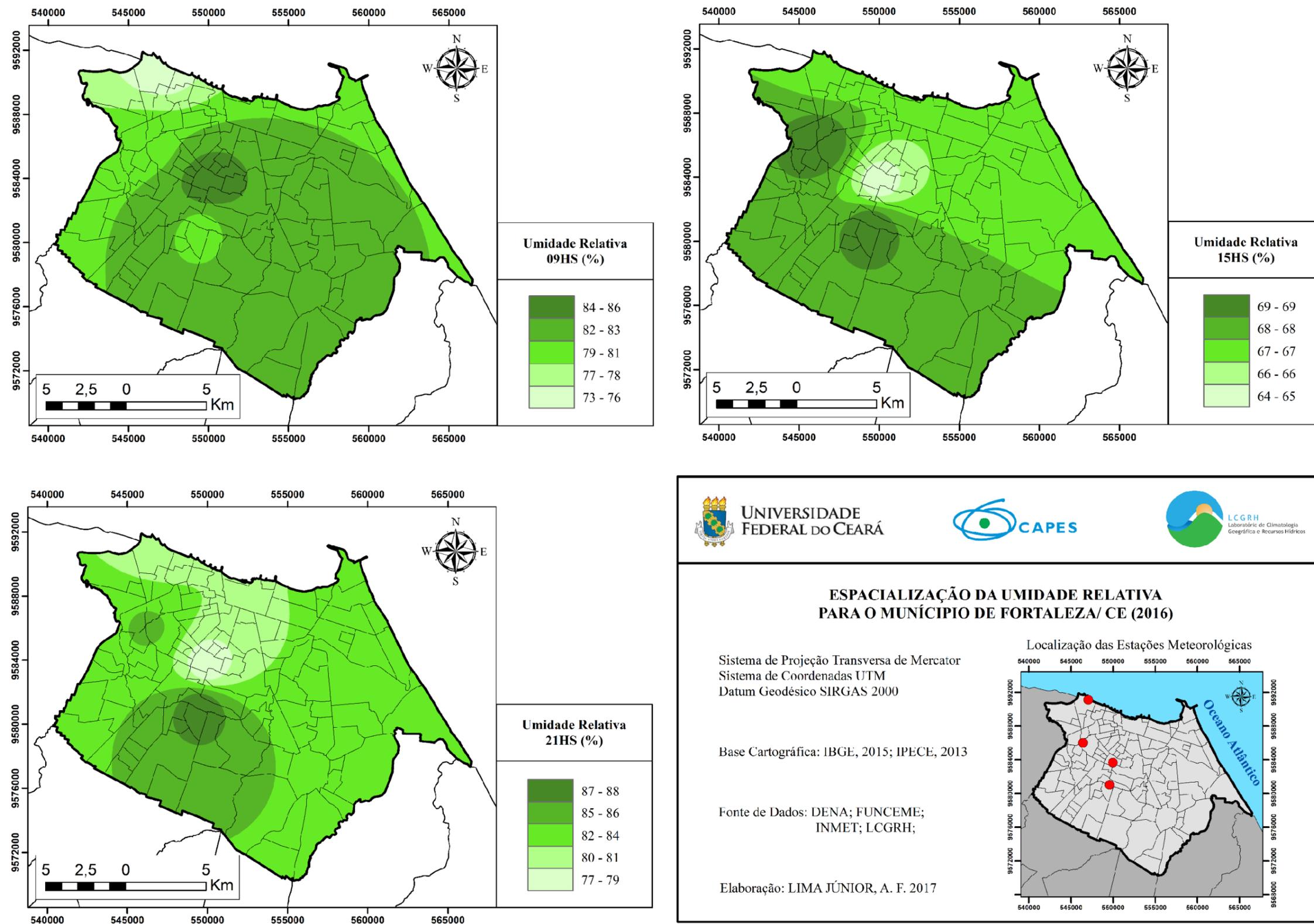
Nota-se que, apesar de verificar as maiores médias de temperatura média do ar, a noroeste da cidade não concentra os menores valores de umidade relativo, isso se dá devido à proximidade com o mar, o que acaba por elevar o percentual de umidade relativa nessa região.

Figura 38 – Espacialização da umidade relativa para o município de Fortaleza/CE (2016)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 39 – Espacialização da umidade relativa (médias horárias)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Fortaleza, apresenta diferenciações no uso e ocupação do solo em todo seu sítio urbano. Essas singularidades podem gerar condições de resposta diferenciada ao balanço térmico, influenciando diretamente as condições climáticas locais. Para compreender as respostas climáticas às condições de uso e ocupação no ambiente urbano, tendo em vista também as condições climáticas regionais, serão elaborados modelos, com o intuito de compreender as interfaces do clima urbano de Fortaleza.

Para o modelo climático urbano será utilizada a técnica do *Urban Climatic Map*, para compreender como as características urbanísticas, antrópicas e naturais, influenciam no ganho e arrefecimento de calor, através de ponderação matricial, gerando dois modelos, um referente a como a estrutura urbana pode contribuir no ganho de calor, e outro como pode amenizar as condições térmicas, que sobrepostos geram o modelo climático urbano do município.

Sabe-se que, o *Aedes aegypti* é mosquito predominantemente urbano, que já está adaptado às condições ecológicas das cidades, tendo isso em vista, é importante compreender como as mudanças e as especificidades climáticas locais urbanas podem contribuir para situações de agravamento em relação a proliferação do mosquito e por consequência estados de epidemias urbanas de dengue.

O aquecimento substancial da atmosfera urbana pode causar situações ideais de proliferação do mosquito, que está adaptado a condições de altas temperaturas equatoriais, expandindo os focos do mosquito pelas possíveis ilhas de calor geradas na cidade. A umidade relativa é o elemento climático que mais se correlaciona à incidência de dengue (MAGALHÃES, 2015), sendo esta variável constantemente alterada devido as condições urbanas, pela alteração do balanço de radiação.

6 CONDIÇÕES SOCIOAMBIENTAIS

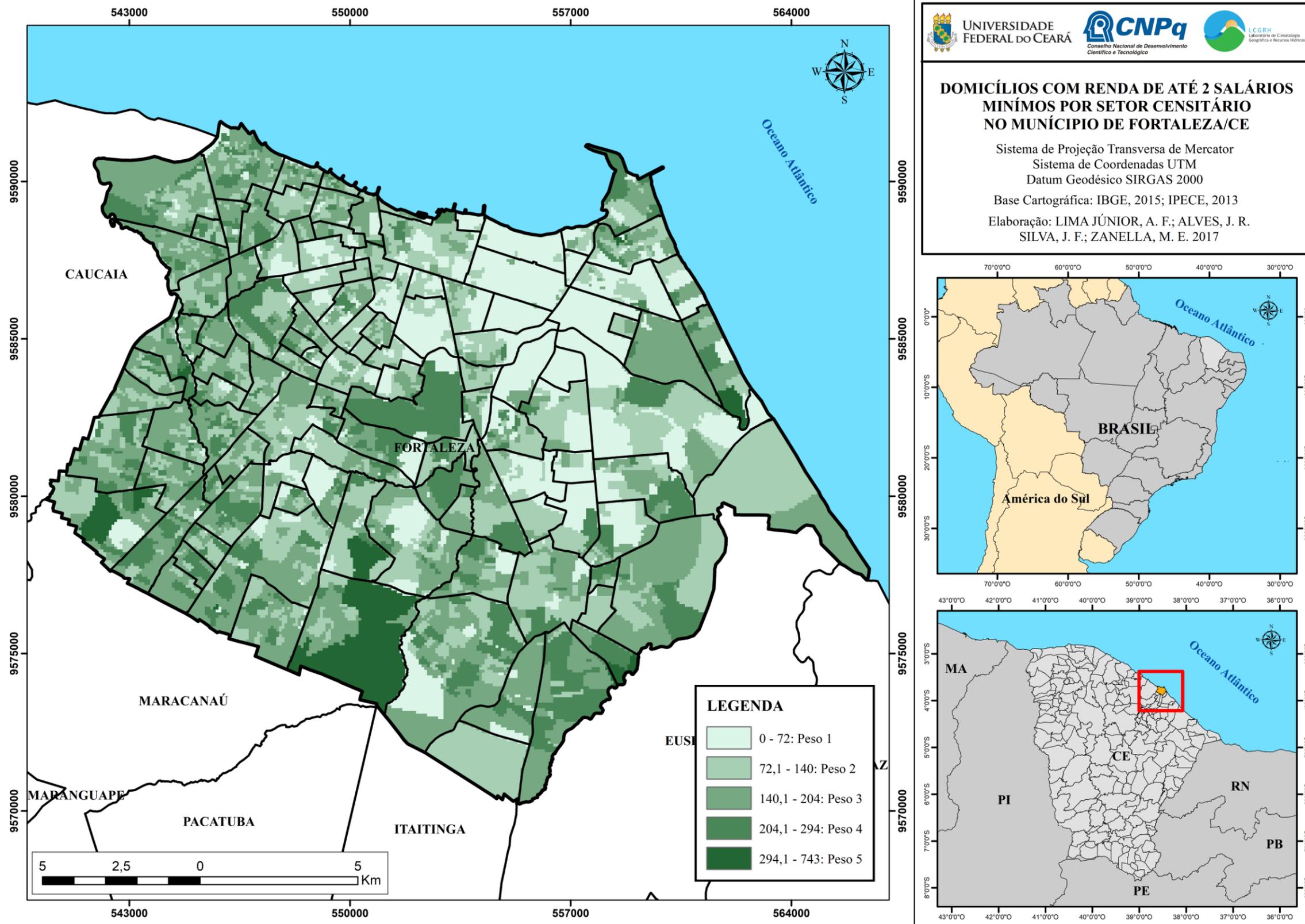
Para inserir o município de Fortaleza em um contexto onde os problemas ambientais e epidemiológicos consistem em interação com os aspectos sociais, é necessário caracterizar os aspectos socioeconômicos nos quais se encontra a população citadina. Além de causar desordem ambiental, os processos de urbanização vivenciados em Fortaleza, com o crescimento desordenado do urbano, trazem problemas de ordem socioeconômicos, gerando situações de desigualdade social, exposição a riscos socioambientais entre outros fatores.

Foram elaborados mapas de alguns indicadores socioeconômicos, segundo dados disponibilizados pelo site do IBGE (tanto as variáveis, como a malha digital foram obtidos no site do IBGE). Esses dados foram espacializados nos setores censitários de Fortaleza a fim de se obter um resultado mais detalhado da sua distribuição na cidade.

Na figura 41, verifica-se que, por todo o território fortalezense há uma distribuição de setores com domicílios com rendimento de até dois salários mínimos, no entanto, verifica-se que nas áreas periféricas o total de domicílios com essa condição salarial é bastante elevado, tendo as regiões noroeste, sudoeste e sul da cidade os maiores valores em relação a esta variável. A utilização dos setores censitários como escala espacial, possibilitou a identificação de uma desigualdade econômica eminente, inserida nos próprios bairros, revelando pontos dentro de bairros mais abastados, onde a população tem um nível aquisitivo menor. Percebe-se que, na região nordeste da cidade concentram-se os domicílios nos quais a população tem um maior poder aquisitivo, nota-se que essa região da cidade foi onde começou o processo de verticalização, gerando um padrão de uso e ocupação diferenciado. Dessa forma, foram divididas as classes em cinco, atribuindo diferentes pesos, 1 para a menor quantidade e peso 5 para a maior classe.

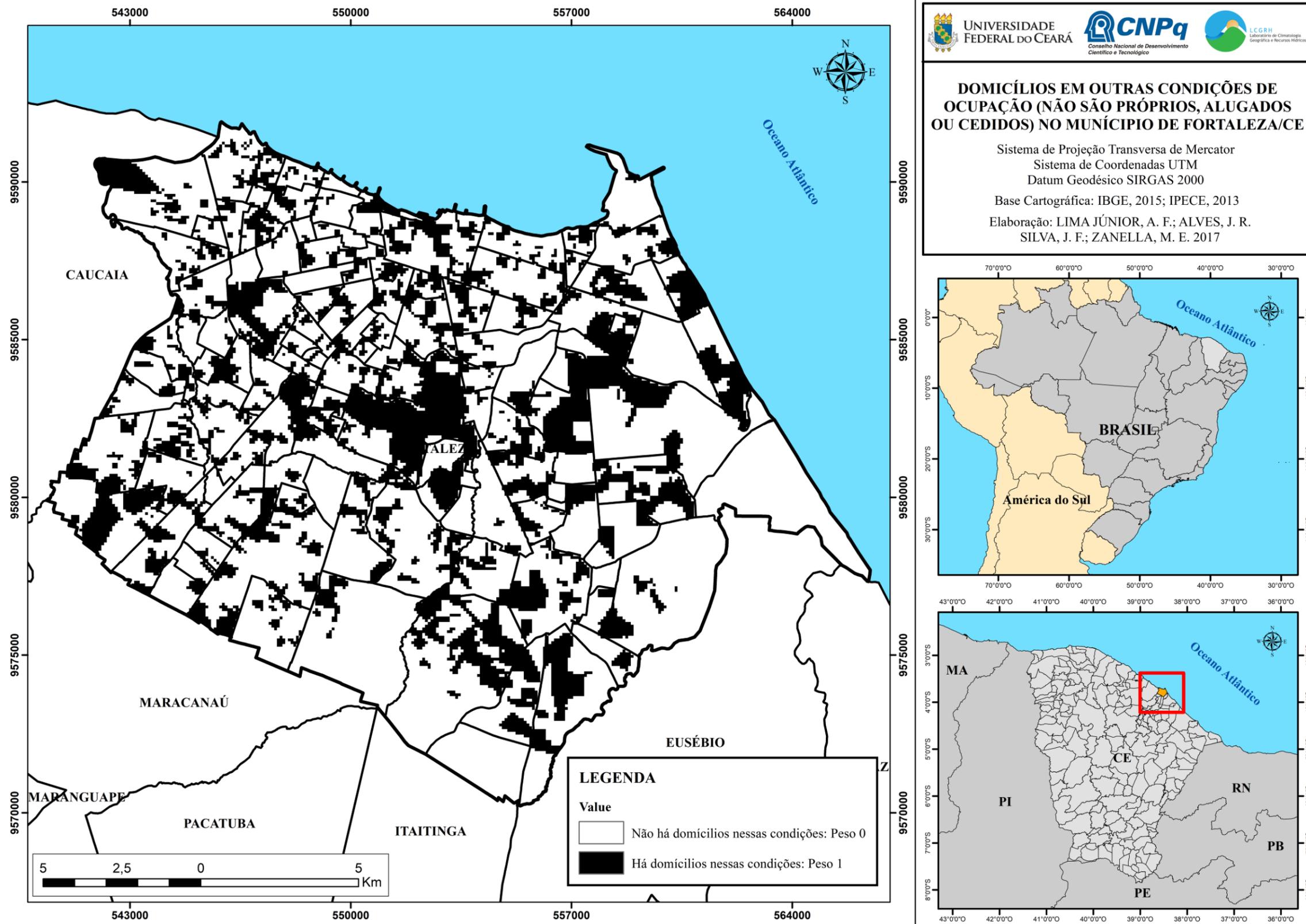
Outro fator a ser observado é o tipo de moradia (Figura 42). Foram mapeados os setores censitários que possuem moradias irregulares (domicílios particulares que não são próprios, cedidos ou alugados). Percebe-se que, em todo o município existem setores com presença de moradias irregulares, mostrando alta desigualdade social, mesmo nos bairros mais abastados onde existem manchas de moradias irregulares. Para este dado foram separados em, existe presença de moradia irregular com peso 1, e não existe com peso 0.

Figura 40 – Domicílios com renda de até 2 salários mínimos por setor censitário no município de Fortaleza/CE



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 41 – Domicílios em outras condições de ocupação (não são próprios, alugados ou cedidos) no município de Fortaleza/CE



Fonte: Elaborado pelo autor.

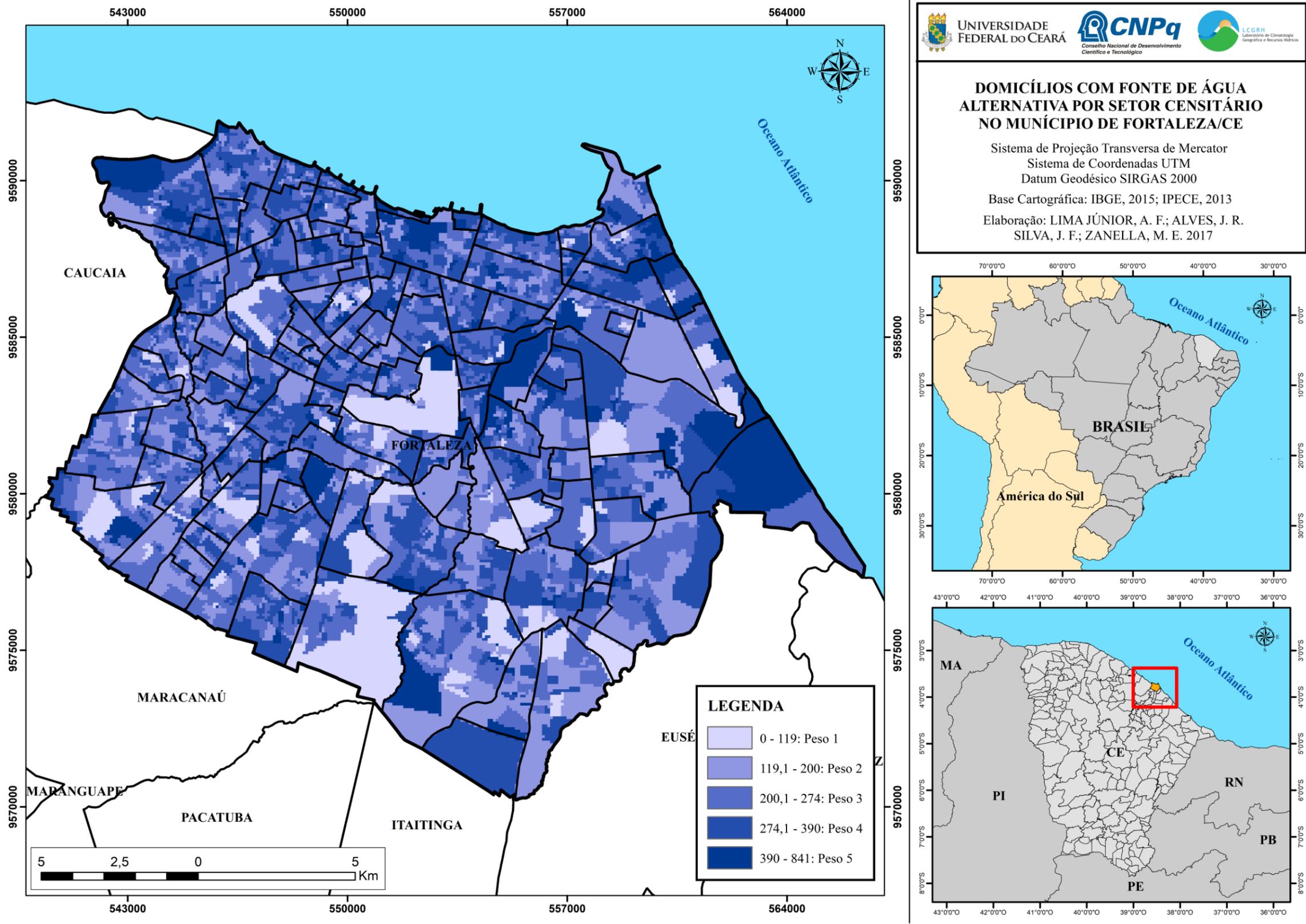
Sabe-se que, o mosquito vetor da dengue, tem fortes relações com as condições sanitárias urbanas, que pode gerar condições ideais de proliferação do *Aedes aegypti*. Foram selecionadas quatro variáveis para entender as condições sanitárias no município de Fortaleza: Domicílios com fontes alternativas de abastecimento de água (poços, água da chuva, rio...); Esgoto a céu aberto: Domicílios sem coleta de lixo; e Lixo acumulado nos logradouros.

Sabe-se que o município de Fortaleza possui um abastecimento de água “eficiente”, sendo que praticamente toda a cidade é abastecido pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE). No entanto, nota-se que a utilização de fontes alternativas de abastecimento de água (Figura 43) ainda é bastante utilizada, principalmente nas regiões litorâneas, devido a abundâncias de águas subterrâneas, que facilitam a construção de poços, para utilização residencial e de condomínios. Na entorno do rio Cocó também se percebe grande utilização de fontes alternativas de abastecimento de água.

Considerando que, o abastecimento de água com fontes alternativas necessita de técnicas de armazenamento de água, atribuiu-se um peso maior aos domicílios que utilizam essas fontes de abastecimento. Sabe-se que, o *Aedes aegypti* é um mosquito de veiculação hídrica e necessita de fontes pontuais de água armazenada para proliferar-se, depositando seus ovos, desta forma, entende-se que, os domicílios que armazenam água dentro das residências por não possuir um sistema de água encanada eficiente, apresentam um risco maior de proliferação, já que desenvolvem ambiente propício para que o mosquito se prolifere. Para esta variável foi atribuído peso 1 para os setores que possuem menos domicílios que utilizam fontes alternativas de água, e 5 para os setores que mais utilizam estas fontes.

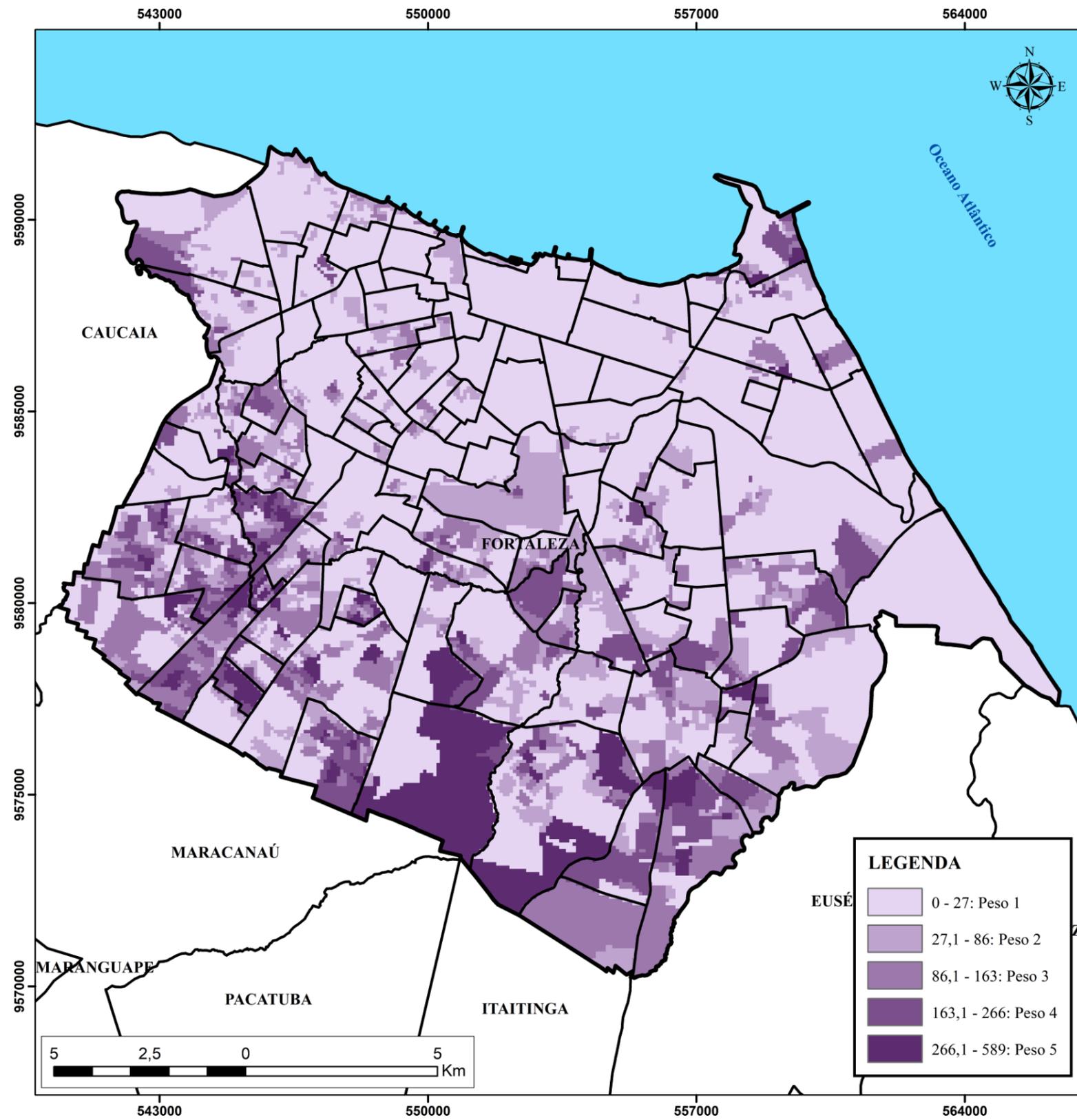
Além dos reservatórios intra domiciliares, outro foco importante de acúmulo de água, são os esgotos a céu aberto (Figura 44). Sabe-se que, o saneamento básico no município de Fortaleza é bastante ineficiente, verificando-se vários pontos de esgoto a céu aberto na cidade, principalmente na região sul. Os bairros periféricos do sul do município apresentam situações preocupantes de saneamento básico, não possuindo instalações sanitárias adequadas, utilizando de meios rudimentares de descarte de dejetos. Sabendo que os pontos de acúmulo de esgoto podem se tornar ambientes propícios à proliferação do mosquito, atribuiu-se peso 5 aos setores que possuem maiores domicílios com esgoto a céu aberto, e 1 para os setores com menores valores.

Figura 42 – Domicílios com fonte de água alternativa por setor censitário no município de Fortaleza/CE



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 43 – Esgoto a céu aberto por setor censitário no município de Fortaleza/CE



LEGENDA	
0 - 27: Peso 1	(Lightest purple)
27,1 - 86: Peso 2	(Light purple)
86,1 - 163: Peso 3	(Medium purple)
163,1 - 266: Peso 4	(Dark purple)
266,1 - 589: Peso 5	(Darkest purple)

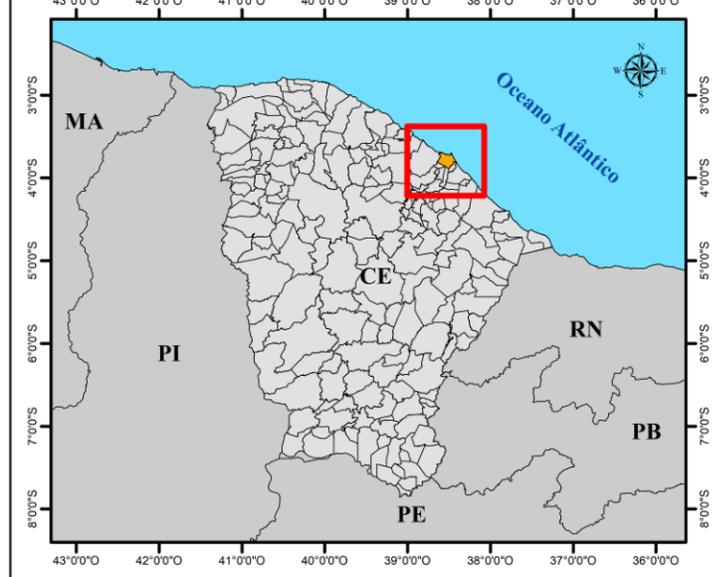
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CNPq
LCGRH
Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos

ESGOTO A CÉU ABERTO POR SETOR CENSITÁRIO NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA/CE

Sistema de Projeção Transversa de Mercator
Sistema de Coordenadas UTM
Datum Geodésico SIRGAS 2000

Base Cartográfica: IBGE, 2015; IPECE, 2013

Elaboração: LIMA JÚNIOR, A. F.; ALVES, J. R. SILVA, J. F.; ZANELLA, M. E. 2017



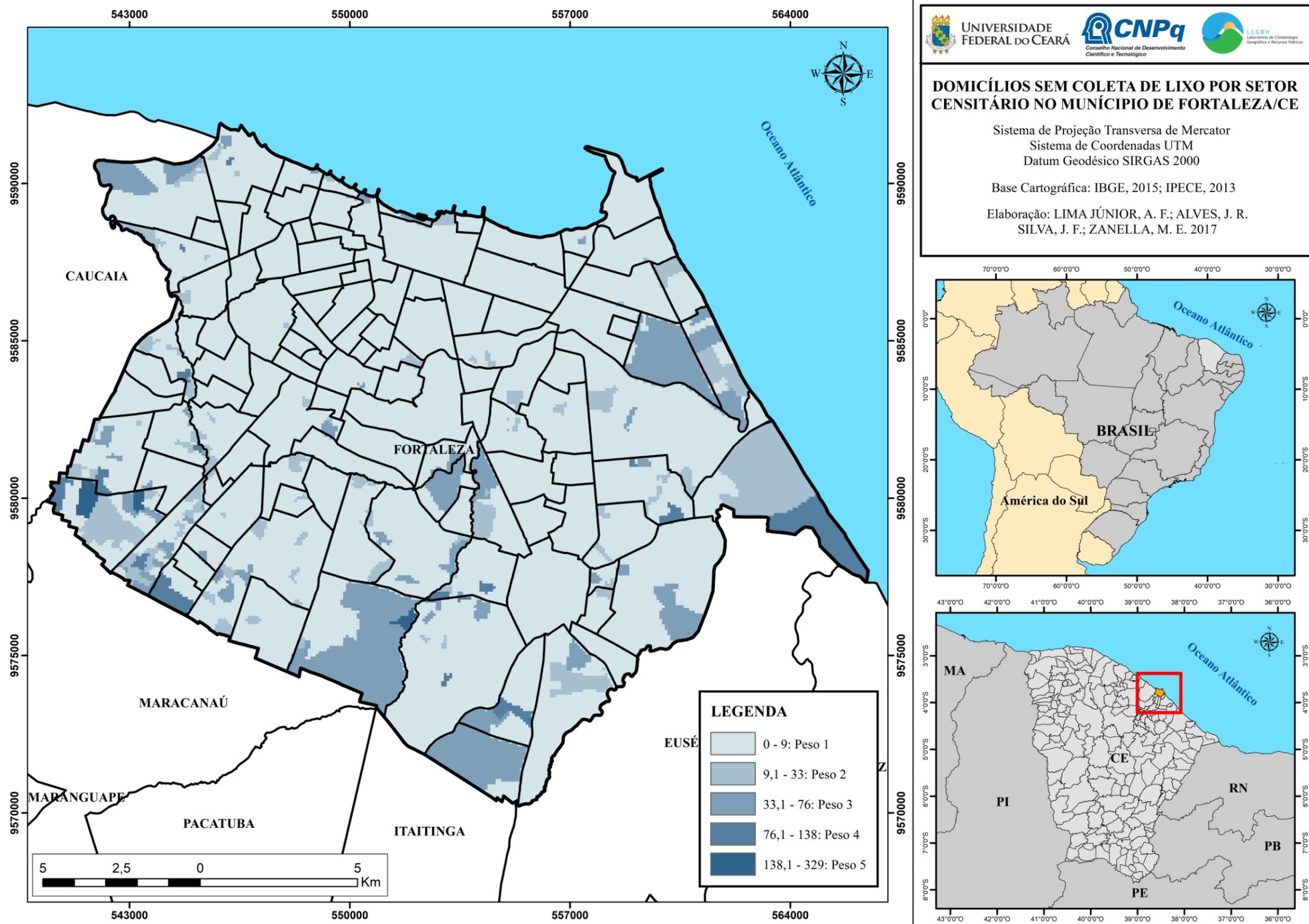
Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro elemento importante a ser considerado é o lixo. Sabe-se que pontos de acúmulo de lixo geram ambientes propícios a proliferação do mosquito da dengue, pois acumulam água, gerando situação favorável ao depósito dos ovos da fêmea do *Aedes aegypti*. Para compreender a problemática do lixo no município de Fortaleza, utilizou-se duas variáveis do IBGE: domicílios sem coleta de lixo; e lixo acumulado nos logradouros.

A cidade de Fortaleza, possui sistema permanente de coleta de lixo municipal, que tem uma periodicidade de 3 vezes na semana. Nota-se através do mapa de domicílios sem coleta de lixo (Figura 45), que a assistência por esse serviço é relativamente eficiente, sendo que toda a cidade é assistida pela coleta, porém, é possível identificar áreas onde o serviço não alcança. As regiões periféricas da cidade, são novamente, as menos assistidas em relação a este serviço, sendo pontuados esse problema nas áreas oeste, sul e extremo leste da cidade. Foram atribuídos peso 1 para áreas com menos domicílios sem o serviço de coleta de lixo, e 5 para os setores com maiores valores de domicílios sem este serviço.

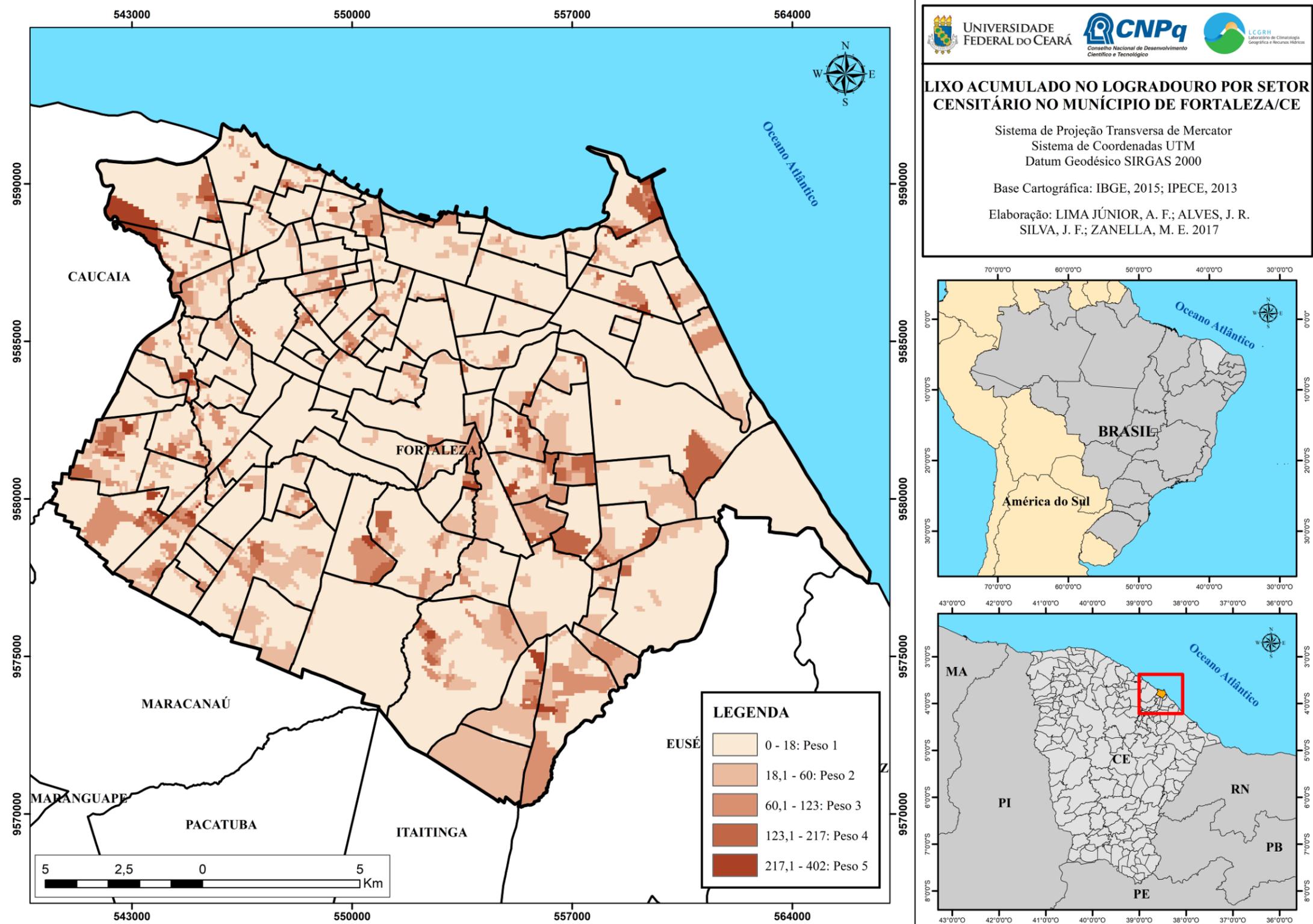
Em decorrência do que se vem discutindo, adentra outra variável, para caracterizar as condições físicas sanitárias da cidade de Fortaleza: lixo acumulado nos logradouros (Figura 46). Pela deficiência nos serviços de descarte de dejetos, há presença de lixo acumulado nas ruas da cidade, o que pode gerar pontos fixos de acúmulo de água nos logradouros, criando focos do mosquito vetor da dengue. Em todo o município, verifica-se a presença de logradouros com lixo acumulado, o que gera preocupação eminente em relação à proliferação do mosquito em ambiente públicos, onde não há controle individual sobre este problema. Foram atribuídos pesos de 1 até 5, conforme a quantidade de logradouros com a presença de lixo acumulado.

Figura 44 – Domicílios sem coleta de lixo por setor censitário no município de Fortaleza/CE



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 45 – Lixo acumulado no logradouro por setor censitário no município de Fortaleza/CE



Fonte: Elaborado pelo autor.

7 DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DOS CASOS DE DENGUE

A dengue é um dos problemas de saúde pública, de forma epidêmica, que mais afeta o Brasil no decorrer de muitos anos. Com o agravamento do quadro nas últimas décadas, se tem buscado diversos meios para o controle vetorial e larval, com o intuito de diminuir e controlar a doença.

Segundo Garcês Júnior (2016), a região nordeste é a 2ª região com o maior número de registros de casos de dengue no país, o que corresponde cerca de 30% do total de casos já registrados na história, perdendo apenas para a região sudeste. No decorrer dos últimos anos as epidemias têm se acentuando, como em 1998, 2002, 2008, 2012, 2015 e 2016, em que o total de notificações foi acima de 200.000 mil casos.

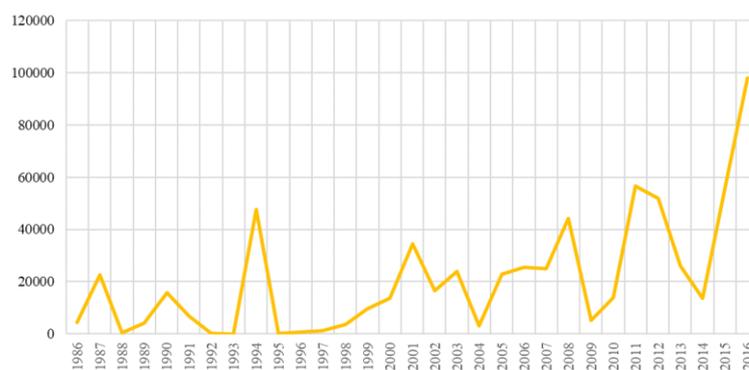
Figura 46 – Casos de dengue no Nordeste do país



Fonte: Elaborado pelo autor

O estado do Ceará possui casos notificados dos 4 tipos de sorotipos virais, e nos últimos anos também a doença vem avançando (Figura 48). Nos anos de 1994, 2008, 2011, 2012, 2015 e 2016, foram registrados os maiores números de casos no estado.

Figura 47 – Número de casos de dengue no Ceará



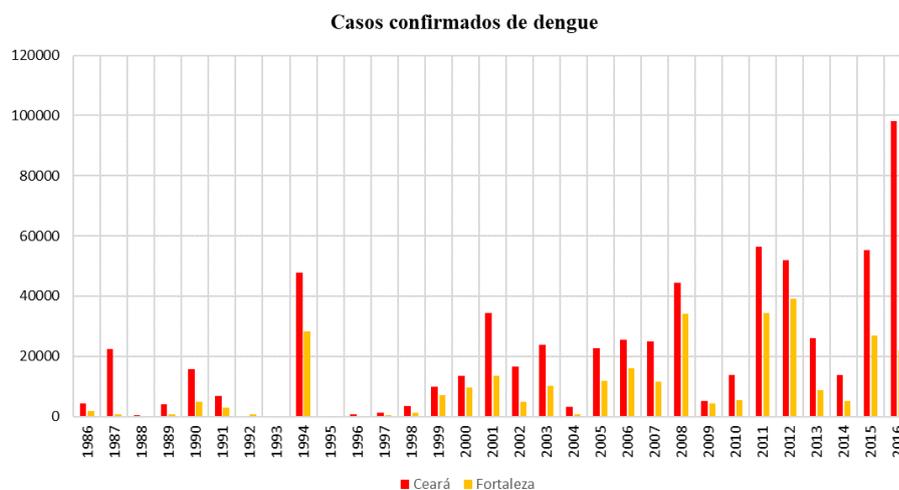
Fonte: Elaborado pelo autor.

O município de Fortaleza representa a maior parte dos casos de dengue em relação ao contexto estadual. Como observado na Figura 49, existe um padrão em relação às epidemias estaduais e municipais, onde o número de casos em Fortaleza acompanha a coluna estadual, apresentando os mesmos padrões de anos epidêmicos.

De acordo com os dados da Secretaria de Saúde do Estado, no Ceará, no período de 1986 a 2016 foram confirmados 646.853 casos de dengue. Destes, 307.356 foram confirmados em Fortaleza, representando 47,51% do total de casos do Estado, configurando-se como o município com o maior número de casos da doença no Ceará.

A Figura 49 mostra a evolução da doença em Fortaleza e no Ceará. Nela observa-se que Fortaleza acompanha a evolução dos casos de dengue do Estado, todavia, ao analisar o número de casos da doença de forma individual em cada bairro, nota-se que, em alguns anos esse comportamento não vai seguir o perfil evolutivo de casos de Fortaleza e do Ceará, o que caracteriza uma dinâmica própria da doença em cada bairro.

Figura 48 – Casos confirmados de dengue no Ceará e em Fortaleza

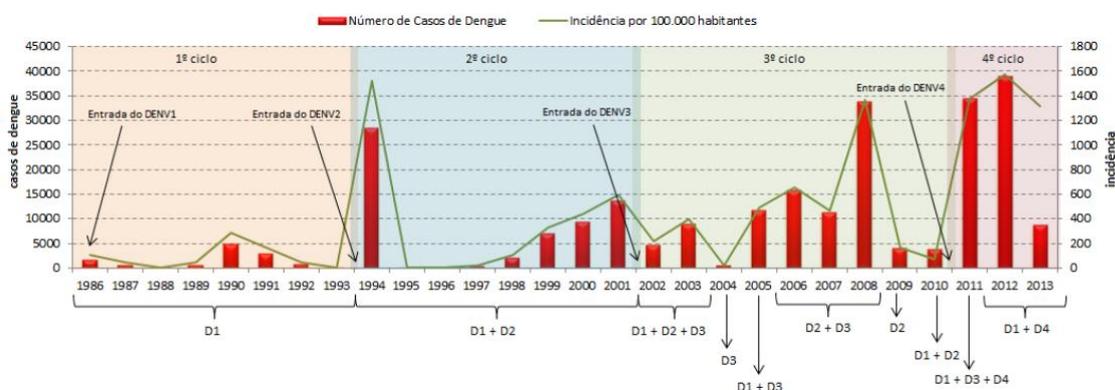


Fonte: Elaborado pelo autor.

Magalhães (2015) destaca que, os ciclos epidêmicos se dão de maneira muito específica em Fortaleza. Na distribuição anual dos casos, identificam-se quatro ciclos epidêmicos (Figura 50), que correspondem à entrada dos 4 sorotipos. De 1986 a 1993 as epidemias são causadas pelo sorotipo D1, caracterizando o primeiro ciclo. Devido aos processos imunológicos os quais a população é submetida, há a entrada de um novo sorotipo, o D2, que juntamente com o D1 causam o segundo ciclo epidemiológico, de 1994 a 2001. De 2002 até o ano de 2010, verifica-se o terceiro ciclo epidemiológico, cujos responsáveis são os sorotipos D1 (em menor quantidade), D2 e D3. A partir de 2011 há a inserção de um novo

sorotipo, o D4, provocando mais um ciclo epidemiológico no município (quarto ciclo).

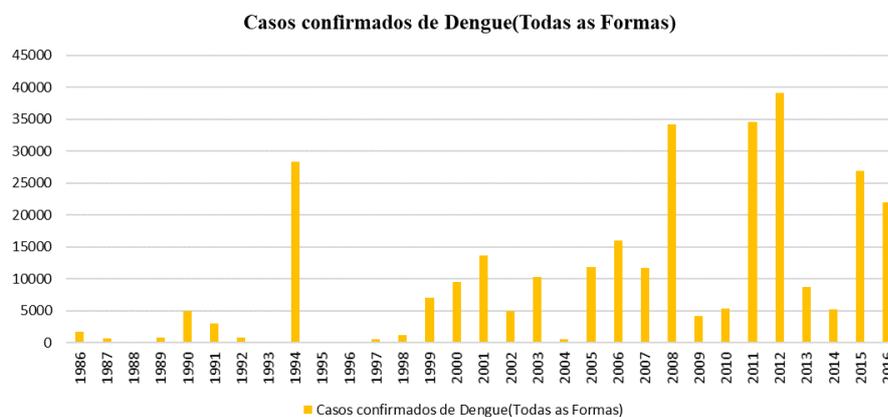
Figura 49 – Ciclos epidemiológicos no município de Fortaleza



Fonte: Magalhães (2015).

Fortaleza, mantém uma alta incidência de casos de dengue, que se apresenta de forma epidêmica no século XXI. Na Figura 51, é possível identificar os anos com os maiores números de casos de dengue, são eles 1994, 2008, 2011, 2012 e 2015, todos com mais de 25.000 casos.

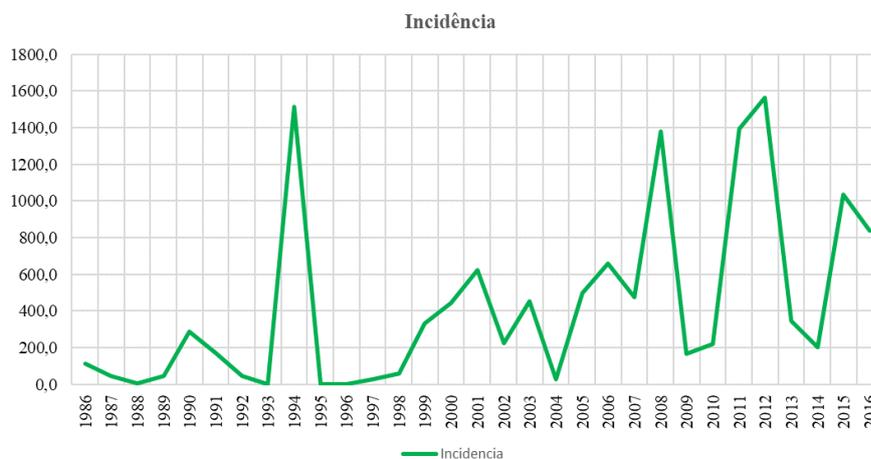
Figura 50 – Casos confirmados de dengue em Fortaleza de 1986 a 2016



Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando o gráfico de incidência dos casos de dengue no município de Fortaleza (Figura 52), percebe-se que, os anos com os maiores valores de incidência de casos de dengue são 1994, 2008, 2011 e 2012. Sabendo que, a incidência ou taxa de incidência expressa o número de casos novos de uma determinada doença durante um período definido, numa população sob o risco de desenvolver a doença.

Figura 51 – Incidência dos casos de dengue em Fortaleza



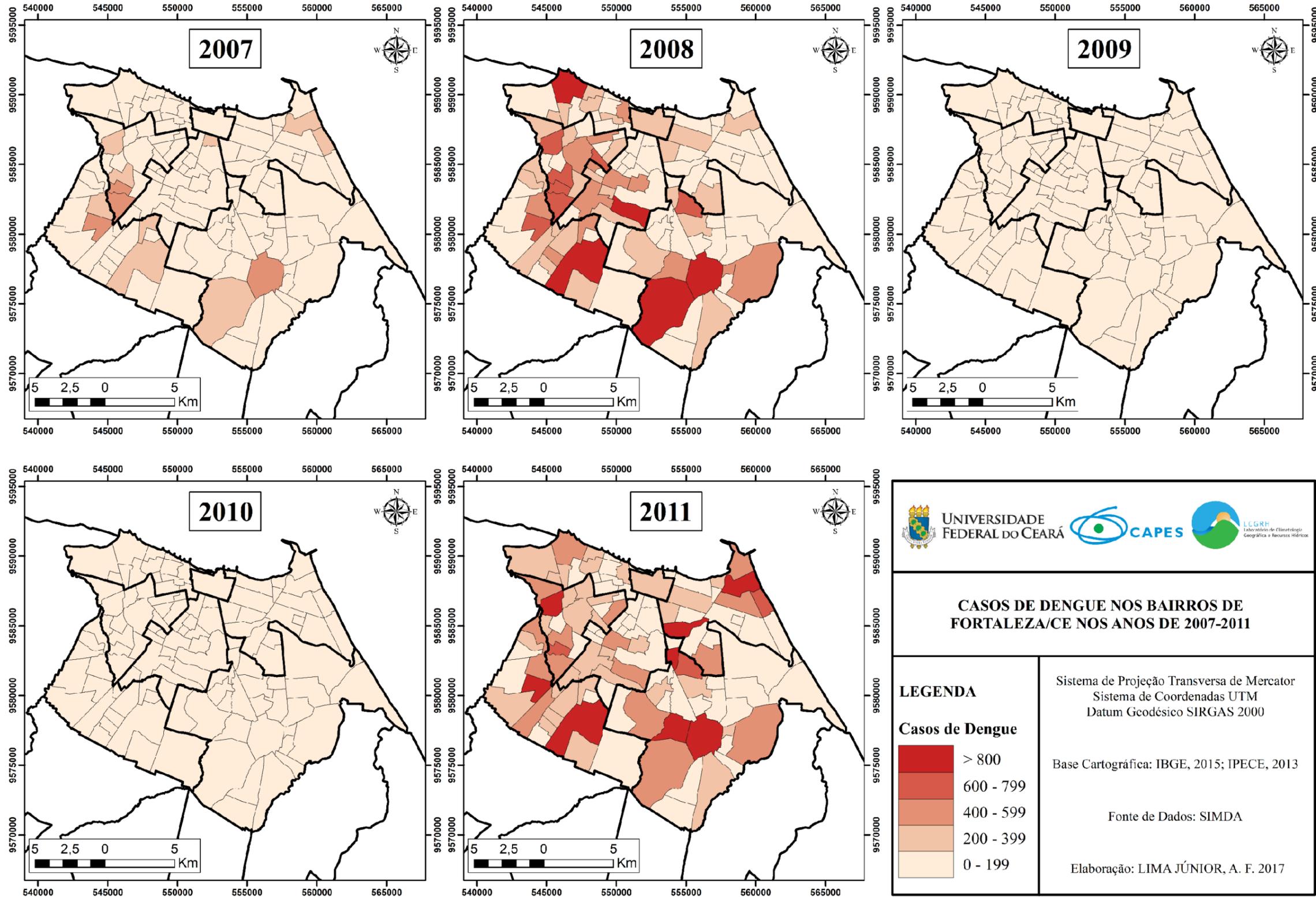
Fonte: Elaborado pelo autor.

A espacialização dos casos de dengue, foi feita utilizando dados de casos confirmados da doença, incluindo os autóctones e os importados, sendo incluídos todos os sorotipos com confirmação laboratorial. Na espacialização do número de casos confirmados de dengue em Fortaleza de 2007 a 2016 (Figura 53 e Figura 54), observam-se elevados números de casos nos anos de 2008, 2011, 2012, 2015 e 2016. Os anos de 2009, 2010, 2013 e 2014 apresentaram poucos números de casos em relação aos anos supracitados, enquanto o ano de 2007 permanece na média.

Em relação a distribuição espacial da doença nos bairros, nota-se que as regiões, nordeste, sudoeste e sul da cidade apresentam a maioria dos casos de dengue, enquanto a região sudeste, mantém-se com poucos casos, inclusive em anos epidêmicos, apesar de nesses anos haver um número maior de casos.

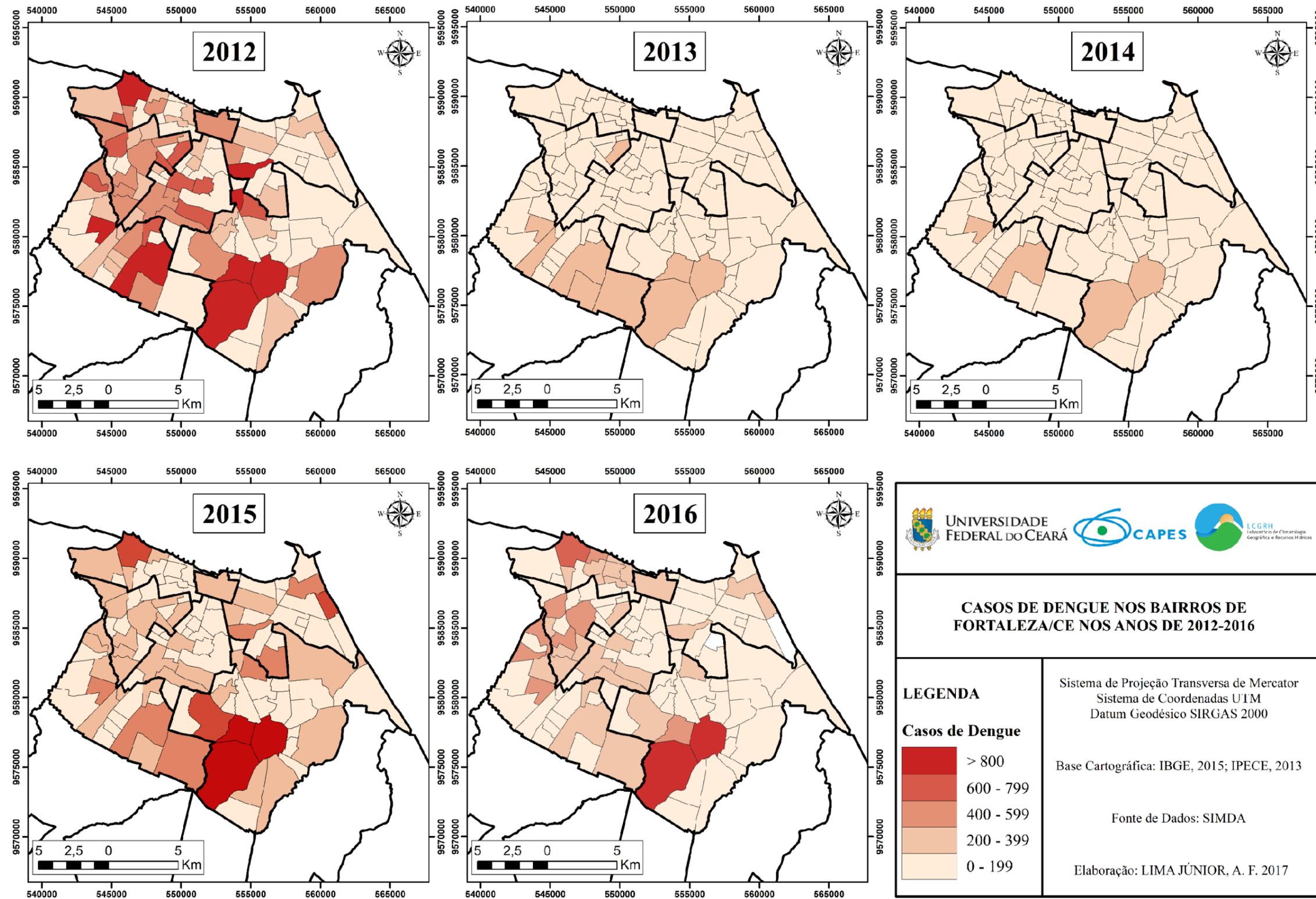
É importante destacar o bairro Messejana, que aparece em quase todos os anos com importantes números de casos de dengue, no entanto, deve-se entender que, os casos de dengue dos bairros circunvizinhos podem ser registrados como sendo do bairro Messejana, atribuindo isso a um erro de notificação hospitalar, já que o bairro, apresenta um complexo hospitalar de atendimento, atendo a população de diversos bairros, que ao serem atendidos, informam o bairro onde o hospital está localizado, e não o bairro de origem do paciente, gerando um aglomerado de casos nesse bairro específico.

Figura 52 – Casos de dengue nos bairros de Fortaleza/CE nos anos de 2007 a 2011



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 53 – Casos de dengue nos bairros de Fortaleza/CE nos anos de 2012 a 2016



Fonte: Elaborado pelo autor.

O padrão espacial da evolução anual do número de casos de dengue de 2007 a 2016 revela que a dengue nesses anos se caracterizou por apresentar diversos focos. Nas diversas situações de comportamento da dengue em Fortaleza, não existe uma fonte única de riscos, portanto, verificou-se uma dispersão de focos onde se concentram os casos de dengue em torno de alguns núcleos, com predominância na zona oeste da cidade e em pontos localizados a sudoeste, indicado a presença de condições para a proliferação do *Aedes aegypti*. As condições climáticas favoráveis contribuem para o aumento e diversificação de criadouros e a multiplicação mais rápida do mosquito.

Outro modo de se entender a dinâmica das epidemias de dengue é por meio do Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAA), que é um método amostral que monitora os indicadores da densidade larvária, assim como a média de indicadores larvários, identificam os espaços com maior densidade de larvas e direcionam as ações dos gestores no que tange o controle do vetor, possibilitando identificar no município as áreas que estão mais vulneráveis à proliferação do mosquito as áreas que já possuem risco (GARCÊS JÚNIOR, 2016).

O LIRAA, disponibiliza dois indicadores importantes, são eles: o Índice de Infestação Predial (IIP), que fornece o percentual de edifícios positivos, onde foram verificados a presença de larvas; enquanto o segundo indicador, o Índice de Breateu, considera a relação entre o número de recipientes positivos e o número de imóveis pesquisados. Sabendo disso, nessa pesquisa foram utilizados os LIRAA, para compreender o fenômeno das epidemias de dengue, em concomitância com a distribuição do vetor da doença.

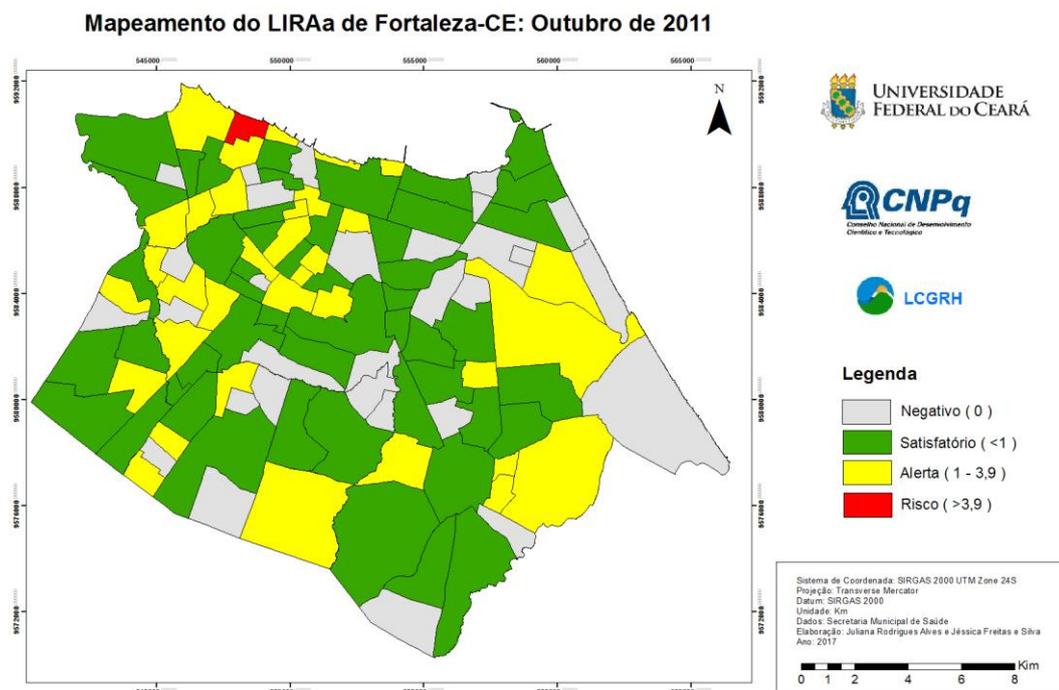
Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2013), o plano amostral do levantamento leva em consideração a quantidade de bairros e imóveis do município. A partir de 2011 foi definido pelo Ministério da Saúde a realização de três levantamentos por ano, em janeiro, março/abril e outubro/novembro. No presente estudo, foram utilizados os anos de 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015.

O valor do IIP de cada estrato é definido a partir dos intervalos: estratos com IIP menor que 1 é considerado satisfatório (<1), ou seja, é um estrato que não foram encontrados quantidade significativa de imóveis com o *Aedes aegypti*; para estratos com $1 \leq IIP < 3,9$ é considerado em risco e maior que 3,9 é considerado em alerta, desta forma, os estratos em alerta foram os que possuíram uma amostra significativa de *Aedes aegypti*.

No ano de 2011 foi realizado apenas um levantamento, no mês de outubro. Nesse mês somente o bairro Cristo Redentor foi considerado em risco, este localiza-se na região noroeste da cidade, a qual confere sempre casos importantes confirmados de dengue. O

restante do município varia entre condições satisfatórias e de alerta (Figura 55).

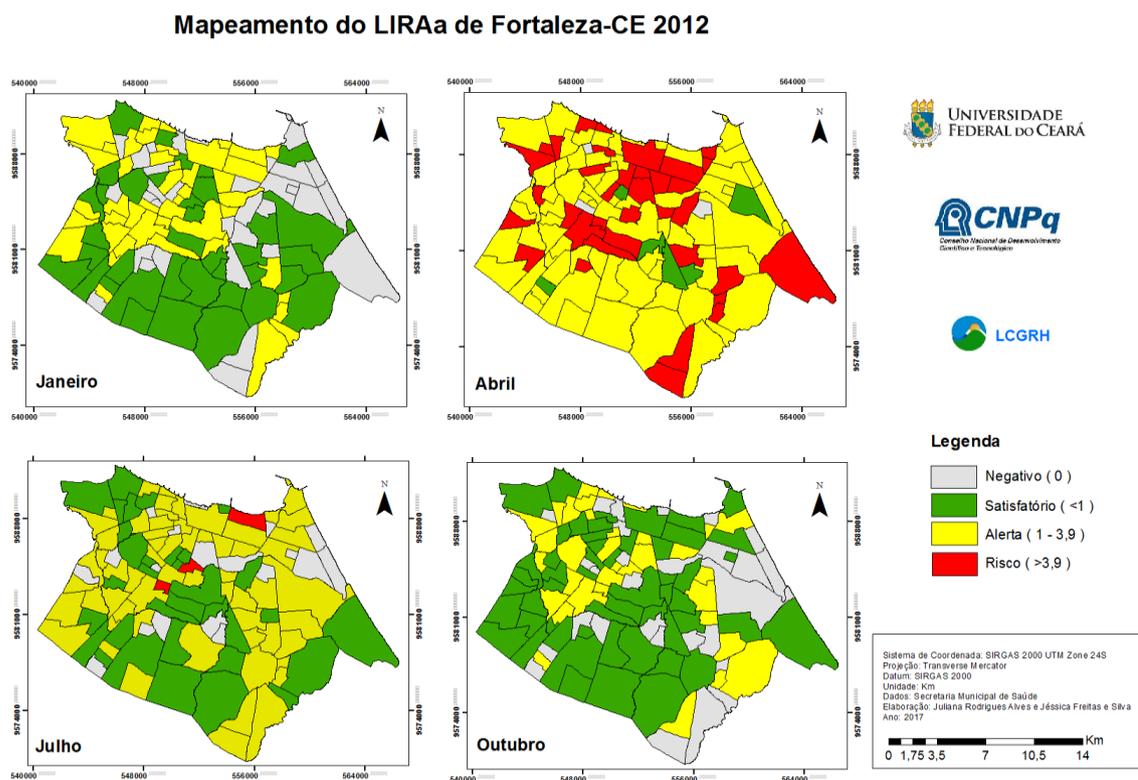
Figura 54 – Mapeamento do LIRAA de Fortaleza (2011)



Fonte: Elaborado pelo autor

No ano de 2012, foram realizados quatro levantamentos, nos meses de janeiro, abril, junho e outubro (Figura 56). No mês de janeiro, houveram duas classes verificadas, na região sul/leste da cidade, encontram-se condições satisfatórias, enquanto na região noroeste, há estado de alerta. Destaca-se que, é exatamente na região noroeste que comumente iniciam-se as epidemias de dengue, mostrando uma relação do IIP com os casos confirmados da doença. No mês de abril o quadro é bem diferente, verifica-se o estado de alerta em praticamente todo o município, com poucas áreas em estado satisfatório. Neste mês já se identificam áreas em estado de risco, concentrando-se na região central e oeste da cidade. Em julho, nota-se uma diminuição dos estados de risco e alerta, em relação ao mês de abril, no entanto, ainda se verifica estados de alerta em praticamente todo o território fortalezense, e três bairros ainda apresentam estado de risco, são eles: Meireles, Parreão e Itaóca. No mês de outubro, já não são encontrados bairros em estado de risco e aumentam o número de bairros em estado satisfatório, porém ainda pode-se verificar bairros em estado de alerta, principalmente na região oeste da cidade.

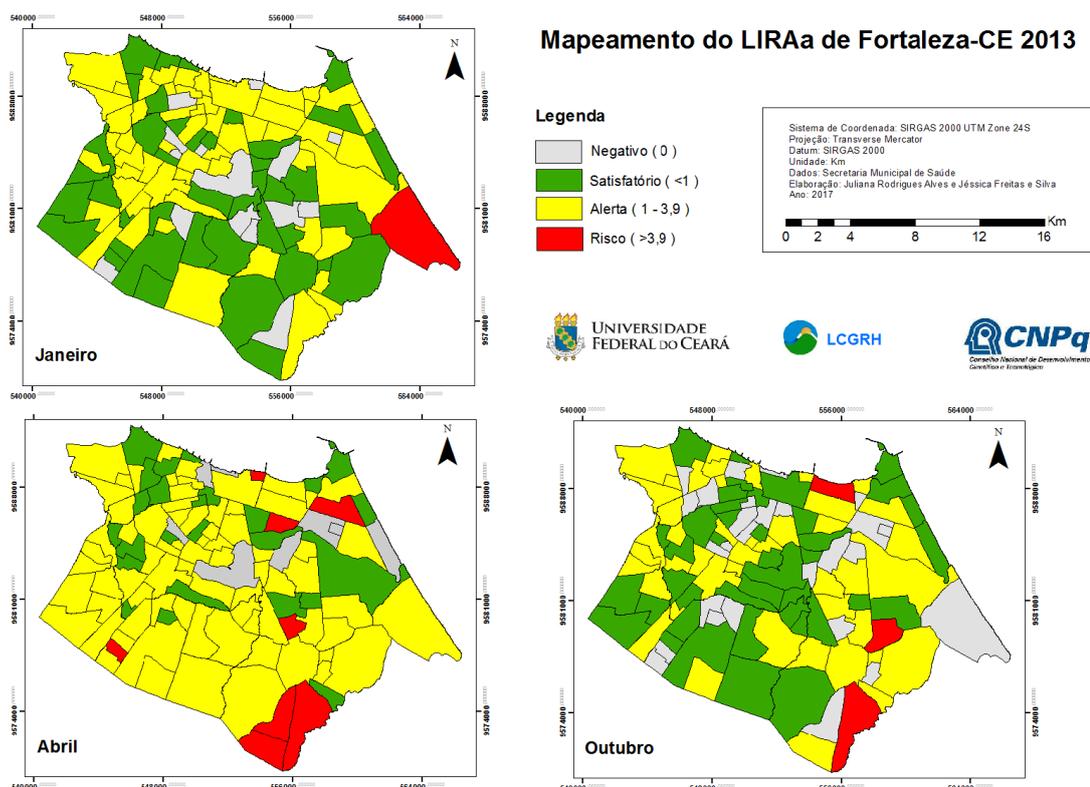
Figura 55 – Mapeamento do LIRAA de Fortaleza (2012)



Fonte: Elaborado pelo autor.

No ano de 2013, foram realizados três levantamentos, nos meses de janeiro, abril e outubro (Figura 57). Diferente dos anos anteriores, todos os meses apresentaram estado de alerta em pelo menos um bairro do município. No mês de janeiro, o bairro o qual apresentou estado de alerta foi Sabiaguaba, no extremo leste da cidade, enquanto os outros bairros apresentavam situação satisfatória ou de alerta, bem distribuídos pelo município. Em abril nota-se que, os bairros que apresentam estado de risco aumentam, sendo esses: Praia de Iracema, Papicu, Dionísio Torres, Parque Iracema, Parque Santa Rosa, Paupina, Ancurí e Pedras. Nota-se que, há uma redução dos bairros em estado satisfatório, e aumento dos bairros em estado de alerta. No mês de outubro verifica-se a diminuição dos bairros em estado de risco, sendo eles os bairros de Meireles, Alagadiço Novo e Paupina, o que indica a redução da infestação. Diminuem os bairros em estado de alerta, e crescem os bairros em situação satisfatória. Faz-se importante lembrar que, este ano houveram poucos casos confirmados da doença, não sendo caracterizado como ano epidêmico, o que pode ter gerado a diferenciação da distribuição do vetor.

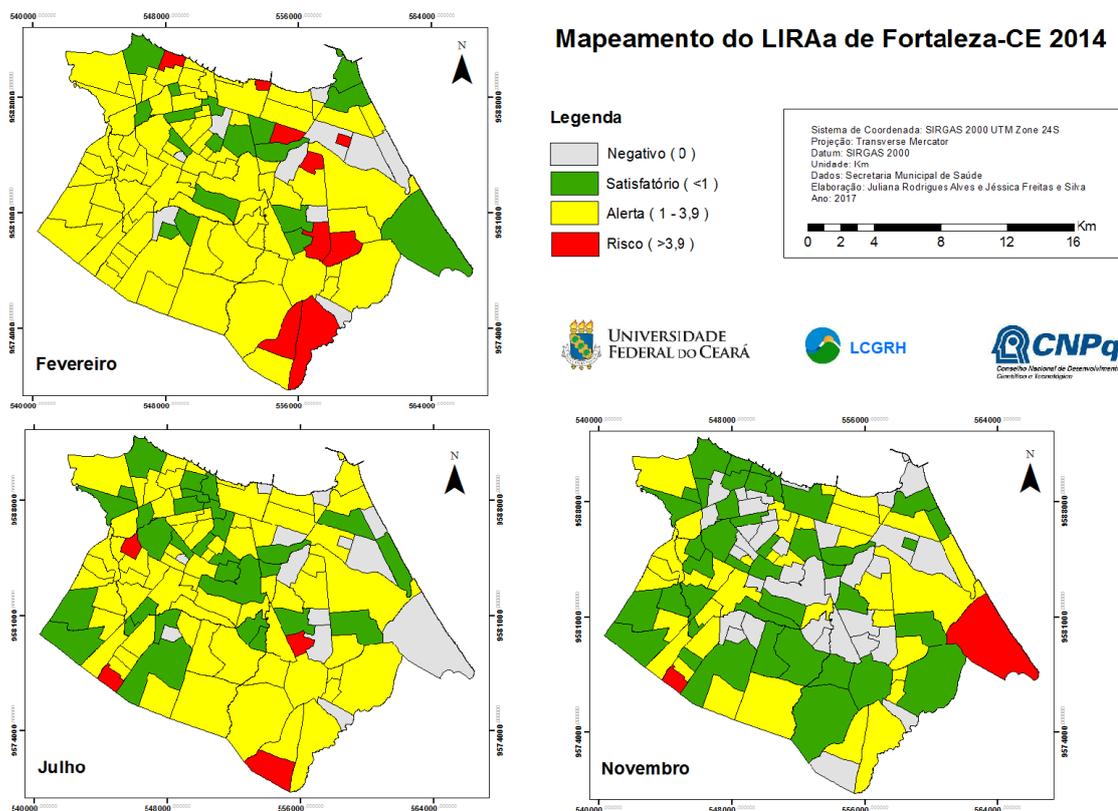
Figura 56 – Mapeamento do LIRAA de Fortaleza (2013)



Fonte: Elaborado pelo autor

Para o ano de 2014, foram realizados três levantamentos do LIRAA, nos meses de fevereiro, julho e novembro (Figura 58). O ano de 2014 também se caracteriza como um ano não epidêmico, havendo confirmação de poucos casos da doença em relação aos demais anos. Em fevereiro desse ano, foram identificados nove bairros em estado de risco em relação à proliferação do vetor, foram os bairros de Cristo Redentor, Praia de Iracema, Dionísio Torres, Cidade 2000, Guararapes, Cambeba, Alagadiço Novo, Paupina e Ancurí. Observa-se nesse período um número pequeno de bairros com situação satisfatória, enquanto a maioria dos bairros encontra-se em estado de alerta. No mês de julho, os bairros que apresentam situação satisfatória apresentam um leve acréscimo, enquanto os que apresentam estado de risco diminuem, se resumindo à quatro bairros, são eles: Dom Lustosa, Parque Iracema, Parque Presidente Vargas e Pedras. No mês de novembro, nota-se que, os bairros que apresentam estado satisfatório aumentam na proporção que os que estavam em estado de alerta diminuem, no entanto, dois bairros ainda apresentam situação de risco por infestação predial, são eles os bairros de Sabiaguaba e Parque Presidente Vargas.

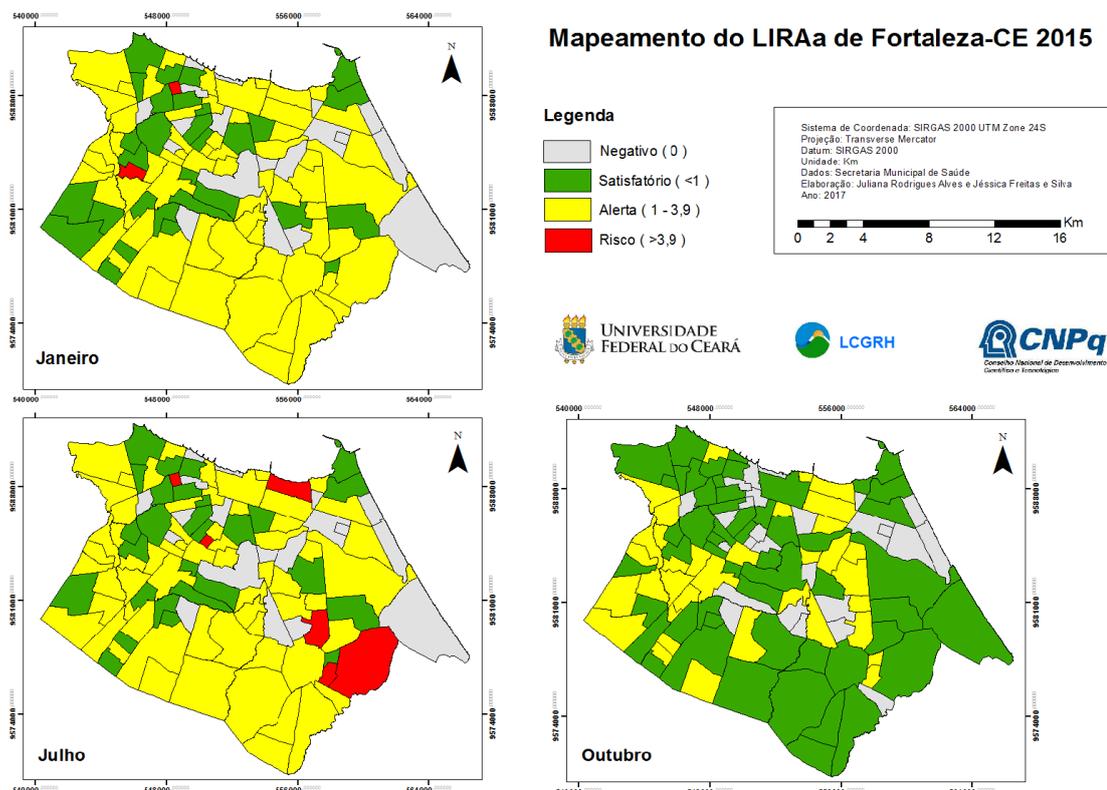
Figura 57 – Mapeamento do LIRAA de Fortaleza (2014)



Fonte: Elaborado pelo autor.

No ano de 2015, foram realizados três levantamentos, sendo estes nos meses de janeiro, julho e outubro (Figura 59). O mês de janeiro já apresenta dois bairros em estado de risco à infestação do vetor, são eles: Vila Ellery e João XXIII. Enquanto a maioria dos bairros de Fortaleza apresenta situação de alerta, poucos bairros estão em situação satisfatória, localizando-se no setor oeste da cidade. No mês de julho verifica-se um número maior de bairros em estado de risco, sendo eles os bairros de Vila Ellery, Meireles, Bom Futuro, Cambeba, Lagoa Redonda e Coaçu. Os estados de alerta e satisfatório mantem-se desde o levantamento de janeiro, apresentando variação espacial, porém em quantidade de bairros, matem-se quase o mesmo número. No mês de outubro não se verificam mais bairros em estado de risco de infestação predial, enquanto a situação satisfatória ganha importância espacial, tendo alguns bairros em estado de alerta, principalmente na região leste do município. Vale ressaltar que, 2015 apresentou um número considerável de casos de dengue, atingindo quase 60.000 casos.

Figura 58 – Mapeamento do LIRAA de Fortaleza (2015)



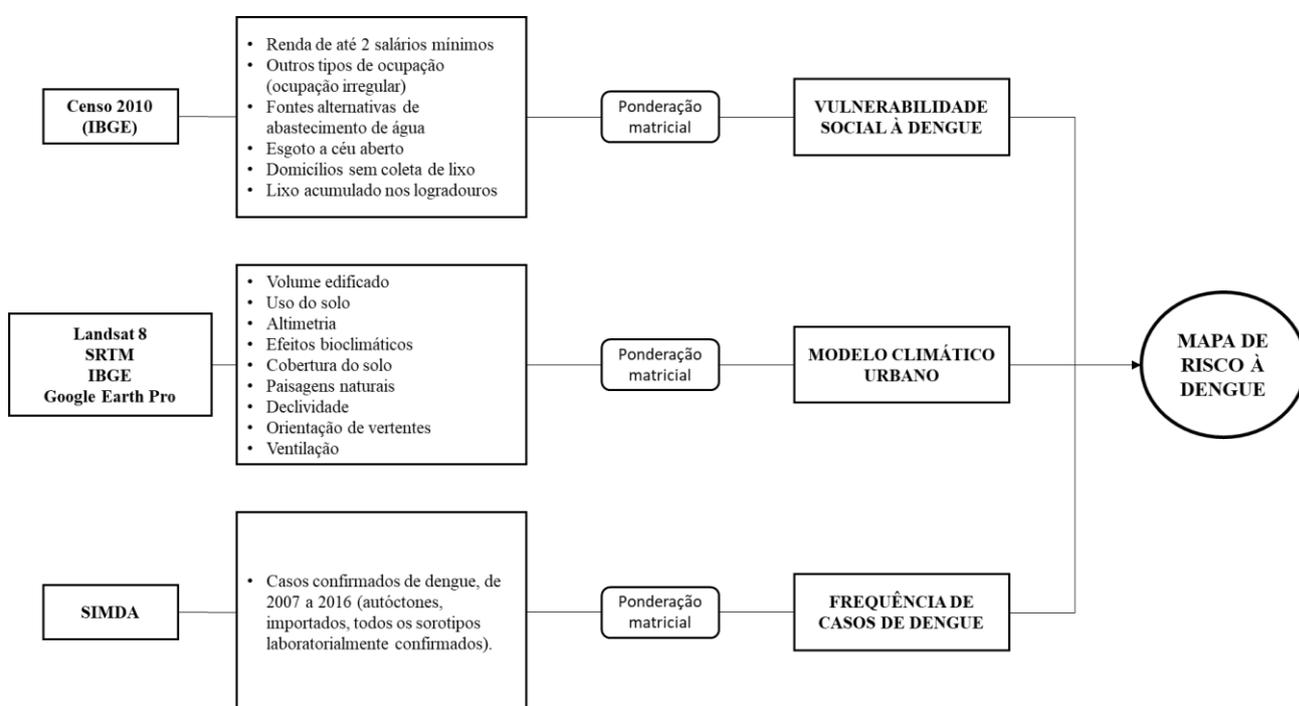
Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que, as situações de risco em relação ao IIP, estão ligadas ao período do ano a qual são analisadas. No decorrer do ano, é possível perceber que, estados satisfatórios de infestação vão diminuindo conforme a quadra chuvosa se aproxima, como nota-se no mês de abril de 2012, o mês representativo ao ápice do período chuvoso e que apresenta o maior número de bairros com estado de risco à infestação pelo vetor. Conforme passam os meses, a tendência é que haja diminuição dos bairros em estado de alerta e risco, aumentando os bairros que apresentam situação satisfatória.

8 MODELAGEM

Para a construção do modelo de risco à Dengue, foi necessária a compreensão das variáveis envolvidas no processo de proliferação do mosquito e ocorrência da doença. Os modelos serão: Modelo Climático Urbano; Vulnerabilidade Social à Dengue; e Frequência de Casos de Dengue. A partir de ponderação matricial foi gerado o Modelo Geral Simplificado de Risco à Dengue (Figura 60).

Figura 59 – Modelos utilizados na pesquisa



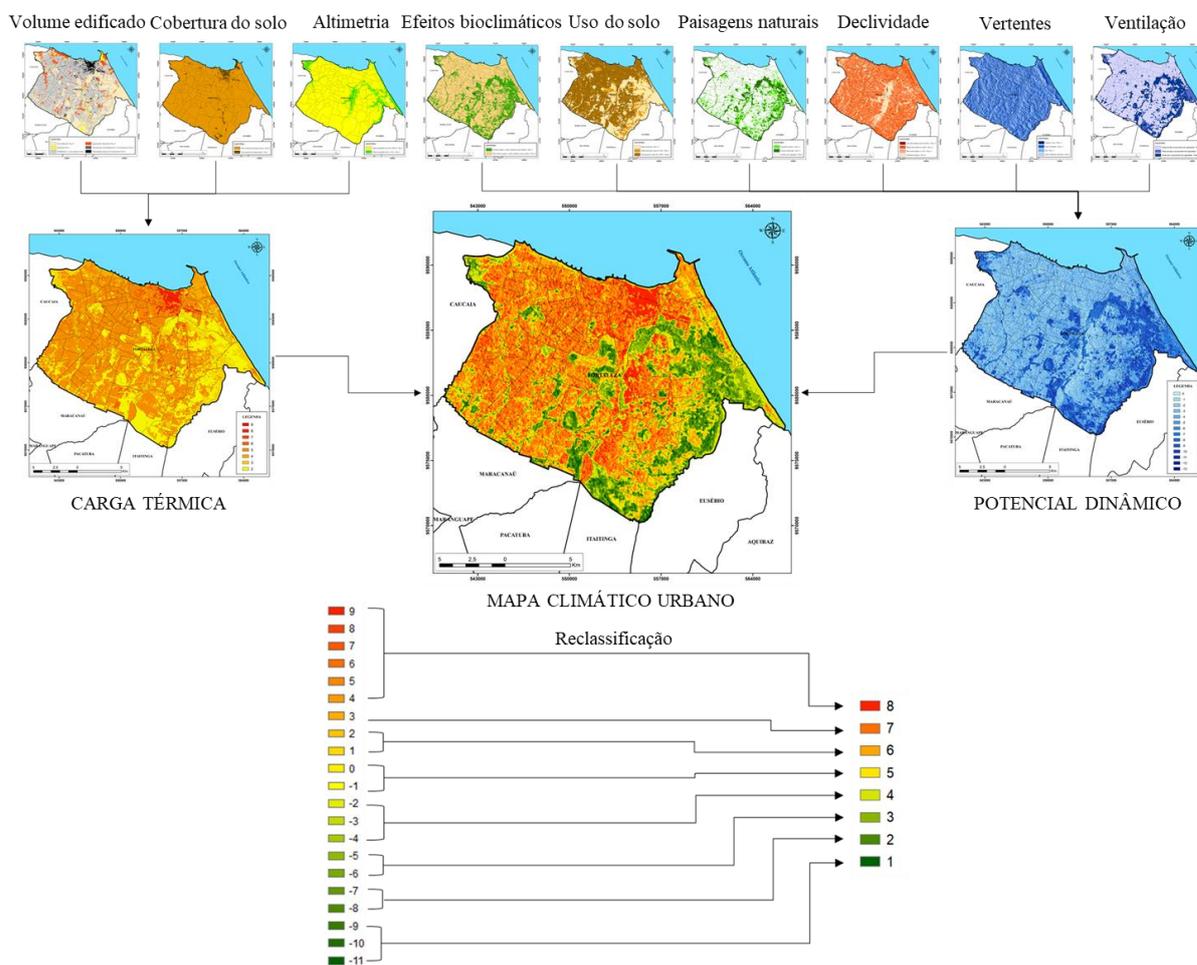
Fonte: Elaborado pelo autor.

8.1 UCMMap para o município de Fortaleza

O modelo de urbanização objetiva a produção de um mapa climático urbano, espacializando o potencial de aquecimento e arrefecimento através da área da cidade, baseando-se principalmente no uso e cobertura do solo, no relevo e na ventilação. Advém da metodológica proposta por Katzschner (1997) para elaboração do Mapa Climático Urbano (Urban Climate Map – UCMMap). Os valores dos pesos, quando positivos indicam a contribuição para um maior aquecimento urbano e quando negativos, apontam para o resfriamento. A ponderação das matrizes resultantes de cada mapa fornece valores que podem ser banalizados por índices de conforto térmico.

Objetivando a compreensão da dinâmica climática urbana, utilizou-se da operação *raster calculator*, para realizar a ponderação matricial das camadas vetoriais geradas através de sensoriamento remoto e vetores obtidos em órgãos oficiais. A soma das camadas gerou um mapa de Carga Térmica (ganho de calor, valores positivos) e Potencial Dinâmico (arrefecimento, valores negativos), que foram somados, finalizando o Mapa Climático Urbano do município de Fortaleza (Figura 61).

Figura 60 – Esquema de construção do UCMMap



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para entender o modelo climático urbano, é necessário então o detalhamento das camadas utilizadas na ponderação, sendo composta por nove camadas/layers, os quais sobrepostos geram componentes de possíveis aquecimento e arrefecimento da atmosfera urbana, tendo como base o ambiente natural e construído, que podem contribuir para a formação de ilhas de calor.

8.1.1 Camada 1: Mapa de volume edificado

É notório que, a geometria urbana possui alta complexidade, que influencia diretamente no microclima urbano. De acordo com Ribeiro (2013), de forma geral, em uma área urbana com alta densidade, pode acarretar uma redução do escoamento dos ventos, as altas densidades também reduzem o *sky view factor* - SVF, que é um dos responsáveis pelo retardamento no resfriamento das cidades, e é dito como o principal responsável gerador da ilha de calor, isso porque as edificações bloqueiam a radiação de ondas longas que seriam liberadas para atmosfera.

Fortaleza está inserido em um clima equatorial/tropical, de temperaturas e umidade relativa elevadas, desta forma, a influência destes ambientes densamente construídos constitui-se de forma negativa, tendo em vista o aumento eminente das temperaturas, gerando condições de conforto térmico de estresse ao calor.

Este mapa foi construído através da vetorização das classes tendo como base imagens do Google Earth Pro, onde foram delimitadas as classes de uso pertinentes para entender a dinâmica climática local. Após a vetorização, o arquivo *shapefile* foi convertido para matriz TIFF, mantendo o tamanho 30 de sua célula. Após a conversão foi realizada uma reclassificação do raster, gerando pesos para cada classe de uso do solo, indo de 0 a 5.

Em Fortaleza, o uso do solo é bastante diversificado, sendo verificada a presença de diferentes classes de uso do solo, que apresentam padrões construtivos distintos. As classes analisadas neste trabalho foram: Industrial; Residencial (1 e 2 pavimentos); Aglomerados subnormais; Verticalização intermediária (3 a 10 pavimentos); Verticalizado (acima de 10 pavimentos). A maioria do município encontra-se densamente ocupado, tendo algumas áreas sem edificação, principalmente as áreas de proteção ambiental, e as zonas de expansão ao sul da cidade.

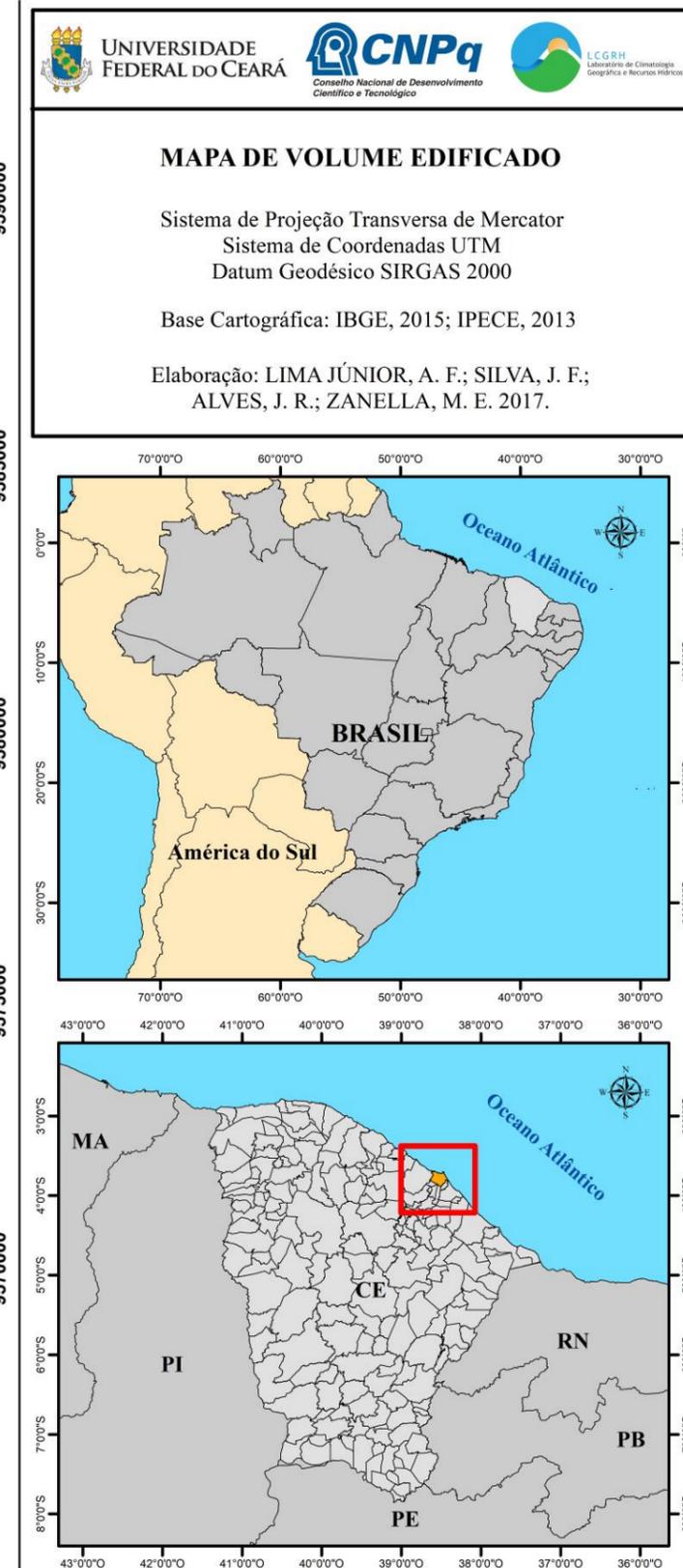
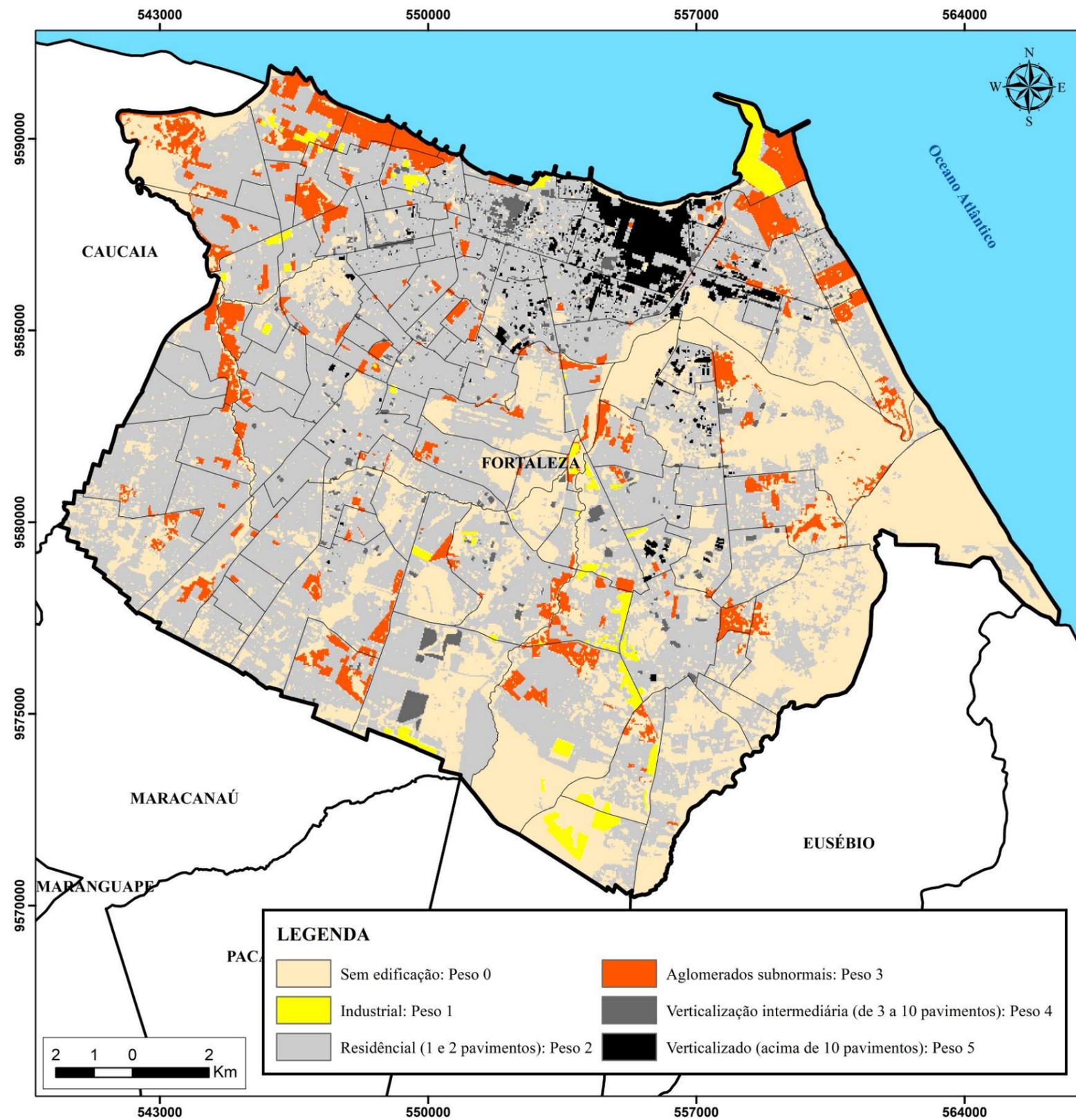
Sendo assim, no Mapa de volume edificado (Figura 62), é possível identificar que, o uso predominante em Fortaleza é residencial, com edificações de um e dois pavimentos. A área industrial compreende o setor oeste da cidade, ao longo da avenida Francisco Sá, antiga zona industrial, no qual remanescem algumas indústrias, destaca-se também o Porto do Mucuripe e a divisa com a RMF, como importantes áreas industriais. Os aglomerados subnormais foram adquiridos da base de dados do IBGE, são habitações precárias, com problemas de suporte básico, que acabam gerando condições de ocupação adensada e com materiais que contribuem para o aquecimento da atmosfera urbana. Os aglomerados subnormais são pontuados por todo o município, sendo as manchas mais representativas no

sul/oeste do município, no entorno dos leitos dos rios, com construções irregulares, manchas próximas à zona industrial do Mucuripe, e no extremo leste da cidade.

Fortaleza tem passado nos últimos anos por um intenso processo de verticalização, que tem expandido a malha de edifícios verticalizado para áreas residenciais da cidade. Por todo o município é possível perceber pontos de verticalização intermediária, principalmente no entorno de grandes avenidas e por construções planejadas, tanto pelo mercado privado imobiliário, como por programas de habitação popular, como o “Minha casa, minha vida”, do Governo Federal.

As áreas com verticalização consolidada constituem-se nos bairros mais nobres e na orla turística da cidade. Há verificação da presença de edifícios comerciais e residenciais no Centro, Benfica, Bairro de Fátima, Parquelândia entre outros, no entanto ocorrem de forma pontual, prevalecendo ainda as categorias residencial e verticalização intermediária. A verticalização acima de 10 pavimentos predomina na orla turística da Beira Mar, e nos bairros do setor leste do município, bairros como Meireles, Aldeota e Dionísio Torres possuem intenso uso por edifícios verticalizados, tanto para uso comercial, como pela iniciativa privada de condomínios predominantemente verticais.

Figura 61 – Mapa de volume edificado



Fonte: Elaborado pelo autor.

8.1.2 Camada 2: Mapa de uso do solo relativos aos ganhos antropogênicos

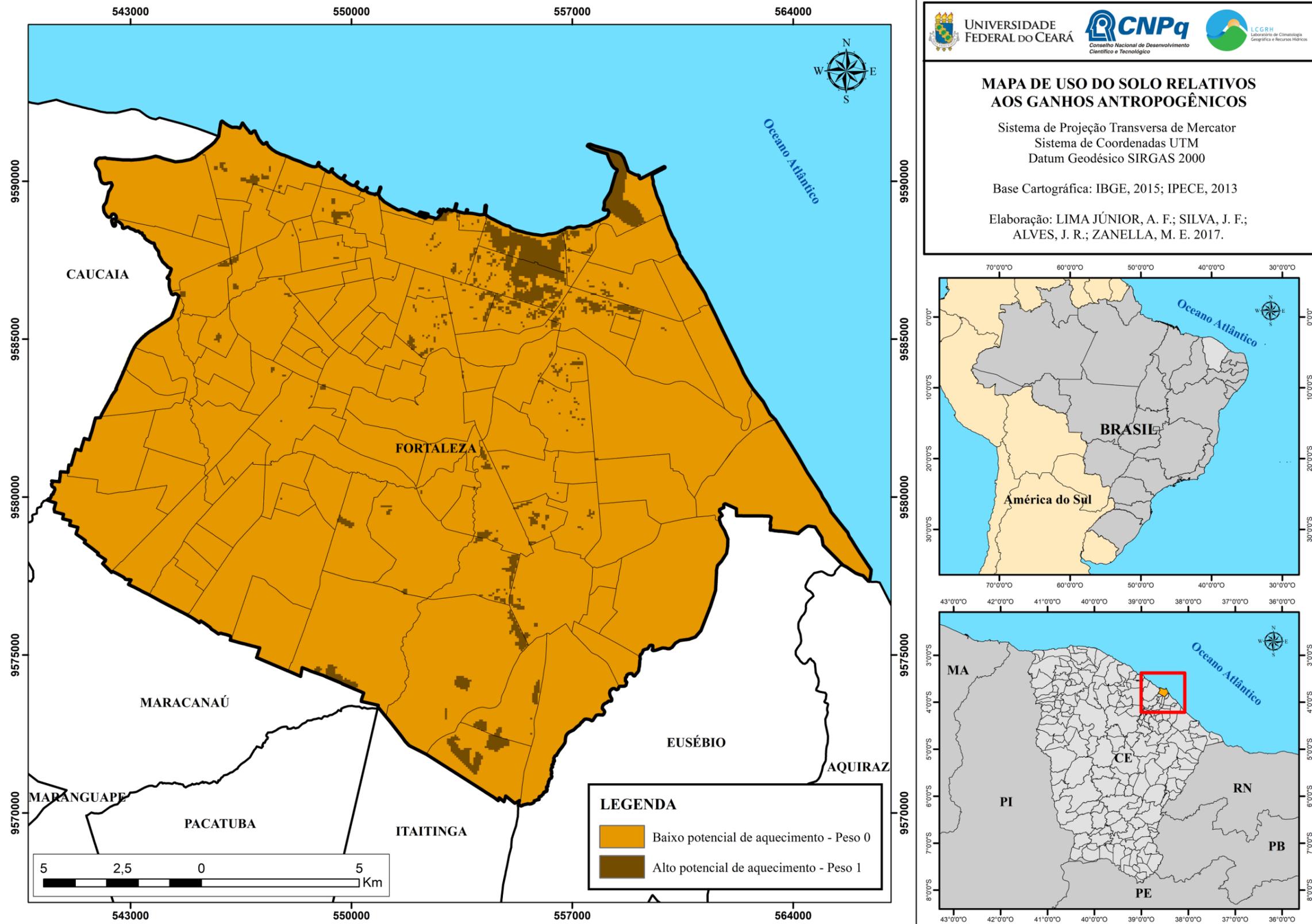
Determinadas atividades demandam maiores consumos de eletricidade e gás e apresentam maior potencial de aquecimento antropogênico em virtude do uso predominante, neste sentido foram definidas duas classes principais com base nas classes de uso do solo estabelecidas para toda a cidade. Desta forma, a partir do mapa anterior, foi realizada uma reclassificação, unindo classes, e gerando o Mapa de uso do solo relativos aos ganhos antropogênicos (Figura 63).

As classes subnormal, residencial e verticalização intermediária constituem em baixo potencial de aquecimento, representando peso 0 no modelo. No que se refere a esta classe, observa-se que praticamente toda a área do município apresenta esta categoria em relação aos ganhos antropogênicos.

Já as classes Industrial e Verticalizada, demandam altos consumos de eletricidade e gás, havendo assim alto potencial de aquecimento, no que se refere às atividades antropogênicas. Apesar de não possuir grande área construída em termos de extensão horizontal, as zonas industriais realizam atividades que demandam fontes de energia que produzem calor, o que gera situação de um maior potencial de aquecimento em relação às áreas com menor potencial antropogênico.

O comércio e serviço também demanda alta quantidade de energia para seu funcionamento, desta forma, compreendendo que, as áreas verticalizadas incluem uma parcela das áreas comerciais da cidade, entende-se que esta região contribui para um maior ganho de calor, além da alta concentração de pessoas em prédios residenciais verticalizados, também contribui, no sentido de haver uma alta demanda por energia.

Figura 62 – Mapa de uso do solo relativos aos ganhos antropogênicos



Fonte: Elaborado pelo autor.

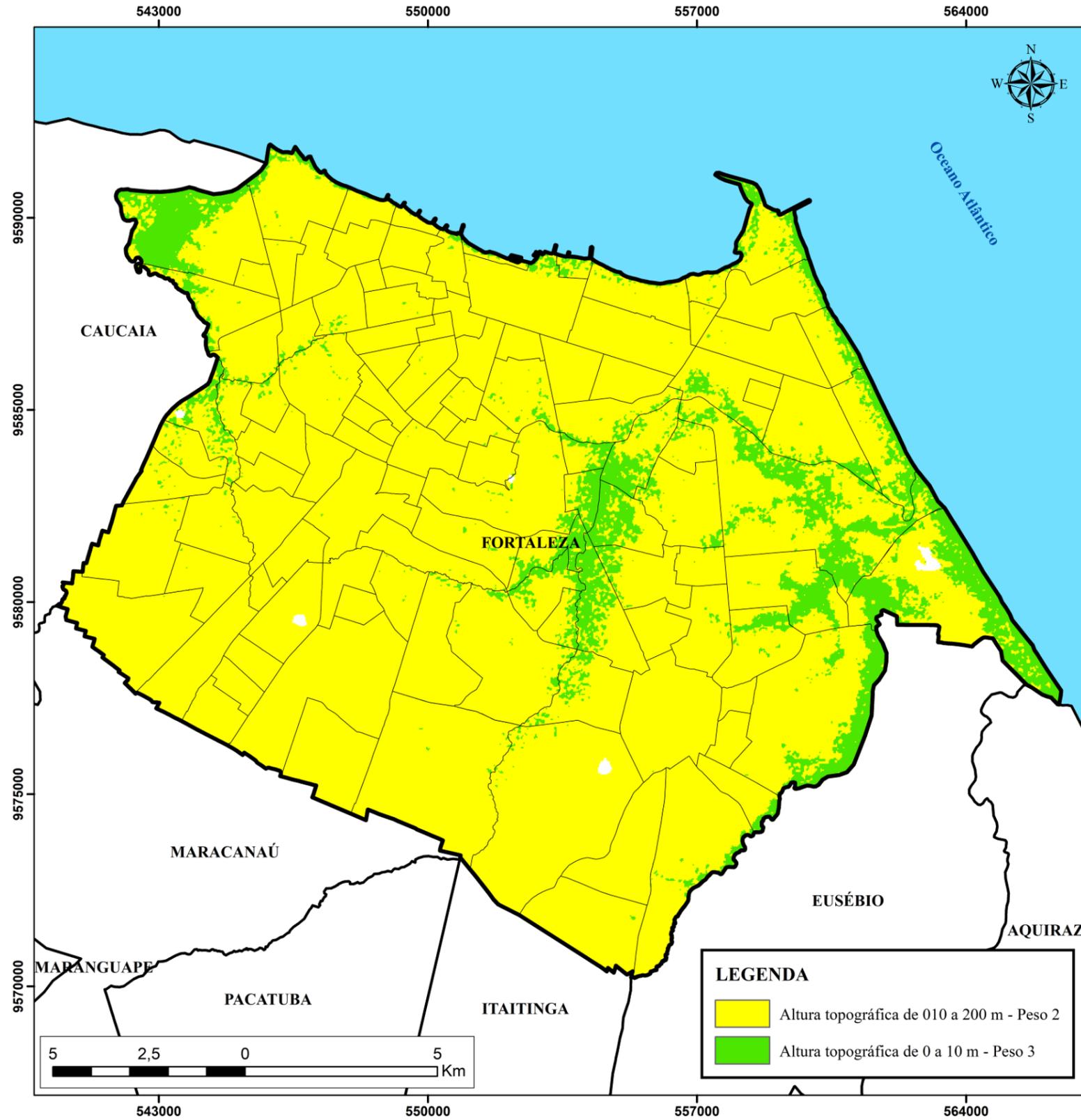
8.1.3 Camada 3: Mapa de Altimetria

Estudos demonstram que o movimento do ar aumenta acompanhando o valor de elevação (ARONIN, 1953), apresentando uma redução de cerca de 1° Celsius a cada 100 metros de aumento no valor de elevação e vice-versa. O aumento da rugosidade reduz o movimento do ar e, por conseguinte, o efeito da Ilha de Calor Urbana é maior nos valores mais baixos de elevação (HESSEN, 1996), sendo mais expressivos nos valores abaixo de 10 metros. Foram, então, estabelecidas 2 classes de altura topográfica a serem utilizadas: de 0 a 10 metros, peso 3; e de 10 a 200 metros, peso 2.

Para a elaboração do Mapa de altimetria (Figura 64), foi obtida imagem de radar SRTM, através do Serviço Geológico Americano, com resolução espacial de 30 metros, onde foi aplicada reclassificação, com o intuito de verificar a influência da altimetria na formação das ilhas de calor.

O município de Fortaleza possui relevo predominantemente plano sem grandes diferenças topográficas, a maior parte da cidade está na cota de 30 a 50 metros de altitude. Nesse sentido é possível destacar que parte do município está inserido no contexto onde os efeitos das Ilhas de Calor Urbanas são mais expressivos, na cota de 0 a 10 metros, principalmente nas faixas litorâneas e nas planícies fluviais e flúvio-marinhas, onde verifica-se alta ocupação. A maior parte do município fica inserido na classe de 10 a 200 metros, onde a intensidade das ilhas de calor são intermediárias em relação à classe anterior.

Figura 63 – Mapa de altimetria



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CNPq
LGRH
Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos

MAPA DE ALTIMETRIA

Sistema de Projeção Transversa de Mercator
Sistema de Coordenadas UTM
Datum Geodésico SIRGAS 2000

Base Cartográfica: IBGE, 2015; IPECE, 2013

Elaboração: LIMA JÚNIOR, A. F.; SILVA, J. F.; ALVES, J. R.; ZANELLA, M. E. 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor.

8.1.4 Camada 4: Mapa de efeitos bioclimáticos (vegetação urbana)

O sombreamento, que protege pedestres e superfícies da exposição do sol e interfere na velocidade do ar nas ruas, contribui para a redução da temperatura do ar na vizinhança, e, o arrefecimento promovido pela evapotranspiração da vegetação. Foram estabelecidas duas classes de vegetação urbana, com base na sua existência e ausência na área urbana.

Para a identificação dos espaços verdes do município utilizou-se o Índice de Área Foliar (IAF), através da imagem de satélite Landsat 8, de resolução espacial 30 metros. Segundo Benedetti et al. (2015), a primeira etapa da estimativa do IAF foi a transformação do número digital da imagem em radiância espectral monocromática para cada banda, utilizando a Equação (9) de Markham e Baker (1987). Os coeficientes de calibração mínimo e máximo e as irradiancias espectrais no topo da atmosfera foram obtidos de Chander et al. (2009).

Obtidas as reflectâncias das bandas, foi calculado o Índice de Área Foliar (IAF). No entanto, este índice depende da obtenção do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index), expresso pela razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (ρ_{VI}) e do vermelho (ρ_V), pela soma das mesmas, dado pela Equação, e também do Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (SAVI - Soil Adjusted Vegetation Index), proposto por Huete (1988) (Equação 10).

$$NDVI = \frac{\rho_{VI} - \rho_V}{\rho_{VI} + \rho_V} \quad (9)$$

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{VI} - \rho_V)}{L + \rho_{VI} + \rho_V} \quad (10)$$

Onde, L é uma função do tipo de solo. O seu valor mais frequente é $L = 0,5$ (Huete & Warrick, 1990; Accioly et al., 2002; Boegh et al., 2002).

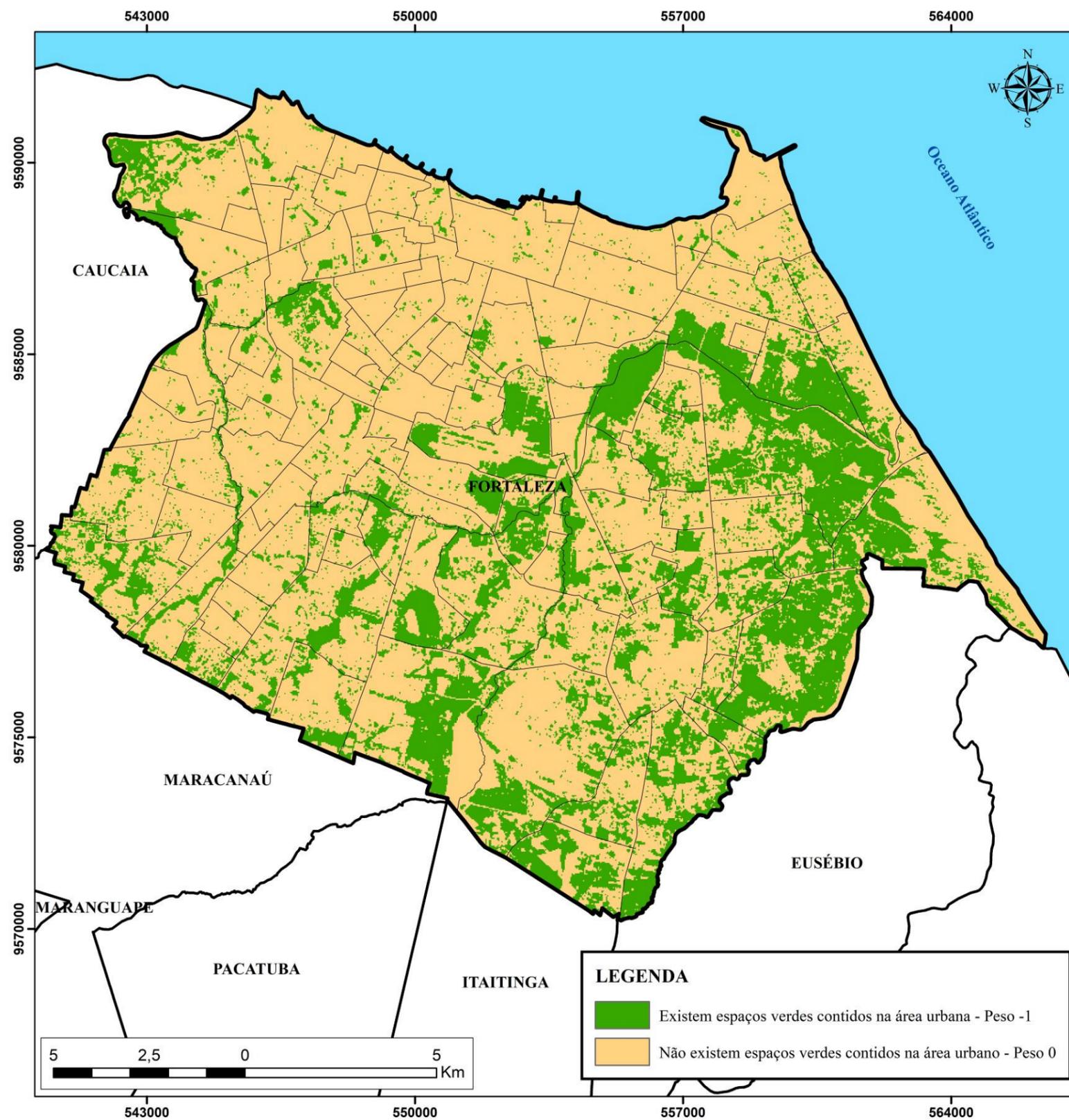
Desta forma, o IAF foi calculado pela equação empírica obtida por Allen et al. (2002) (Equação 11).

$$IAF = -\ln \left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59} \right) \cdot 0,91 \quad (11)$$

Em todo o município é possível perceber que há presença de vegetação por toda a área urbana. No entanto, as maiores concentrações de áreas vegetadas estão na região leste do município de Fortaleza, que compreende principalmente o Parque Ecológico do Cocó, a

“Floresta” do Curió, e as áreas de expansão urbana na RMF. Também se percebe que, as margens dos principais rios também mantem parte da vegetação. Áreas verdes institucionalizadas como o Parque Raquel de Queiroz, no Campus do Pici da UFC, localizado no setor oeste da cidade, também possuem grande importância na amenização das ilhas de calor.

Figura 64 – Mapa de efeitos bioclimáticos (espaços verdes urbanos)



MAPA DE EFEITOS BIOCLIMÁTICOS (ESPAÇOS VERDES URBANOS)

Sistema de Projeção Transversa de Mercator
 Sistema de Coordenadas UTM
 Datum Geodésico SIRGAS 2000

Base Cartográfica: IBGE, 2015; IPECE, 2013

Elaboração: LIMA JÚNIOR, A. F.; SILVA, J. F.; ALVES, J. R.; ZANELLA, M. E. 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor.

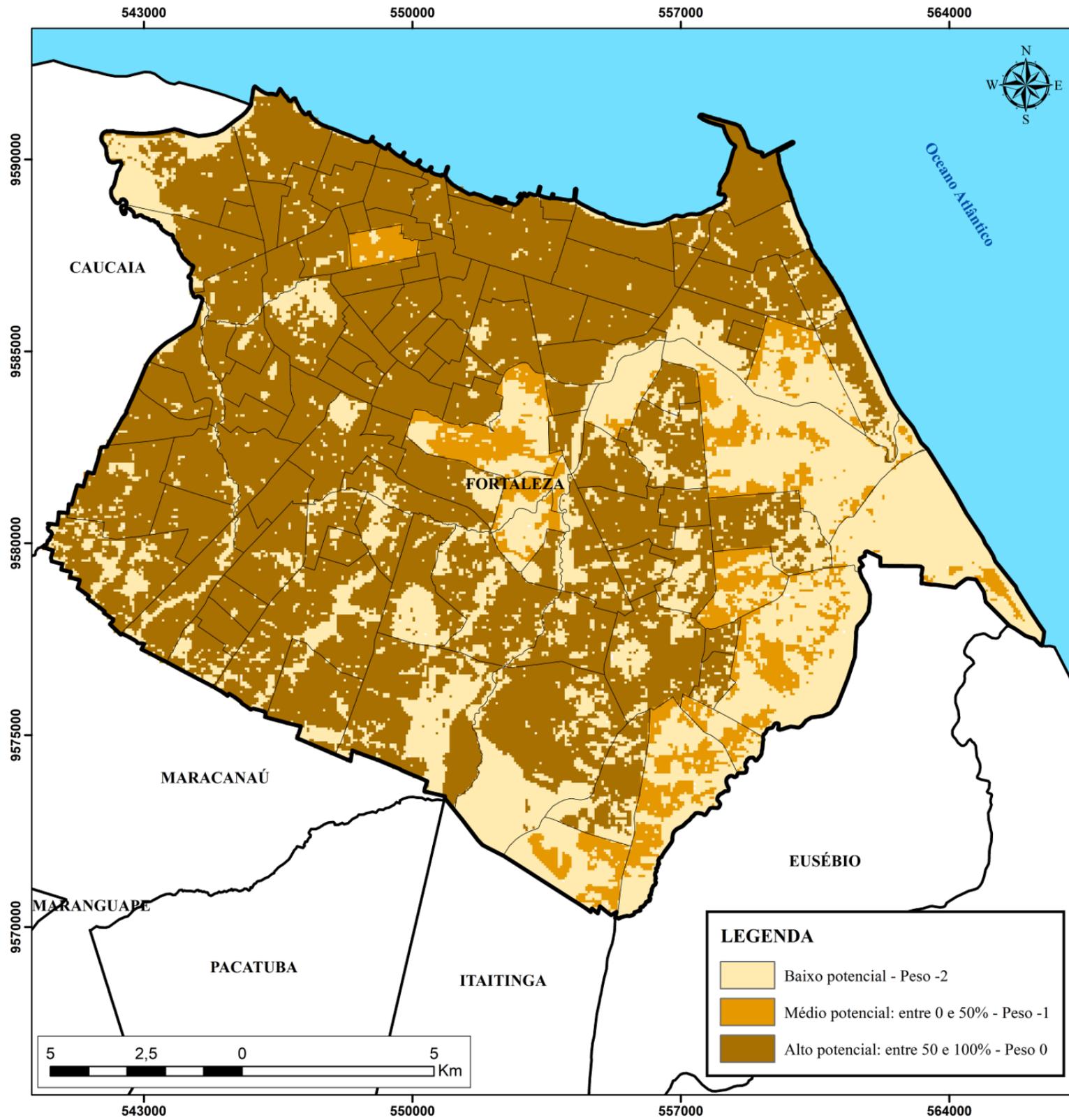
8.1.5 Camada 5: Mapa de cobertura do solo por edificações

Utilizando o mapa de volume edificado como base principal, foram calculadas estatisticamente as áreas das zonas de cobertura de edificação ou ausência da mesma por cada bairro, sendo assim foi tomado em consideração as classes que distinguem os padrões da edificação. Apresentando 3 classes finais, alto potencial (considerando entre 50% a 100% de cobertura do solo), médio potencial (entre 0 e 50%) e baixo potencial (áreas impermeáveis livres/áreas verdes).

Analisando o Mapa de cobertura do solo (Figura 66), percebe-se que, todo o município de Fortaleza apresenta densa cobertura do solo por edificações, sendo que a maior parte do município apresenta porcentagens entre 50 e 100% de cobertura, o que gera uma condição de adensamento capaz de interferir diretamente no clima da cidade, tendo em vista os poucos espaços abertos presentes.

Verifica-se na porção centro-leste, áreas com densidade edificada de 0 a 50%, que correspondem a áreas de expansão da cidade, as quais possuem ainda muitos espaços vegetados, no entanto a maioria aproxima-se dos 50% de cobertura do solo, caracterizando alta densidade edificada. Enquanto as áreas verdes, campo de dunas, solo exposto possuem uma importância significativa no setor leste do município, apresentando condições de baixo potencial.

Figura 65 – Mapa de cobertura do solo por edificação



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ **CNPq** Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico **LCGRH** Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos

MAPA DE COBERTURA DO SOLO POR EDIFICAÇÃO

Sistema de Projeção Transversa de Mercator
Sistema de Coordenadas UTM
Datum Geodésico SIRGAS 2000

Base Cartográfica: IBGE, 2015; IPECE, 2013

Elaboração: LIMA JÚNIOR, A. F.; SILVA, J. F.; ALVES, J. R.; ZANELLA, M. E. 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor

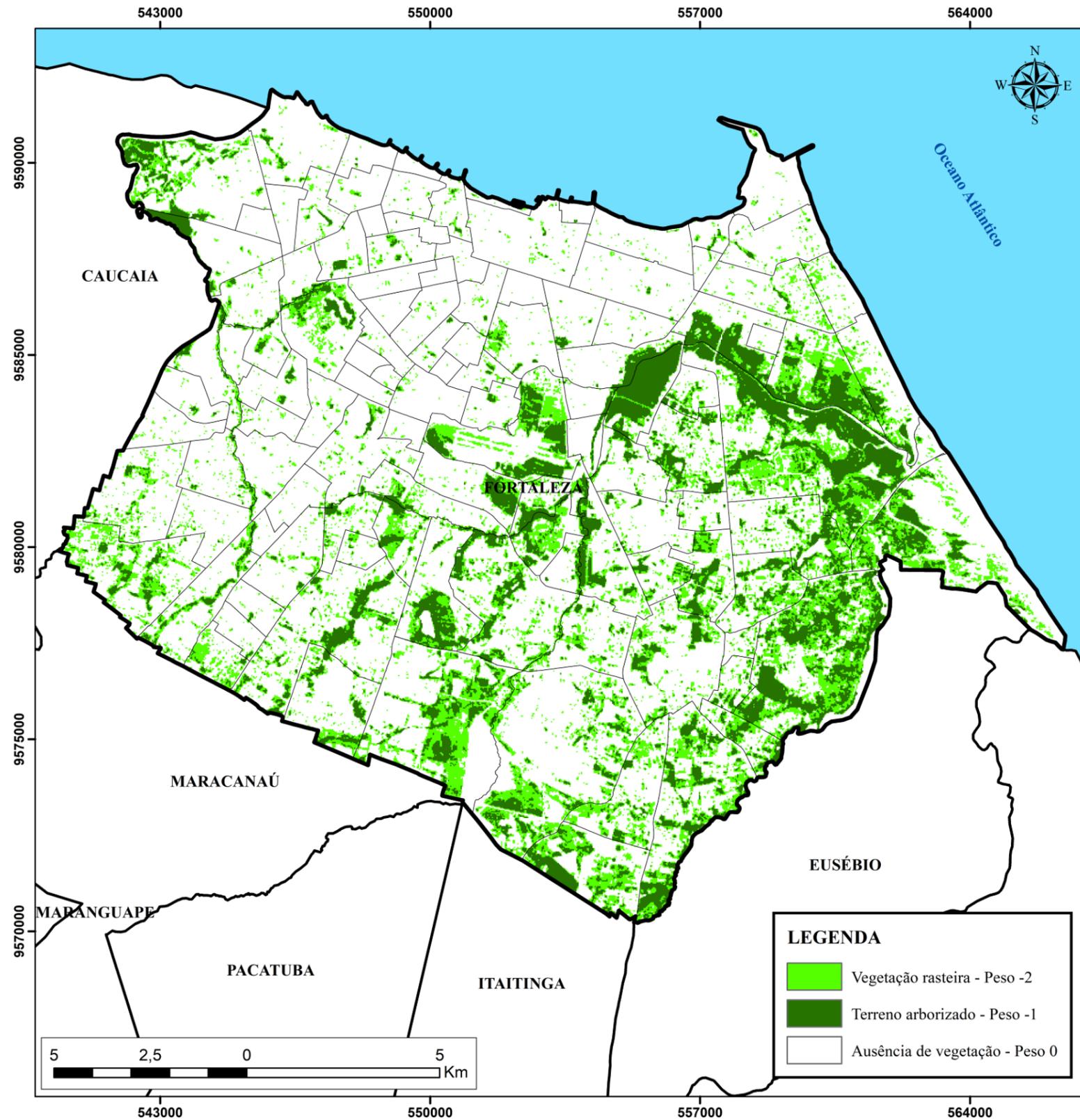
8.1.6 Camada 6: Mapa de paisagens naturais

O incremento das áreas verdes concorre para a redução dos efeitos da Ilha de Calor Urbana. A vegetação natural somada a declividade de encostas pode promover o resfriamento através dos movimentos de ar. Utilizando-se também do IAF, distingue-se entre classe de vegetação rasteira e classe de arborização, as quais terão os seguintes pesos: vegetação rasteira, peso -2; vegetação arbórea, peso -1.

A vegetação urbana é relevante por atuar como moderadora climática. Em regiões de clima quente e úmido, onde a temperatura é alta durante todo o ano, como no município de Fortaleza, os espaços verdes tornam-se fundamentais na busca da amenização climática, esses espaços contribuem para a absorção da radiação solar, irradiando menor quantidade de calor, gerando certo grau de conforto e desconforto ambiental das cidades.

No mapa de paisagens naturais (Figura 67), é possível notar que, a presença de vegetação arbórea é predominantemente nos leitos dos rios, parques ecológicos e parques urbanos, enquanto a vegetação rasteira predomina em todo o município.

Figura 66 – Mapa de paisagens naturais



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CNPq
LCGRH
Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos

MAPA DE PAISAGENS NATURAIS

Sistema de Projeção Transversa de Mercator
Sistema de Coordenadas UTM
Datum Geodésico SIRGAS 2000

Base Cartográfica: IBGE, 2015; IPECE, 2013

Elaboração: LIMA JÚNIOR, A. F.; SILVA, J. F.; ALVES, J. R.; ZANELLA, M. E. 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor

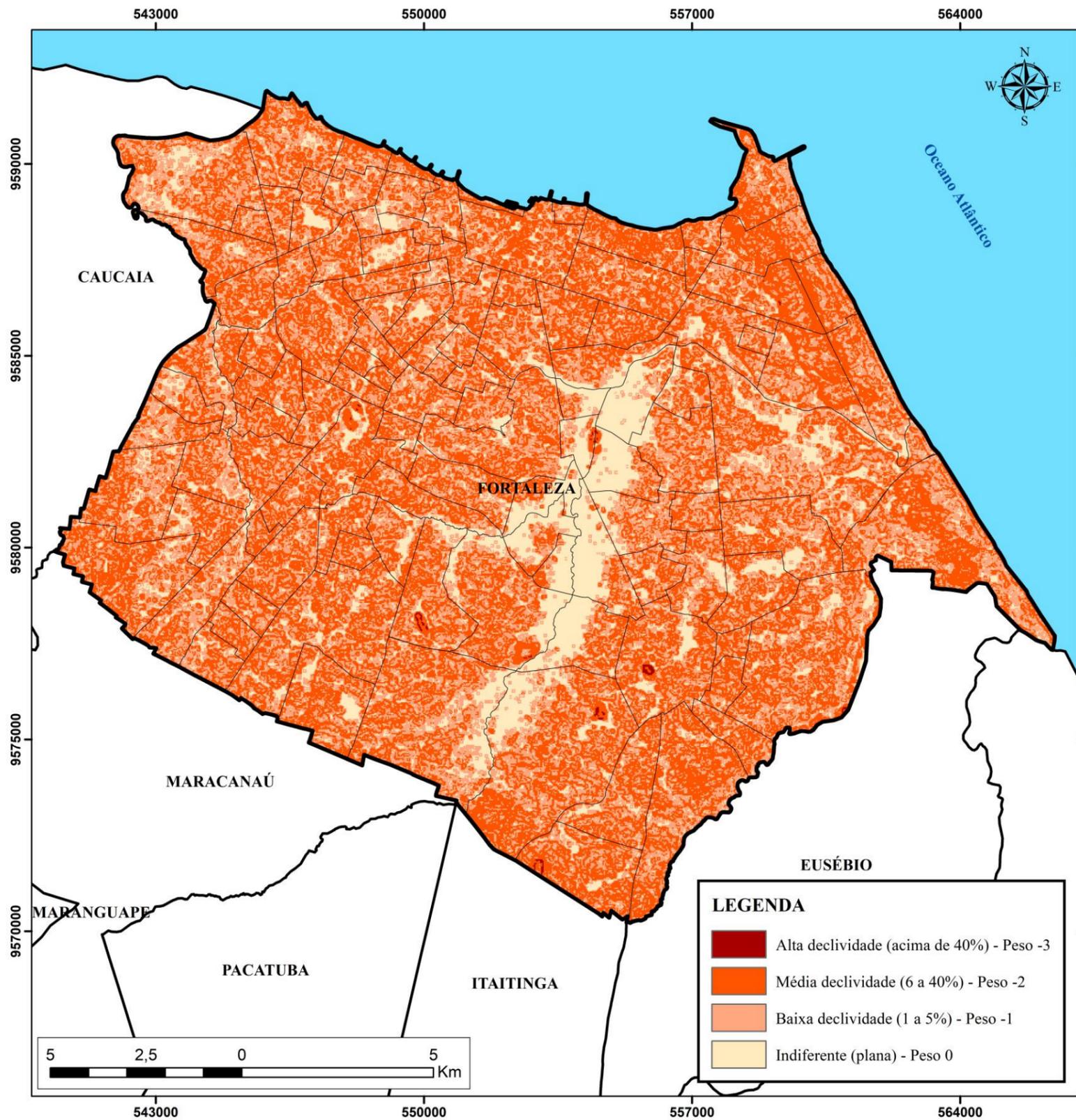
8.1.7 Camada 7: Mapa de declividade

A declividade influencia na dinâmica de ventilação através do movimento do ar. Os ventos descendentes advindos das encostas, ventos frios em consequência do balanço negativo de radiação, exercem efeito positivo nas áreas localizadas na base dos declives. Os ventos catabáticos ocorrem frequentemente ao longo de vales estreitos e declives acentuados. Apesar de não possuir grandes elevações e declividades, considera-se essa camada como influenciadora no potencial dinâmico do município de Fortaleza.

Com o uso da imagem de radar SRTM, reprojeta em SIRGAS 2000 UTM 24S, a mesma foi submetida ao processamento de Declividade da ferramenta de Análise Espacial com medida de saída para aumento percentual, para em seguida ser feita a classificação em 4 classes, sendo elas indiferente (áreas planas), baixa (áreas com declividade de 1 a 5%), média (áreas com declividade de 6 a 40%) e alta declividade (áreas com acima de 40%).

Fortaleza está inserida em um contexto geomorfológico de relevos relativamente plano, apresentando padrões de declividade plano e suave ondulado. Ao analisar o Mapa de declividade (Figura 68), percebe-se que nas grandes planícies fluviais, como do Rio Cocó, as declividades mantem-se indiferentes (0%), onde o relevo é plano, no entanto, observa-se que a maior parte do município se encontra em declividades entre 1 e 5%, representando boa parte da área urbana da cidade. Nota-se que existem alguns pontos onde a declividade chega até os 40%, áreas de média declividade, principalmente no campo de dunas localizado na zona leste. Poucos pontos acima de 40% de declividade são encontrados, sendo eles verificados principalmente na região sul do município.

Figura 67 – Mapa de declividade



LEGENDA

- Alta declividade (acima de 40%) - Peso -3
- Média declividade (6 a 40%) - Peso -2
- Baixa declividade (1 a 5%) - Peso -1
- Indiferente (plana) - Peso 0

MAPA DE DECLIVIDADE

Sistema de Projeção Transversa de Mercator
 Sistema de Coordenadas UTM
 Datum Geodésico SIRGAS 2000

Base Cartográfica: IBGE, 2015; IPECE, 2013

Elaboração: LIMA JÚNIOR, A. F.; SILVA, J. F.;
 ALVES, J. R.; ZANELLA, M. E. 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor

8.1.8 Camada 8: Mapa de orientação das vertentes

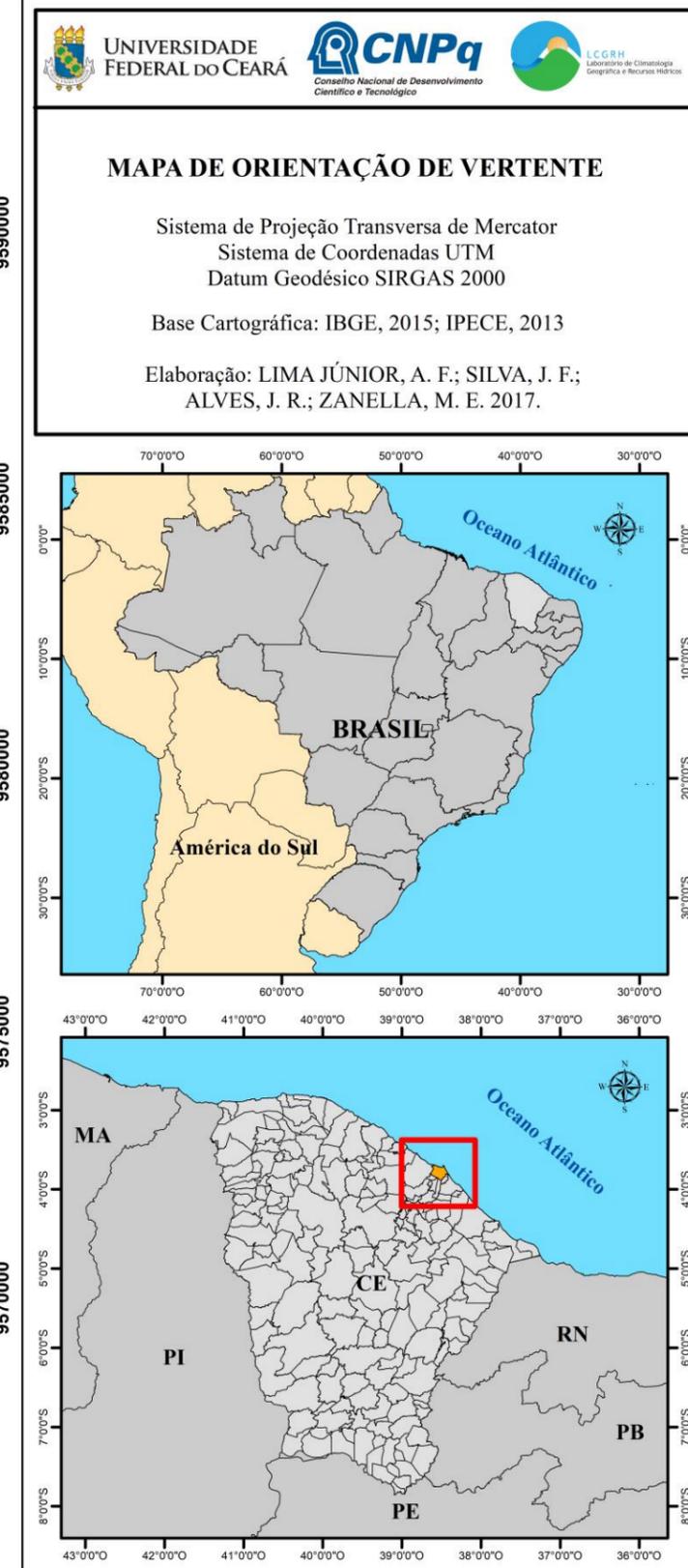
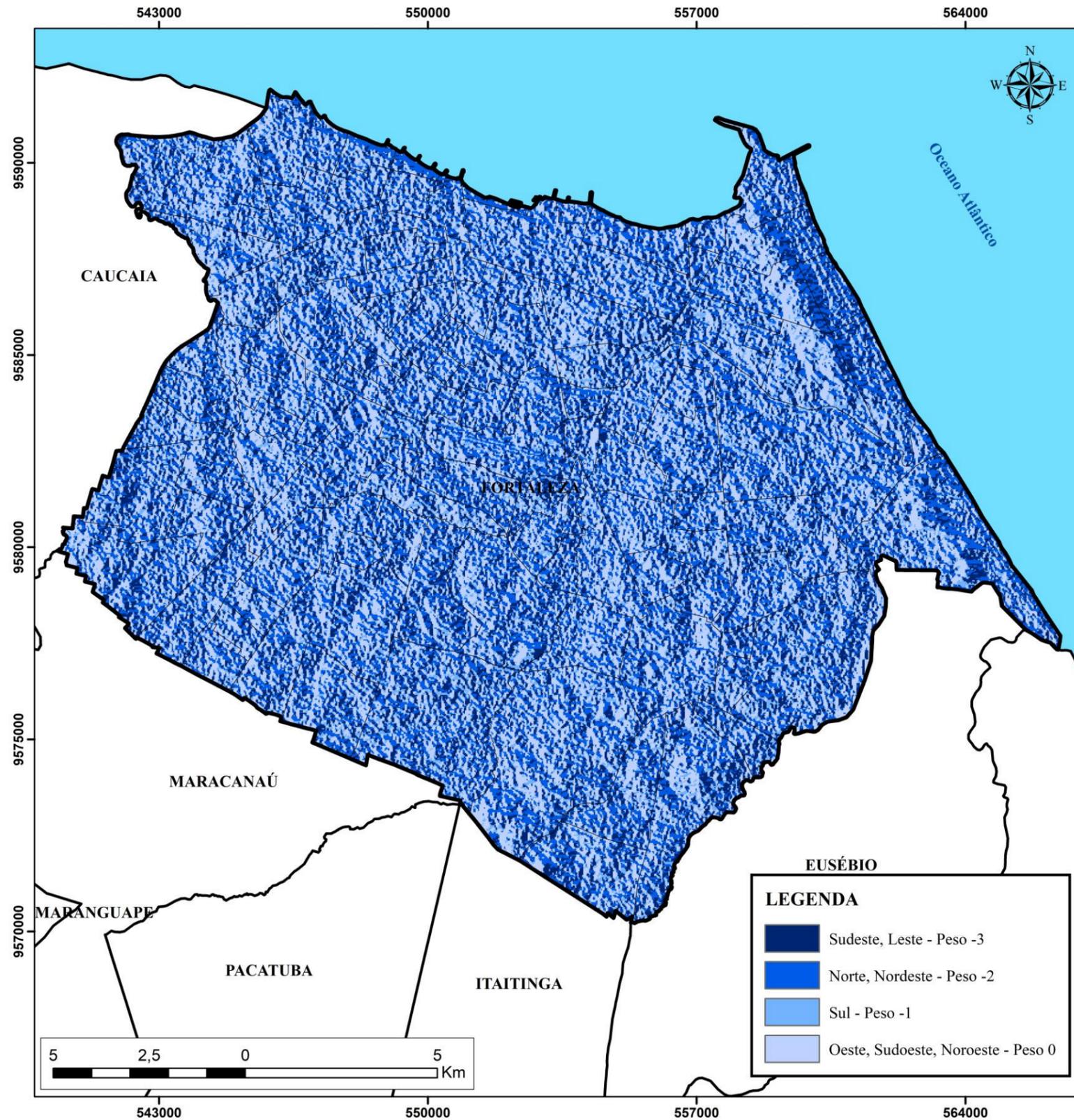
A orientação das vertentes pode contribuir para o arrefecimento dos ambientes urbanos, dependendo do hemisfério, as vertentes direcionadas à nascente, poente e ao norte e sul recebem maior radiação solar. No entanto, o município de Fortaleza localiza-se em baixas latitudes, em média 3° de latitude sul, o que contribui para que não haja grandes diferenciações em relação à distribuição da radiação solar, devido à orientação das vertentes.

No entanto, considera-se outro elemento qual é influenciado pela orientação das vertentes: o vento. Sabe-se que, o vento é um importante elemento para o arrefecimento das temperaturas e funciona como amenizador nos índices de conforto térmico. Sendo assim foi construído um Mapa de orientação de vertentes (Figura 69), tendo em vista que, as vertentes direcionadas para a entrada de ventos na cidade, possuem condições de arrefecimento para as ilhas de calor urbanas.

A imagem SRTM foi reprojetaada, sujeita a um tratamento de dados a partir da ferramenta Aspecto da Análise Espacial, com o intuito de realçar as orientações das vertentes, seguido da reclassificação destas em 4 classes preponderantes a influência sobre o clima urbano.

As classes e os pesos foram definidos de acordo com a influência direta dos ventos de macro escala. Como os ventos Alísios de Sudeste são os mais importantes em termos de atuação em toda a região Nordeste do Brasil, Ceará e portanto Fortaleza, verificou-se que as principais direções de entrada dos ventos são de Leste e Sudeste, portanto esses receberam os maiores pesos para arrefecimento em relação à direção das vertentes (peso -3), as vertentes viradas à Norte e Nordeste receberam peso -2, em decorrência da entrada dos ventos Alísios de Nordeste durante a quadra chuvosa, enquanto as vertentes ao Sul receberam peso -1, pois foi verificado por estações meteorológicas a entrada de ventos por essa direção em menores proporções. Já as vertentes Oeste, Noroeste e Sudoeste, receberam peso 0 para o arrefecimento.

Figura 68 – Mapa de orientação de vertente



Fonte: Elaborado pelo autor

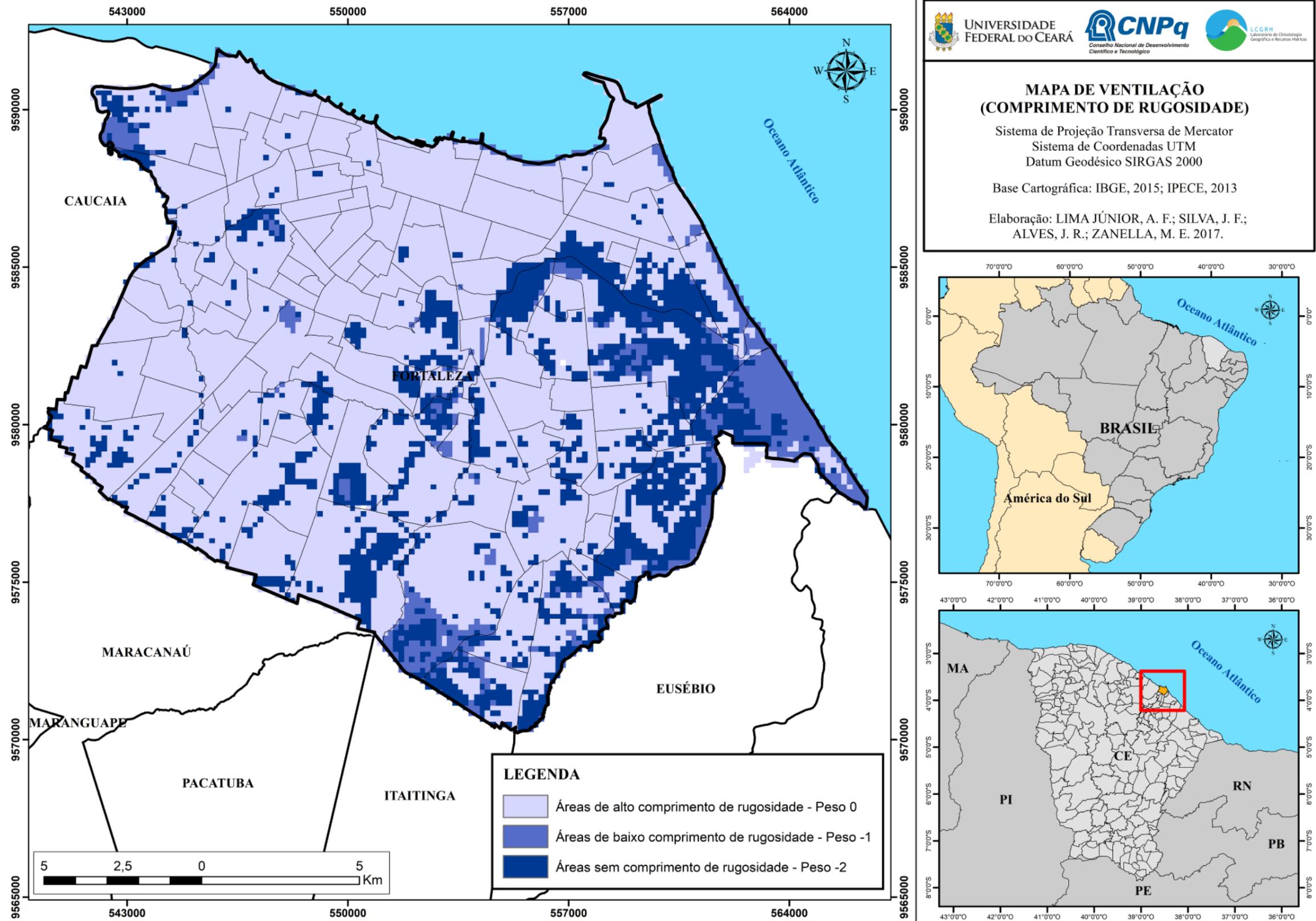
8.1.9 Camada 9: Mapa de comprimento de rugosidade

De acordo com o tipo de cobertura do solo há maior ou menor comprimento de rugosidade, o qual influencia no potencial de arrefecimento. Com o emprego do mapa de volume edificado como base, foi necessário a reclassificação das áreas em 3 classes, para assim evidenciar as áreas com maior potencial de arrefecimento, obtendo assim as áreas: de alto comprimento de rugosidade com as zonas edificadas (incluindo as zonas residenciais, industriais, e verticalizadas), áreas de baixo comprimento de rugosidade com as zonas impermeabilizadas sem edificações (com as vias, e corpos hídricos) e por fim, áreas sem comprimento de rugosidade (que são as áreas verdes não edificadas, que possuem efeito acumulativo favorável).

O Mapa de ventilação (Figura 70), trata da ventilação em relação ao ambiente urbano e seus diferentes comprimentos de rugosidade. Foram estabelecidas diferentes classes para entender o potencial de arrefecimento deste elemento urbano.

A maioria do município de Fortaleza está inserido em um contexto de alto comprimento de rugosidade, tendo em vista que a maior parte da área urbana está entre as classes verticalizada e residencial, com poucas áreas livres (peso 0), o que contribui para um barramento da ventilação urbana. Poucas áreas estão inseridas nos baixos comprimentos de rugosidade (peso -1). Enquanto as áreas de vegetação contribuem como efeito cumulativo, recebendo peso -2.

Figura 69 – Mapa de ventilação (comprimento de rugosidade)



Fonte: Elaborado pelo autor

8.1.10 Mapa de carga térmica

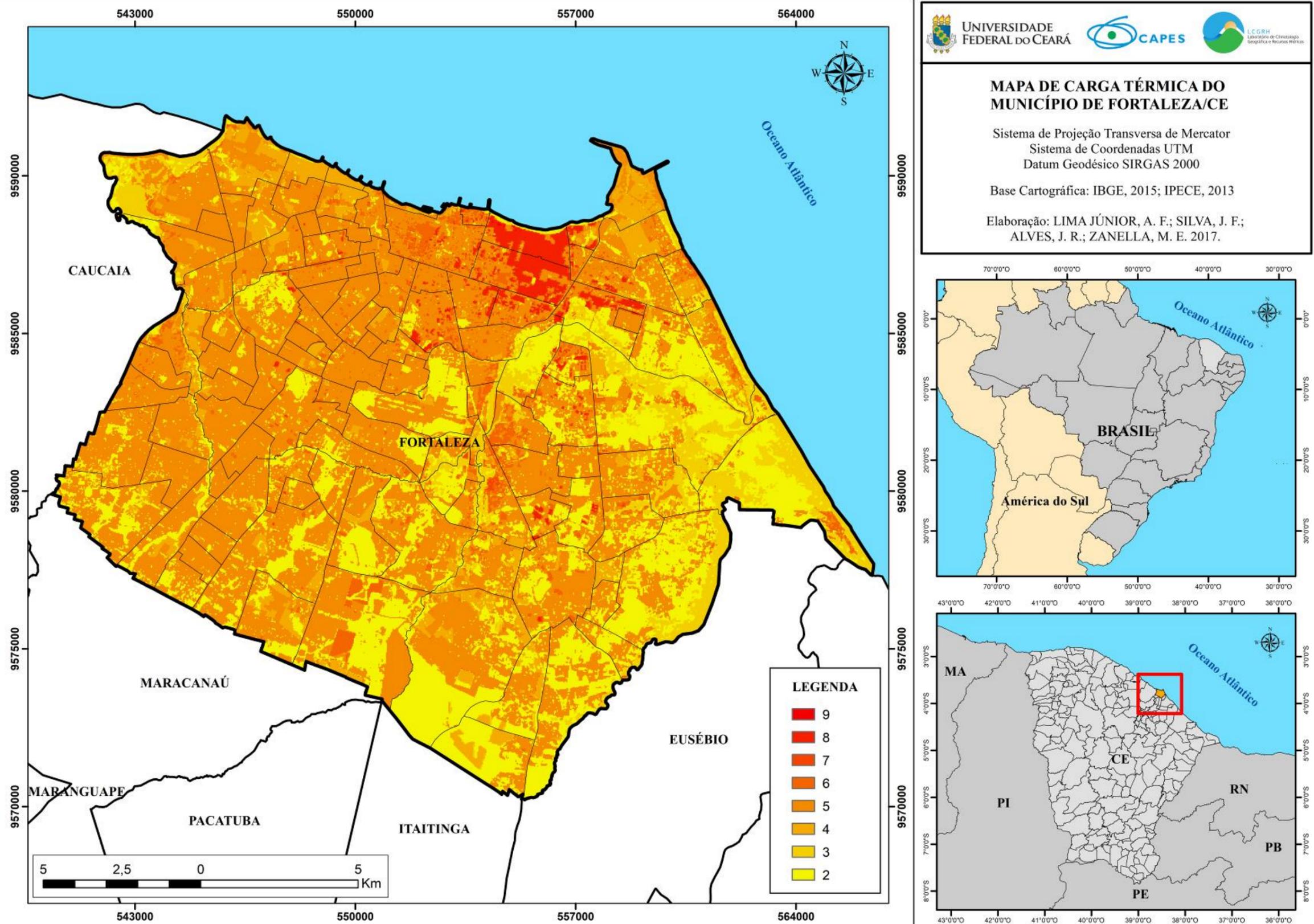
Com a sobreposição dos mapas de volume edificado, uso do solo relativos aos ganhos antropogênicos e altimetria, chegou-se ao mapa de carga térmica. A partir deste, é possível identificar aspectos distintos da morfologia urbana de Fortaleza.

Em Fortaleza, a sobreposição de camadas para a elaboração do Mapa de carga térmica (Figura 71), gerou 8 classes. Essas classes refletem a capacidade de elevação da temperatura do ar (pois são valores positivos de agregação) por parte dos elementos analisados que compõem a superfície territorial da cidade.

A classe 2, contribui para o arrefecimento das temperaturas na cidade, devido as suas características naturais e de morfologia, são áreas mais rebaixadas, com menos de 10 metros de altitude, onde a intensidade das ilhas de calor urbanas são amenizadas, são áreas com pouca ou nenhuma edificação, muitas vezes compreendendo zonas de proteção ambiental, com baixo potencial de calor por ganhos antropogênicos, devido a restrição em seu uso.

As classes 3 e 4 representam áreas que são entendidas como medianas no que se refere ao potencial de ganho de calor, são caracterizadas como áreas residenciais, com baixa verticalização. As áreas que compreendem as classes de 5 a 9, representam as com o maior potencial de ganho térmico devido as características urbanas apresentadas, além do cunho residencial de até dois pavimentos, essas áreas apresentam intensa verticalização, tanto intermediária como acima de 10 pavimentos, diminuindo o SVF, e contribuindo para a formação das ilhas de calor urbanas no município.

Figura 70 – Mapa de carga térmica



Fonte: Elaborado pelo autor

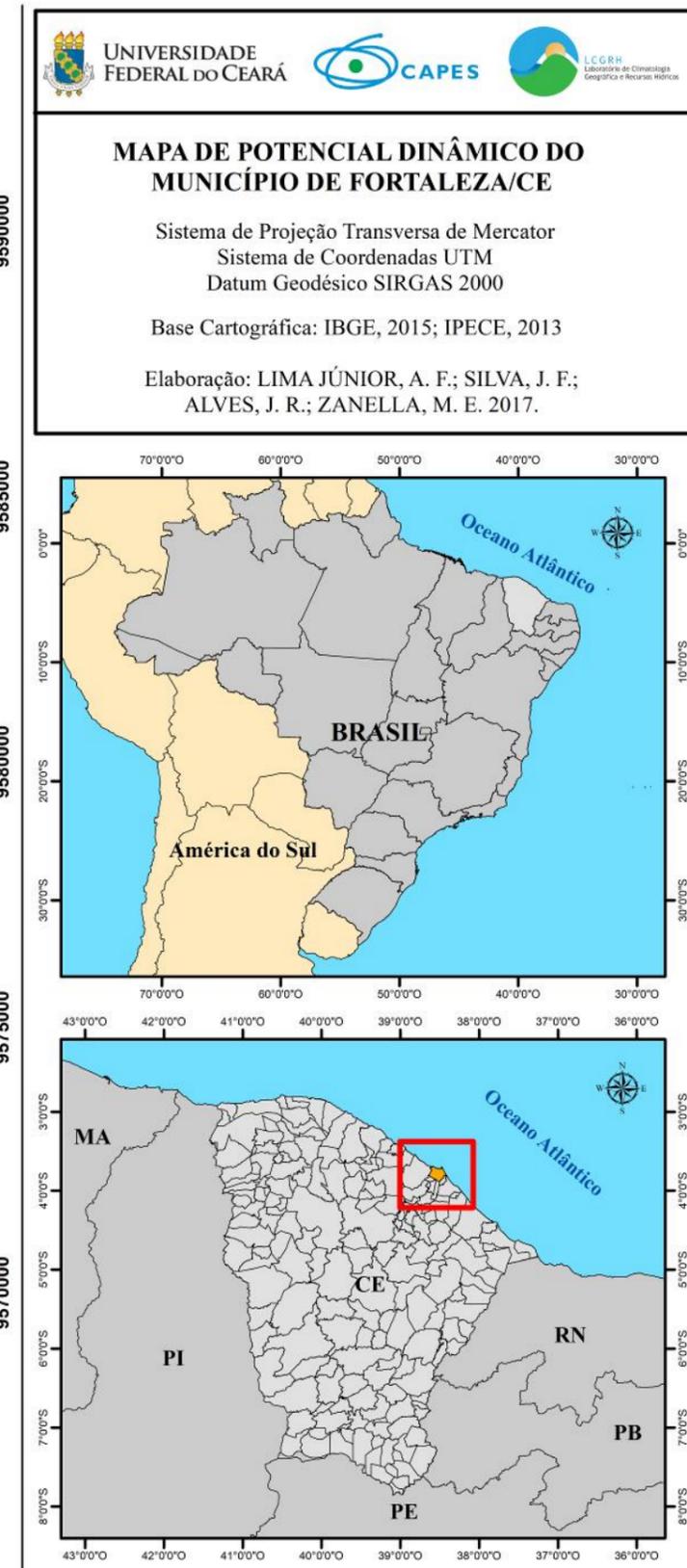
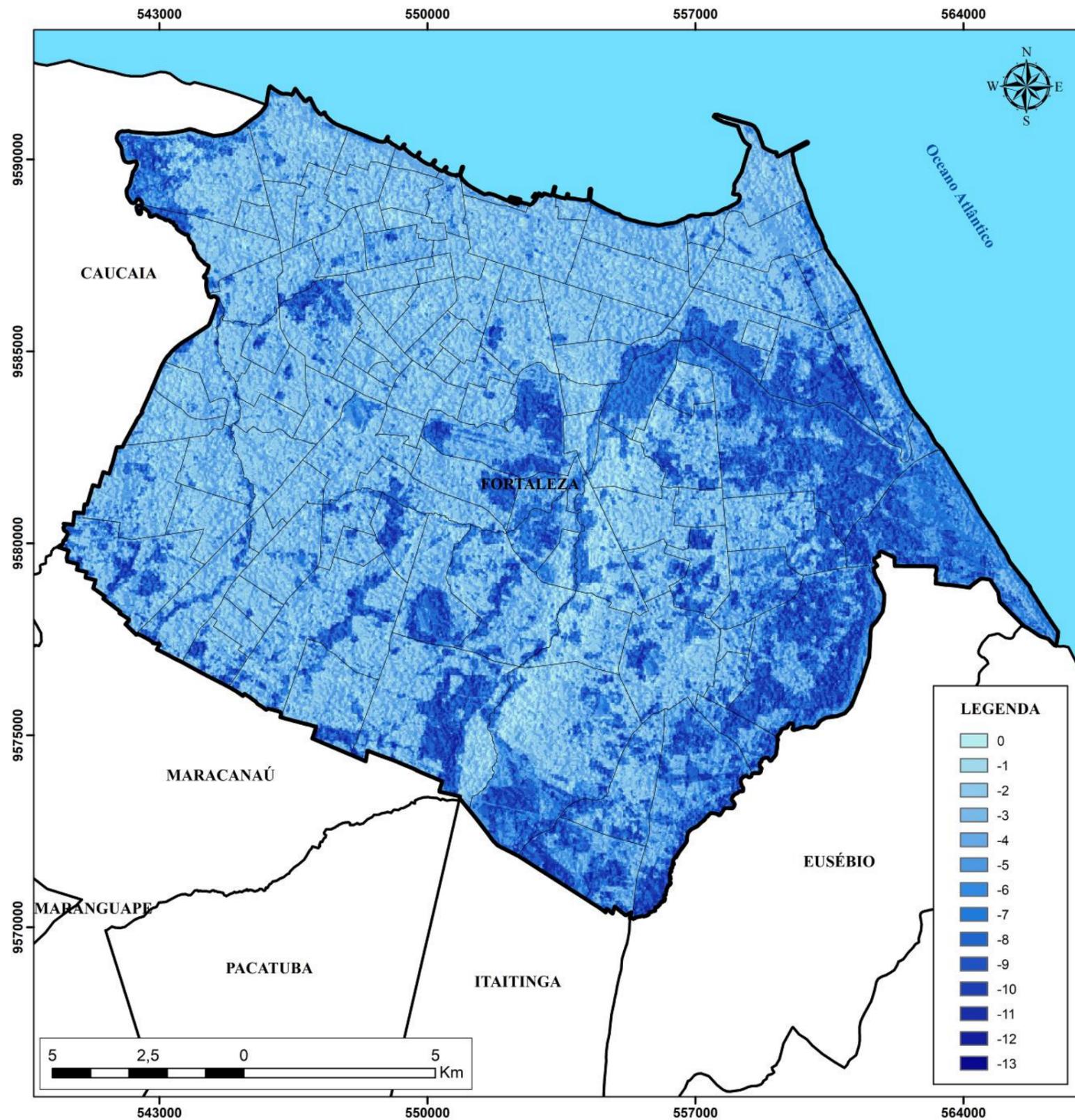
8.1.11 Mapa de potencial dinâmico

O mapeamento do potencial dinâmico (Figura 72) integrou os mapas de efeitos bioclimáticos, de cobertura do solo, paisagens naturais, declividade, orientação das vertentes e ventilação. Os mapas que compreendem a cobertura do solo permitem obter a influência que os edifícios provocam na diminuição da velocidade do vento no meio urbano. A presença de espaços verdes influencia diretamente no sombreamento, na dissipação de energia, e valores de umidade relativa do ar, de maneira positiva, amenizando as ilhas de calor urbanas. Declividade e orientação das vertentes geram condições favoráveis ou não ao recebimento dos ventos de macro escala, podendo ter efeitos positivos sobre os microclimas. O comprimento de rugosidade interfere diretamente na ventilação urbana.

A análise do Mapa de potencial dinâmico revela que a maior parte do município está sob influência de potencial dinâmico em relação à ventilação. Os locais mais potencialmente dinâmicos são as áreas vegetadas e livres de edificações, com baixas rugosidades e vertentes à leste/sudeste, recebendo forte influência dos ventos de macro escala, alcançando valores de -6 a -13 nas classes de arrefecimento climático.

Enquanto as zonas residenciais e subnormais possuem um médio potencial de arrefecimento, as áreas industriais, e de verticalização intermediária e intensa são as com os menores valores de potencial dinâmico, de 0 a -5.

Figura 71 – Mapa de potencial dinâmico

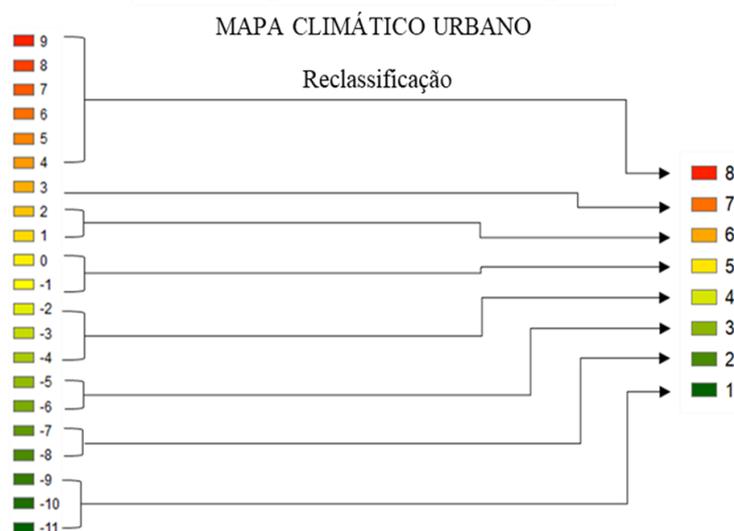


Fonte: Elaborado pelo autor

8.1.11 Mapa de análises climáticas

A criação do Mapa das análises climáticas se deu pela adição dos valores de classificação existentes nas camadas de carga térmica e potencial dinâmico. Para Fortaleza, essa adição realizada dentro do SIG ArcGIS 10.4, resultou em vinte e uma categorias de classificação numa escala de valores de -11 a 9. Com o propósito de facilitar o entendimento dos aspectos climáticos para o planejamento urbano, os valores extremos da escala de valores resultantes da sobreposição das camadas de carga térmica e potencial dinâmico, devem ser reclassificados e agrupados, enquanto que os valores médios devem ser mantidos. Desse modo, foi realizada a reclassificação de acordo com as quebras naturais no *software* SIG (Figura 73).

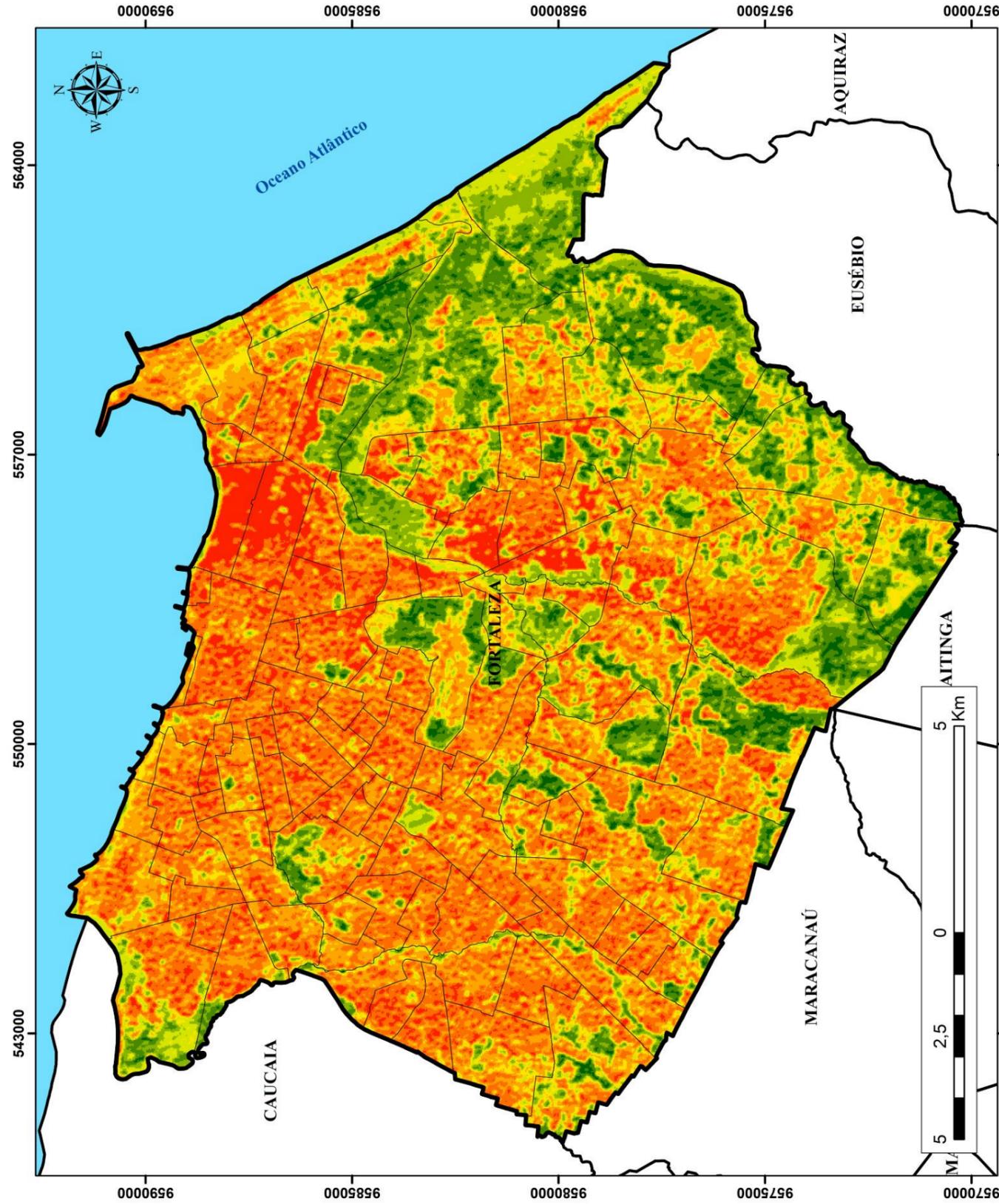
Figura 72 – Reclassificação das classes do Mapa Climático Urbano



Fonte: Elaborado pelo autor

Do agrupamento e reclassificação das onze categorias, formaram-se oito classes climáticas que caracterizam as regiões da cidade, obedecendo a critérios que contribuem para aquecimento ou esfriamento do ar. Desta forma, o Mapa de análise climática urbana (Figura 74), foi dividido em 8 classes, seguindo a metodologia de Ribeiro (2013), onde são indicadas nomenclaturas e impactos para o conforto térmico para o município de João Pessoa/PB.

Figura 73 – Mapa climático urbano de Fortaleza/CE



CLASSES	NOME	IMPACTO NO CONFORTO TÉRMICO	DESCRIÇÃO	AVALIÇÃO
1	Resfriamento do ar	Moderado	Áreas vegetadas ou próximas a corpos d'água	Muito importante para amenização climática – Alta proteção
2	Renovação e circulação de ar	Leve	Mats, bosques e campos verdes	Importante na circulação dos ventos – Preservar
3	Atividade climática baixa	Neutro	Áreas pouco adensadas, muitos espaços abertos e presença de vegetação	Não afeta o aumento da temperatura do ar – Permitido alterações no adensamento
4	Atividade climática relevante	Leve	Áreas adensadas por pequenas edificações residenciais, presença de espaços abertos e baixa rugosidade	Relevante influencia no clima – Alterações no adensamento voltado a dinâmica dos ventos
5	Carga térmica baixa	Moderado	Casas e blocos residenciais de quatro pavimentos, poucos espaços verdes e rugosidade baixa	Sem altas cargas térmicas – fornecer vegetação
6	Carga térmica relevante	Moderadamente Forte	Áreas fortemente adensadas por edificações residenciais de baixa altura – impõe considerável rugosidade	Conforto térmico já prejudicado – Fornecer vegetação e reduzir a impermeabilização do solo
7	Carga térmica alta	Forte	Áreas adensadas com edificações, escassez de vegetação e de espaços abertos – rugosidade elevada	Efeitos negativos – mitigar por ações que favoreçam a ventilação e vegetação
8	Ilha de calor	Muito Forte	Áreas com elevado adensamento, baixa permeabilidade do solo e pouca vegetação – rugosidade mais alta	Efeitos críticos – ação de saneamento sob os aspectos do clima

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CNPq
 Comitê Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

MAPA CLIMÁTICO URBANO DE FORTALEZA/CE

Sistema de Projeção Transversa de Mercator
 Sistema de Coordenadas UTM
 Datum Geodésico SIRGAS 2000

Base Cartográfica: IBGE, 2015; IPECE, 2013

Elaboração: LIMA JÚNIOR, A. F.; SILVA, J. F.; ALVES, J. R.; ZANELLA, M. E. 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando o Mapa climático urbano do município de Fortaleza/CE, percebe-se que as áreas com maior potencial dinâmico, coincidem com as zonas moderadas, leves e neutras nas perspectivas de conforto térmico, intercalando em tons de verde no mapa. Essas áreas são deveras importantes para a amenização climática, sendo as classes 1 e 2 de alta proteção e preservação, pois tem influência direta nas áreas vizinhas, sendo áreas vegetadas ou próximas a corpos hídricos. As classes 3 e 4 são pouco adensadas ou adensadas por pequenas edificações, com a presença de vegetação e espaços abertos, sendo assim permitidas alterações no adensamento, com índices de influência no conforto variando de neutro a leve.

A classe 5 representada no mapa pela coloração amarela, é caracterizada por ser uma área predominantemente residencial com edifícios de 1 e 2 pavimentos, no entanto, é possível observar pontos de verticalização intermediária (com até quatro pavimentos), poucos espaços verdes e abertos, e baixa rugosidade. Nesta classe de carga térmica baixa, a influência sobre o conforto térmico é moderada, pois não possui altas cargas térmicas. Uma ação de planejamento urbano para esta área é a implementação de vegetação para amenização das cargas térmicas existentes.

Nas classes 6 e 7 é possível identificar carga térmica relevante e alta, tendo forte influência no conforto térmico. A maioria do território fortalezense está inserido nessa classe climática, sendo áreas fortemente adensadas por edificações residenciais de baixa altura, com baixos índices de vegetação e espaços abertos, impõe considerável rugosidade e coincidem com presença de aglomerados subnormais. Nestas áreas o conforto térmico é prejudicado, devido ao alto potencial de aquecimento da atmosfera urbana, sendo necessárias ações de mitigação que favoreçam a ventilação e a vegetação, tendo em vista sua importância para o potencial dinâmico e arrefecimento do ambiente urbano.

A classe 8, representada pela cor vermelha no UCMAP, é considerada na metodologia como ilha de calor urbana, e exerce forte interferência negativa sobre o conforto térmico na cidade de Fortaleza. São representadas por áreas intensamente adensadas, baixa permeabilidade do solo, pouca vegetação e espaços abertos e alta rugosidade. Apresenta características urbanas de verticalização intensa, tanto para fins residenciais como comerciais, representa áreas industriais e subnormais importantes. São consideradas áreas críticas, tendo que haver medidas importantes de mitigação tendo em vista os elementos do clima.

Inicialmente, o modelo é importante para compreender as nuances térmicas que envolvem às condições de conforto e desconforto térmico, no entanto, como apresenta Alexandrino (2017) para a cidade de Taubaté/SP, os casos de dengue possuem forte relação

espacial com a identificação das ilhas de calor urbanas, sendo assim um elemento a se considerar para a compreensão do fenômeno epidemiológico.

8.2 Modelo de vulnerabilidade social à Dengue

Para entender a vulnerabilidade social da população ao mosquito da dengue, optou-se por realizar uma ponderação matricial com as variáveis socioeconômicas anteriormente descritas no Capítulo 8.2 (renda, moradia, abastecimento de água, esgoto a céu aberto, coleta de lixo e lixo acumulado), para compreender como os aspectos físicos de saneamento do ambiente urbano contribuem para a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*.

Desta forma, os arquivos vetoriais com as informações sociais adquiridos pelo recenseamento de 2010 do IBGE foram transformados em matrizes, estabelecendo tamanho de célula 30 metros. Foram classificados utilizando a estatística quebras naturais⁹ no *software* ArcGIS 10.4, gerando 5 classes crescentes. Foram estabelecidos pesos de 1 a 5 para cada classe em cada variável. Vale destacar que optou-se por não atribuir pesos diferentes para as variáveis, já que as mesmas apresentam influências similares para a proliferação do vetor da dengue.

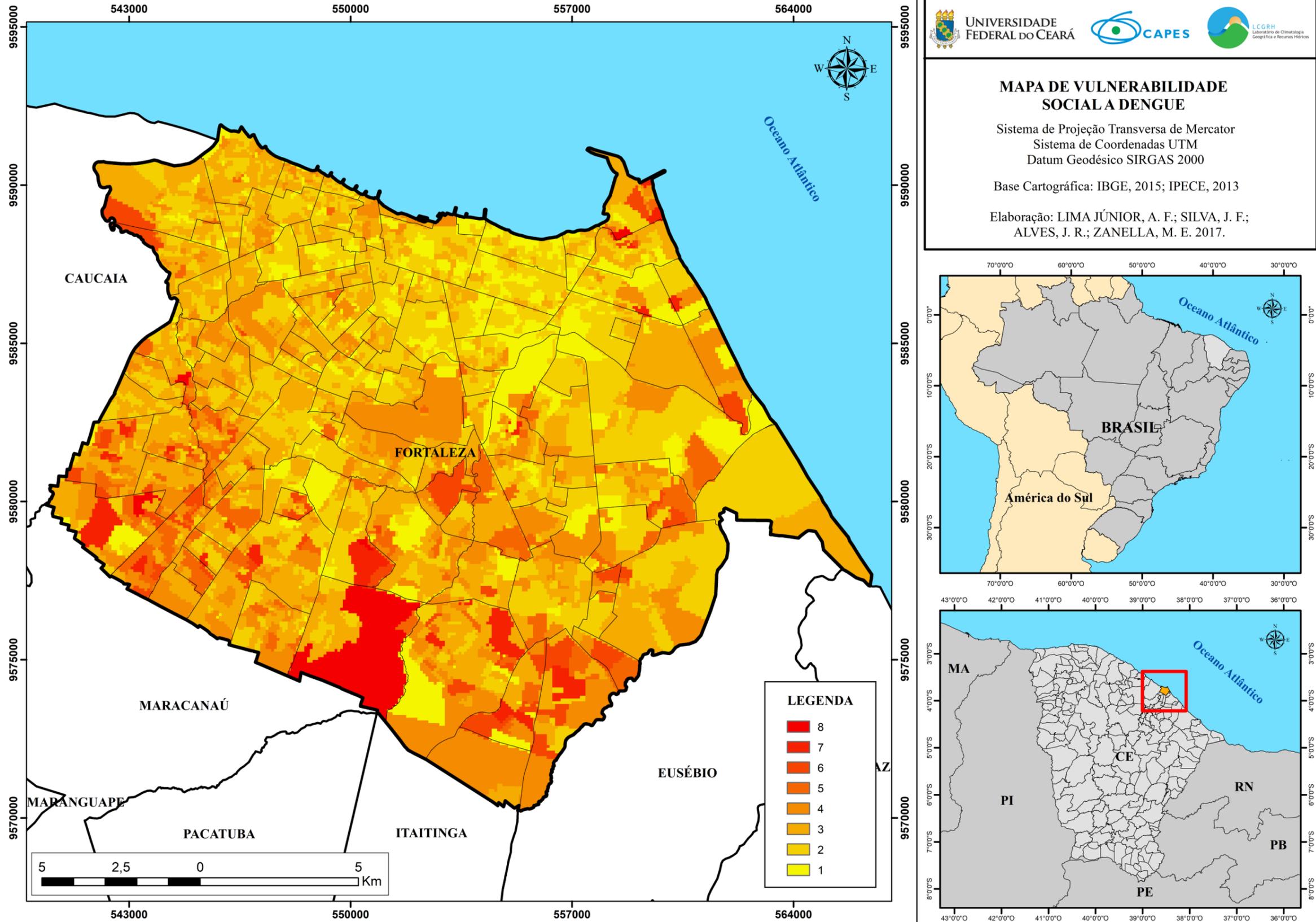
Desta forma, foi realizada a ponderação dos valores pela ferramenta *raster calculator*, na ferramenta SIG ArcGIS, somando os valores de cada classe gerando um mapa simplificado e genérico de vulnerabilidade a dengue (Figura 75).

Analisando o Mapa de vulnerabilidade social a dengue, percebe-se que de maneira geral, o município de Fortaleza apresenta alta vulnerabilidade social ao mosquito *Aedes aegypti*. O setor centro-leste da cidade é a região com menores indicadores de vulnerabilidade social, são esses bairros os mais nobres e abastados da cidade, possuindo de forma geral sistemas de esgoto e abastecimento de água eficientes, além de possuir domicílios com maiores rendas e menor presença de moradias irregulares, o que possibilita um ambiente menos propício à proliferação do mosquito da dengue, gerando situação de menor vulnerabilidade social.

⁹ As classes de Quebras Naturais são baseadas em agrupamentos naturais inerentes aos dados. As quebras de classe que agrupam valores semelhantes e que maximizam as diferenças entre classes são identificadas. As feições são divididas em classes cujos limites são configurados onde existem diferenças relativamente grandes nos valores de dados. Pelo fato da classificação de quebras naturais adicionar valores na mesma classe, este método serve para mapeamento dos valores de dados que não estão uniformemente distribuídos. É importante ressaltar que esse método não é o ideal para a distribuição dos pesos e valores, porém, ainda é necessário um estudo específico para estabelecer estatisticamente a distribuição dos pesos e valores para cada indicador.

A maior parte do território fortalezense encontra-se nas classes de 3 a 5 de vulnerabilidade social à doença, configurando situação de vulnerabilidade média/alta, devido às condições sanitárias precárias e ao abastecimento de água por fontes alternativas. Em relação aos níveis 6 a 8, forte vulnerabilidade social, as regiões que aparecem em tons avermelhados são as periféricas sudoeste e sul, acompanhando os leitos dos rios e os bairros menos abastados, que apresentam condições socioeconômicas precárias, gerando condições ambientais propícias à proliferação do mosquito da dengue, devido às condições sanitárias e de habitação precárias.

Figura 74 – Mapa de vulnerabilidade social à dengue



Fonte: Elaborado pelo autor

8.3 Frequência dos casos de Dengue em Fortaleza

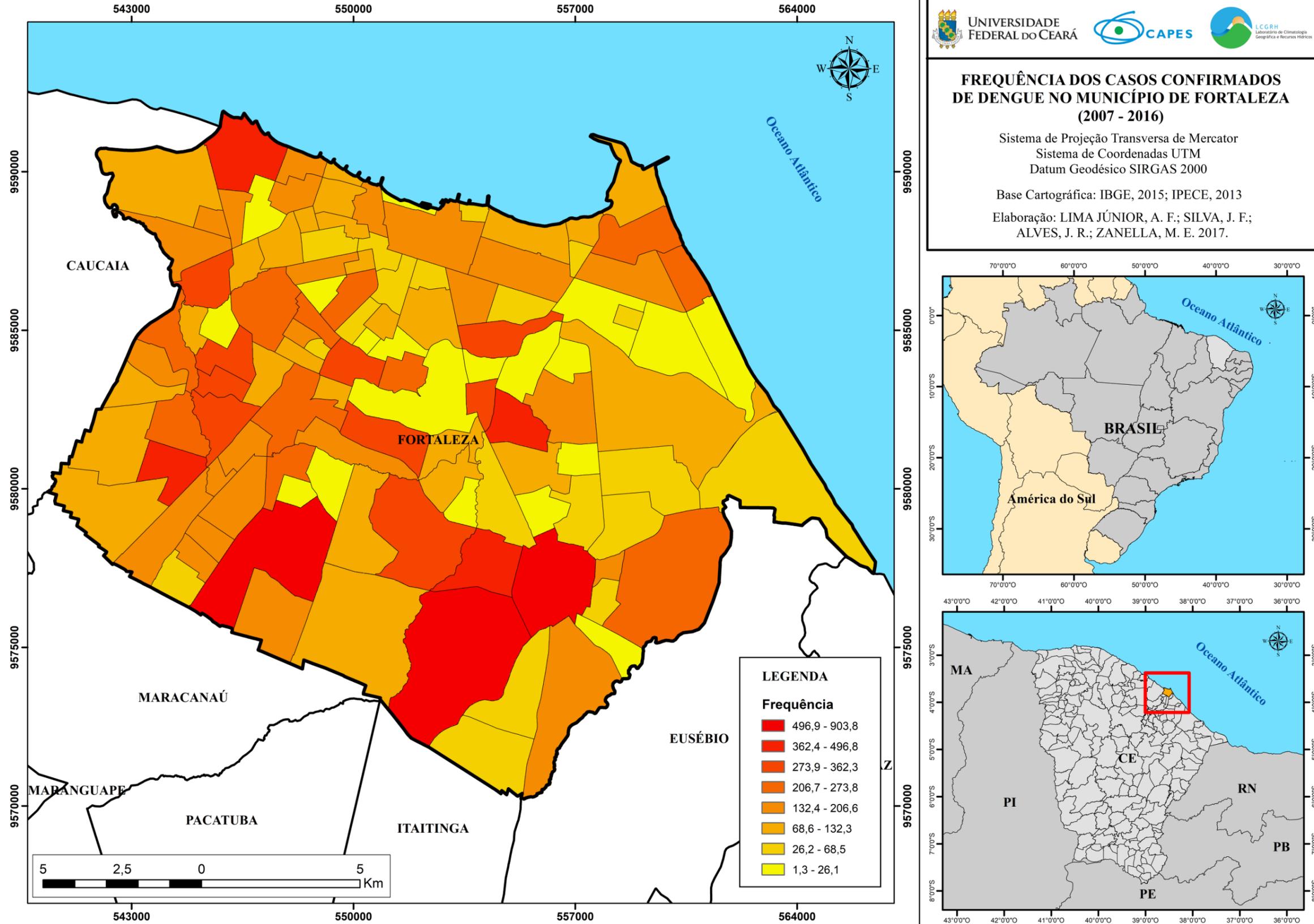
Para compreender a dinâmica da doença no espaço geográfico em Fortaleza, optou-se por analisar a frequência dos casos de dengue laboratorialmente confirmados, importados e autóctones, do período de 2007 a 2016, onde foi calculado a média de ocorrências da doença por bairro no período de 10 anos, constatando os bairros com maior frequência de casos de dengue, entendendo a dinâmica espacial da doença.

Percebe-se que, a região central e extremo leste da cidade apresentam os menores valores de frequência de casos de dengue, entre 1,3 e 26,1 casos por bairro. A maior parte do município encontra-se com frequência entre 26 e 362 casos, um valor elevado tendo em vista a escala de bairro.

Os bairros com maiores frequências de casos confirmados são Barra do Ceará, Bom Jardim, Mondubim, Jangurussu, Barroso, Messejana e Jardim das Oliveiras, alcançando números de casos indo de 400 a 900 casos em média. Esses bairros configuram-se como periféricos, com problemas socioeconômicos e de saneamento, sendo essa região periférica a mais vulnerável, o que pode contribuir para o elevado número de casos.

É importante destacar que as notificações representam os casos confirmados tendo em vista o endereço dos pacientes, no entanto, é fundamental citar os problemas de notificação como limitantes. Sabe-se que os polos de atendimento médico, principalmente públicos, recebem notificações dos bairros adjacentes, devido a erros de registros, inconsistência na divisão política dos bairros, e repasse de informações erradas pela população, o que pode comprometer a informação.

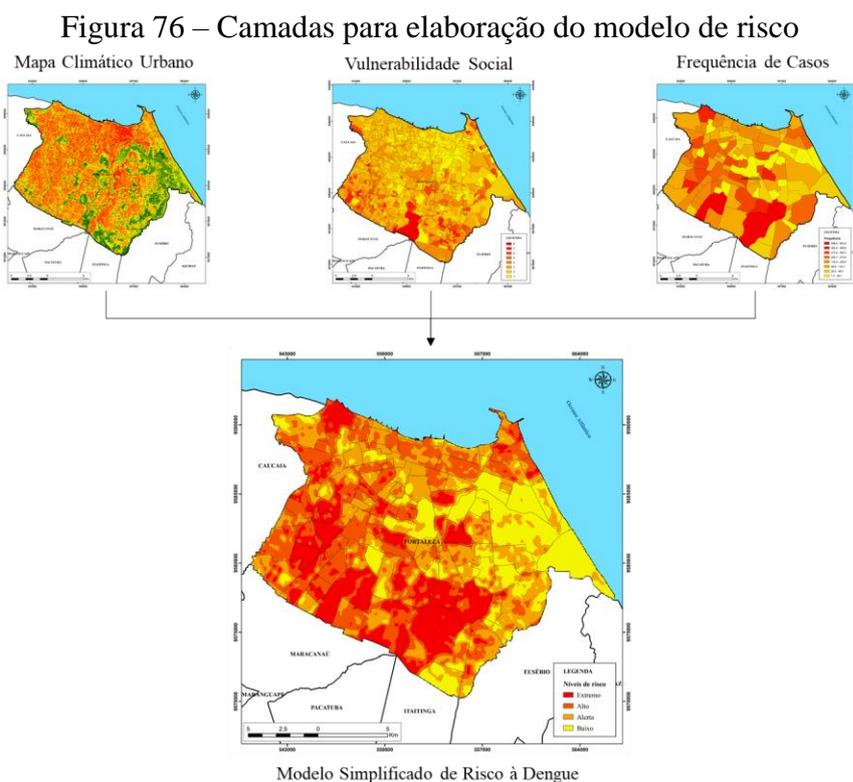
Figura 75 – Mapa de frequência dos casos de dengue em Fortaleza (2007 – 2016)



Fonte: Elaborado pelo autor

8.4 Modelo simplificado de Risco à Dengue para o município de Fortaleza

Para compreender o risco a dengue no município de Fortaleza, foi gerado através de ferramenta computacional SIG, um modelo simplificado e genérico tendo em vista três fatores: clima urbano, vulnerabilidade social, e frequência dos casos de dengue. Foram atribuídos pesos para cada variável e realizada a soma das matrizes raster (Figura 77).



Fonte: Elaborado pelo autor

Através de ponderação matricial, foi gerado um modelo simplificado de risco à dengue no município de Fortaleza, tendo como base três camadas. Os pesos foram atribuídos arbitrariamente seguindo referencial acerca das relações estabelecidas entre as camadas e a distribuição dos casos de dengue.

Fortaleza está inserido em um cenário onde o mosquito *Aedes aegypti* encontra condições climáticas ideais para sua proliferação, ambiente quente, úmido, e com precipitações concentradas em um período. O clima urbano configura-se como a modificação substancial da atmosfera urbana, tendo em vista principalmente o campo térmico, sendo aqui considerado o campo de influência espacial para a proliferação do mosquito, sabendo que a

precipitação controla a dinâmica temporal, pois mesmo em grandes períodos de estiagem é possível notar epidemias da doença.

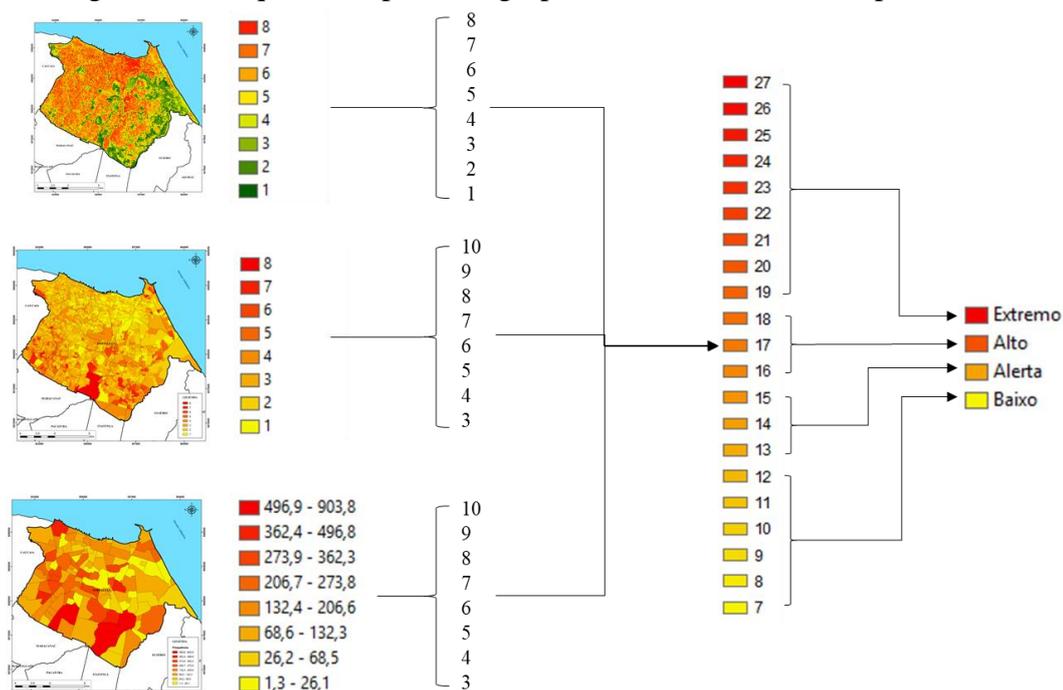
Sendo assim, foi utilizado o Mapa Climático Urbano como camada para a construção do modelo simplificado de risco à dengue, tendo em vista que o modelo climático mostra as áreas com maior potencial de aquecimento e dinâmica urbana propicia à proliferação do vetor, funcionando em efeito cumulativo de variáveis. Portanto, foram atribuídos valores de 1 a 8, conforme as classes do UCMMap de Fortaleza, sendo as ilhas de calor os ambientes mais propícios à proliferação do mosquito, tanto pelo comportamento térmico como pela dinâmica urbana.

Magalhães (2015) apresenta uma série de correlações estatísticas entre os casos de dengue e as variáveis socioeconômicas, subsidiando a atribuição de um peso maior aos elementos sociais, econômicos e sanitários do espaço estudado. Sendo assim, o mapa de vulnerabilidade social a dengue constitui a segunda camada do modelo simplificado de risco à dengue. Foram atribuídos valores de 3 a 10, para cada classe do mapa de vulnerabilidade social à dengue, sendo que a primeira classe do mapa de vulnerabilidade recebe valor 3 para a ponderação no mapa de risco, enquanto a última classe recebe valor 10, ou seja, quanto maior a vulnerabilidade social à dengue, maior o valor na ponderação do risco.

Outro fator a se considerar para entender o risco à dengue é a frequência dos casos confirmados. Entende-se que apesar de serem verificados erros de notificação, por diversos motivos, a espacialização dos casos confirmados demonstra uma dinâmica espacial importante na distribuição dos casos de dengue, tendo grande importância para compreender a totalidade do fenômeno estudado. Para tal, foi arbitrado peso similar ao mapa de vulnerabilidade, sendo distribuídos valores de 3 a 10 para as oito classes do mapa de Frequência dos casos de dengue, entendendo que, quanto maior a frequência maior o risco a proliferação do mosquito *Aedes aegypti*.

A Figura 78 simplifica o agrupamento de classes, definição de pesos e valores de cada camada adotada no modelo, sendo utilizada a estatística quebras naturais do *software* ArcGIS 10.4 para realizar os agrupamentos de classes, gerando a legenda final do Mapa de risco à dengue em Fortaleza, sendo as classes: Baixo; Alerta; Alto; e Extremo.

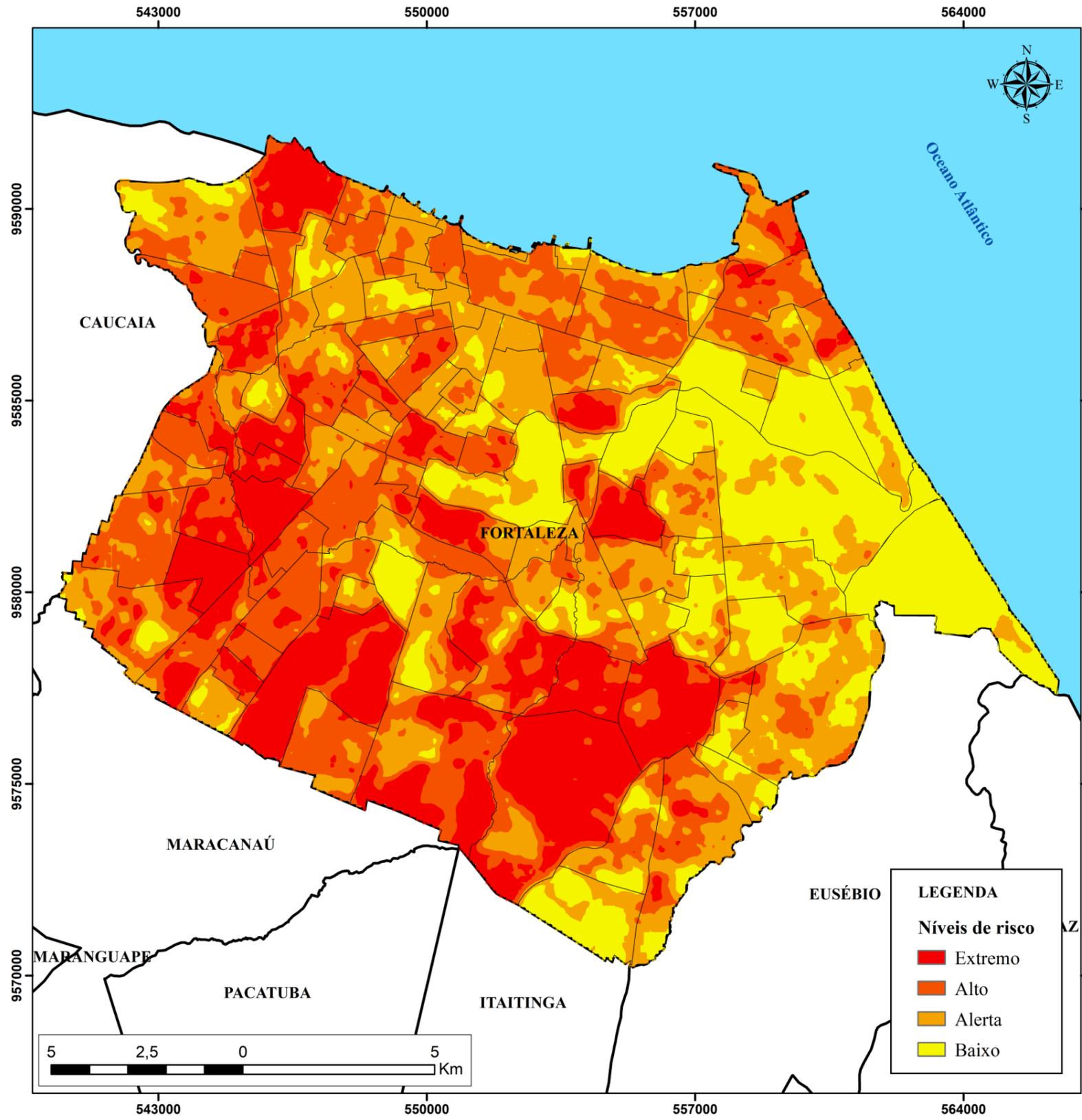
Figura 77 – Esquema de pesos e agrupamento de classes do mapa de risco



Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando o Mapa de risco à dengue (Figura 79), percebe-se que as áreas com o menor risco à dengue localizam-se no setor leste do município, devido aos padrões de uso do solo, pouco adensados e edificadas, além da presença de grandes áreas vegetadas. A maior parte da cidade encontra-se em estado de alerta para o risco. Enquanto as áreas periféricas, principalmente oeste, sudoeste e sul apresentam predominantemente situações de risco alto e extremo.

Figura 78 – Modelo simplificado de risco à dengue em Fortaleza

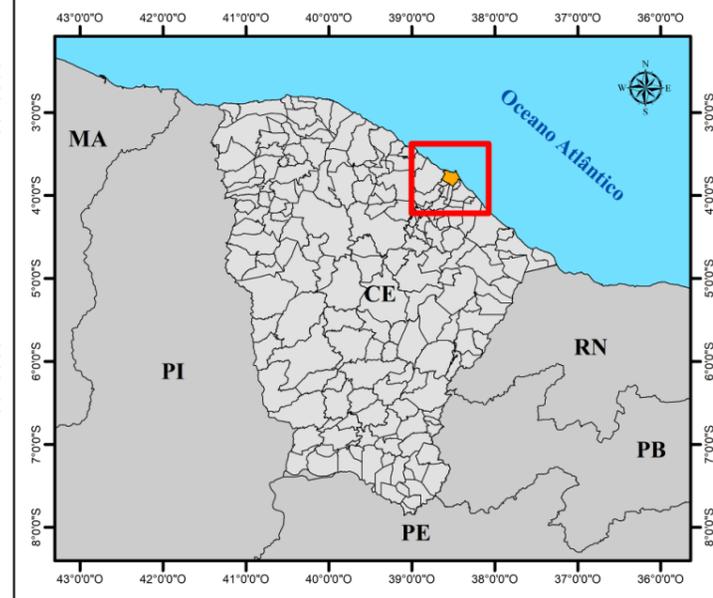


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ CAPES LCGRH Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos

MODELO SIMPLIFICADO DE RISCO A DENGUE EM FORTALEZA

Sistema de Projeção Transversa de Mercator
Sistema de Coordenadas UTM
Datum Geodésico SIRGAS 2000

Base Cartográfica: IBGE, 2015; IPECE, 2013
Elaboração: LIMA JÚNIOR, A. F.; SILVA, J. F.; ALVES, J. R.; ZANELLA, M. E. 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dengue é uma das doenças mais expressivas nas regiões equatoriais e tropicais. O clima nessas regiões (quente, úmido e precipitações concentradas) contribui para que o mosquito *Aedes aegypti*, vetor da dengue (e de outras arboviroses como Zika e Chikungunya), tenha nessas localidades ambientes propícios para sua proliferação. Fortaleza está inserida em um contexto climático regional ideal para a proliferação do mosquito. Localizada em latitudes baixas, cerca de 3° de latitude sul, a cidade apresenta temperatura constantemente elevadas, em média 27°C, dentro da média ideal para a sobrevivência do vetor da dengue.

Por estar localizada no litoral do Estado do Ceará, sua proximidade com o Oceano Atlântico faz com que a umidade relativa da cidade se mantenha sempre elevada, entre 70 e 90%, o que favorece as epidemias de dengue, pois, segundo Magalhães (2015) a umidade relativa é o elemento climático que mais se correlaciona estatisticamente com os casos de dengue. O que caracteriza o clima regional do município é o regime pluviométrico, caracterizado por sua grande variabilidade anual e mensal, sendo esta responsável pela disponibilidade hídrica, o qual o mosquito necessita por se tratar de um mosquito de veiculação hídrica, já que necessita de reservatórios para depósito e desenvolvimento larval.

Com o crescimento da cidade, tornando-se uma das principais metrópoles nacionais, Fortaleza apresenta atualmente, densidade populacional elevada, processos de verticalização, e problemas socioambientais urbanos evidentes. A expansão urbana gerou notoriamente alterações substanciais no ambiente da cidade, principalmente no que se refere à cobertura e uso do solo. Essas mudanças nos padrões de ocupação têm desenvolvido na atmosfera urbana do município significativa alteração, sendo verificada uma condição de clima urbano do município.

As áreas mais adensadas, tanto por edificações como pela população, zonas com intenso processo de verticalização e a negligência dos aspectos urbanísticos que propiciam arrefecimento da atmosfera urbana, podem ser responsáveis pela criação de ilhas de calor urbanas pelo território fortalezense. Segundo as linhas de tendência traçadas com dados anuais em um período de 50 anos, é possível notar substanciais alterações nos elementos climáticos da cidade. As linhas indicam aumento das temperaturas média e máxima, diminuição da umidade relativa, e discreta redução nas precipitações. Os testes estatísticos de significância indicam numericamente tendência para elevação da temperatura média e máxima, e diminuição da umidade relativa, enquanto para temperatura mínima e precipitação não há significância estatística. No entanto, é importante destacar que, para um melhor apuro

dos resultados seria necessário analisar os valores diários que compreendem os anos estudados, com o intuito de afirmar ou não as tendências climáticas.

Além das desordens ambientais, o crescimento urbano desordenado ocasionou problemas socioeconômicos evidentes do território do município. A exclusão social e a desigualdade crescente são problemas verificados na cidade, principalmente em relação as condições de habitação e moradia dos cidadãos. O saneamento básico é um dos elementos mais problemáticos, tendo em vista que grande parte da cidade, principalmente a periferia encontra-se com esgoto a céu aberto e alguns pontos com ineficiência da coleta de resíduos sólidos. Esses problemas sanitários podem interferir também em problemas de saúde pública, tendo em vista a proliferação de vetores ligados às condições urbanas, como o mosquito vetor da dengue.

Unindo fatores ambientais e sociais, Fortaleza caracteriza-se como ambiente ideal para a proliferação do mosquito da dengue. Tanto que, no decorrer dos anos verifica-se a ocorrência de grandes epidemias da doença, como nos anos de 1994, 2008, 2011 e 2012. A cidade apresenta altos índices de Infestação Predial pelo *Aedes aegypti*, demonstrando a fragilidade em relação à proliferação do vetor. É possível concluir que a cidade apresenta picos e ciclos epidêmicos, no entanto, vem mantendo um elevado número de casos mesmo quando as condições climáticas (precipitação) se mostram adversas, demonstrando a vulnerabilidade à doença.

Espacialmente, Fortaleza apresenta diferentes padrões de uso e ocupação do solo que interferem diretamente nas diversas esferas que influenciam nas epidemias da doença. Através do Modelo Climático Urbano, identificou-se que a cidade apresenta padrões de edificações adensadas e em crescente processo de verticalização, ocasionando possíveis Ilhas de Calor Urbanas, o que pode agravar as situações epidêmicas. O desordenamento territorial gerou também situações de vulnerabilidade à doença, devido as condições sanitárias precárias e outros fatores socioeconômicos. As áreas periféricas apresentam as maiores situações de risco à dengue, por estarem inseridas em um contexto ambiental e social ideais para a proliferação do mosquito. A partir do modelo simplificado de risco à dengue, que juntou as variáveis climáticas urbanas, sociais e de frequência de casos de dengue, conclui-se que, as áreas periféricas da cidade entendem às regiões com risco extremo a doença. Principalmente o sul e sudoeste apresentaram risco alto e extremo à dengue, por se tratarem de bairros com forte adensamento de edificação e população, apresenta altos números de casos confirmados da doença, sendo necessária maior atenção. O oeste da cidade, na região que compreende a

Regional I, também apresenta risco alto e extremo à doença, principalmente pelo adensamento populacional, o maior da cidade.

Conclui-se que, o município de Fortaleza vem apresentando situações favoráveis às epidemias de dengue e outras arboviroses transmitidas pelo *Aedes aegypti*, devido aos fatores socioeconômicos e ambientais provenientes de um crescimento populacional e urbano elevados. A perspectiva é que, se não houver ações de efetivas de combate à doença ligadas ao planejamento da cidade, tendo em vista fatores climáticos, urbanos, sociais e epidemiológicos, os casos de dengue e outras arboviroses tendam a aumentar. Destaca-se a importância de continuar com os estudos envolvendo o clima urbano, variáveis sociais e a dengue, principalmente em vista das mudanças climáticas globais e o planejamento das cidades.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRINO, F. I. G. **Ilhas de calor e casos de dengue na área urbana de Taubaté-SP**. 2017. 74 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.
- ALVES, J. M. B.; CAMPOS, J. N. B.; FERREIRA, F. F.; STUDART, T. M. A. As chuvas de janeiro/2004 no Nordeste do Brasil, suas características atmosféricas e seus impactos nos recursos hídricos da região. In: **Anais do V SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NOREDESTE**. São Luiz, MA: ABRH, 2004.
- AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- ANDRADE, H. Clima urbano: natureza, escalas de análise e aplicabilidade. Finisterra, **Revista Portuguesa de Geografia**, XL, 80, p.66-91, 2005.
- ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. A importância relativa do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo, v. 22, n. 1, Apr. 2007.
- ARMSTRONG, R.W. Medical Geography. In: RUFINI, J. L. (Org.), **Advances in Medical Social Science**. New York: Gordon and Breach Science Publishers, n.1, 1983. p.167-183.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1988.
- BARBIERI, G. M. L. **Eventos de chuva extrema associados a sistemas atmosféricos de escala sinótica e escala local no estado do Ceará**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2015.
- BARRETO, M. L.; TEIXEIRA, M. G. L. C. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. **Rev. Estudos Avançados**, v. 22, nº 64, p. 33 – 72, 2008.
- BENEDITTI, C. A. et al. Comparação do índice de área foliar (IAF) estimado por sensoriamento remoto entre os anos de 1984 e 2011 na região central de Rondônia. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17, 2015, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Inpe, 2015. p. 2937 - 2943.
- BERTALANFFY, L. V. **Teoria General de los Sistemas**. 10ª ed. México: FCE, 1995.
- BHATT, S.; GETHING, P. W.; BRADY, O. J.; MESSINA, J. P. et al. The global distribution and burden of dengue. **Nature**. 496(7446):504-507. 2013.
- BRAGA, I. A.; VALLE, D. Aedes aegypti: histórico do controle no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**. Volume 16 - Nº 2 - abr/jun de 2007.
- BRANDÃO, R. L. **Sistema de informações para Gestão e Administração Territorial da**

Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR: Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Texto Explicativo. Fortaleza: CPRM, 1994.

BRANDÃO, R. S. **As interações espaciais urbanas e o clima.** Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portal da Saúde.** Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/leia-mais-o-ministerio/434-secretaria-svs/vigilancia-de-a-a-z/dengue/11001-sindromes-clinicas-dengue>. Acesso em 10 de agosto de 2017.

BRASIL. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). **Banco de dados de imagens.** 2014. Disponível em: < <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes.formulario.logic>>, acessado em: 16/05/2016.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde. **Dengue: instruções para pessoal de combate ao vetor: manual de normas técnicas.** 3ªed. Brasília: Ministério da Saúde, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Diagnóstico rápido nos municípios para vigilância entomológica do Aedes aegypti no Brasil – LIRAA:** metodologia para avaliação dos índices de Breteau e Predial. Brasília: Ministério da Saúde. 60p. 2005.

BRUNET, R.; FERRAS, R.; THERY, H. **Les mots de la géographie, dictionnaire critique.** Montpellier / Paris, RECLUS / La Documentation Française, 470 p. 1993.

CÂMARA, F. P. et al. Clima e epidemias de dengue no Estado do Rio de Janeiro. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, nº 2, p. 137 - 140, 2009.

CAMARA, F.P.; THEOPHILO, R.L.G.; SANTOS, G.T.; PEREIRA, S.R.F.G.; CAMARA, D.C.P.; de MATOS, R.R.C. Regional and dynamics characteristics of dengue in Brazil: a retrospective study. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 40 (2), 192-196, 2007.

CHANDER, G.; MARKHAM, B.L.; HELDER, D.L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v.113, n. 5, p. 893-903, 2009.

CHORLEY, R.; HAGGETT, P. Modelos, paradigmas e a nova geografia. In: CHORLEY, R.; HAGGETT, P. **Modelos sócios-econômicos em geografia.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos/USP, 1975. p.1-22.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CONFALONIERI U. E. C. Variabilidade Climática, Vulnerabilidade Social e Saúde no Brasil. **Terra Livre**, São Paulo, v I, n. 20, p.193-204, 2003.

CONSOLI, R., OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil.**

FIOCRUZ, 1994. 228p.

COSTA, M. C. L. Fortaleza: expansão urbana e organização do espaço. In: BORZACCHIELLO, J.; CAVALCANTE, T.; DANTAS, E. (Org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2ª edição. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 51-100.

CROVELLO, T. J.; HACKER, C. S. Evolutionary strategies in life table characteristics among feral and urban strains of *Aedes aegypti*. **Evolution**, v.26, p.185-96, 1972.

DANTAS, E. W. C.; COSTA, M. C. L.; ZANELLA, M. E. (Org.). **Vulnerabilidade socioambiental e qualidade de vida em Fortaleza**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2017. 116 p.

DIÓGENES, B. H. N. **Dinâmicas urbanas recentes da área metropolitana de Fortaleza**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: FAUUSP, 2012.

ECHENIQUE, M. Modelos: una discusión, in: MARTIN, L.; MARCH, L.; ECHENIQUE, M. **La Estructura del Espacio Urbano**, Barcelona: G. Gili, p. 235-248. 1975.

FARRAR, J. et al. Towards a global dengue research agenda. **Tropical Medicine and International Health**, v.12, n.6, p.695-9, 2007.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **ABClima**, vol. 1, ano 1, 2005.

FIGUEIREDO, L. T. M. & FONSECA, B. A. L. Dengue. In: VERONESI, R.; FOCACIA, R. (Org.) **Tratado de Infectologia**, p. 201-214, São Paulo: Editora Atheneu. 1996.

FOCKS, D. A.; DANIELS E.; HAILE, D. G.; KEESLING, J.E. A simulation model of the epidemiology of urban dengue fever: literature analysis, model development, preliminary validation and samples of simulation results. **Am J Trop Med Hyg**, v. 53, p. 489-506. 1995.

FORATTINI, O. P. **Culicidologia médica**. Ed. Universidade de São Paulo, 2002.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Dengue – Instruções para pessoal de combate ao vetor**. Brasília: Funasa; 2001.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Evolução temporal das doenças de notificação compulsória no Brasil 1980-1998**. Boletim Eletrônico Epidemiológico Edição Especial. Brasília: Funasa, 1999.

GALLEGO, L. P. **Tipos de Tempo e Poluição Atmosférica no Rio de Janeiro (Um Ensaio em Climatologia Urbana)**. Tese de Doutorado. São Paulo: Departamento de Geografia da USP, 1972. 104 p.

GAN, M. A.; KOUSKY, V. E. Vórtices ciclônicos da alta troposfera no oceano Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**; 1986, v1, 19-28.

GARCÊS JÚNIOR, A. R. **Saúde e Ambiente: contribuições para análise da dengue no**

município de São Luís, Maranhão. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente). Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2016.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas.** Tradução: Silvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. **Annales Geophysicae**, Berlin, v. 4, n. B4, p. 385-400, 1986.

GUBLER, D. J. Dengue and dengue hemorrhagic fever: its history and resurgence as a global health problem. In: GUBLER, D. J.; KUNO, G. (Ed.) **Dengue and dengue hemorrhagic fever.** New York: CAB International, 1997. p.1-22.

GUIMARÃES, R. P. O novo padrão de desenvolvimento para o Brasil: interrelação do desenvolvimento industrial e agrícola com o meio ambiente. In: VELOSO, J. R. dos R. (Org.) **A Ecologia e o Novo Padrão de Desenvolvimento no Brasil.** São Paulo, Nobel, 1992.

HAYDEN, M.; UEJIO, C.; WALKER, K.; RAMBERG, F.; MORENO, R.; ROSALES, C.; GAMEROS, M.; MEARN, L.; ZIELINSKI-GUTIERREZ, E.; JANES, C. Microclimate and human factors in the divergent ecology of *Aedes aegypti* along the Arizona, US / Sonora, MX Border. **Eco Health**, pp.1–14, 2010.

HESSE, R. R. Dengue Virus Evolution and Virulence Models. **Clinical Infectious Diseases**, V. 44, Issue 11, 2007. P. 1462–1466.

HUETE, A. R. Soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v.25, p. 89-105, 1988.

JÚNIOR, B. da S.; JÚNIOR, F. G. P. Epidemiologia da Dengue. In: SOUSA, L. J. de. **Dengue: diagnóstico, tratamento e prevenção.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2008. 248p.

KATSCHENER, L. **The contribution of urban Climate studies to a new urbanity.** Anais Encac, 1997.

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Methods**, 4th ed., Charles Griffin: London, 1975.

KNOX, P. **Urban Social Geography.** Longman, Harlow, 1987.

LACAZ, C. S. **Introdução à Geografia Médica do Brasil.** São Paulo: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1972.

LACAZ, C. S.; BARUZZI, R. G.; SIQUEIRA Jr., W. **Introdução à Geografia Médica do Brasil.** São Paulo: EDUSP, 1972.

LANDSBERG, H. E. **The climate of towns. Man's Role in Changing the Face of the Earth.** W. L. Thomas, Ed., University of Chicago Press, 1956.

LANDSBERG, H. E. **The Urban Climate.** Academic Press, New York, 1981.

LAWRENCE, R. S. Human ecology and its applications. **Landscape and Urban Planning**. (1-2), 2003, p. 31 – 40.

LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba-PR** (Tese de Doutorado). Curitiba: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal/UFPR, 2012.

LIMA, N.; PINHEIRO, G.; MENDONÇA, F. A. Clima Urbano no Brasil: Análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. **Revista GeoNorte**, v. 1, p. 626-638, 2012.

LOWRY, W. P. Empirical estimation of urban effects on Climate: a problem analysis. **Journal of Applied Meteorology**, 16: 129 – 153, 1977.

MAGALHÃES, G. B. **Clima e saúde: relações entre os elementos atmosféricos e a dengue na região metropolitana de Fortaleza**. 174 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

MAGALHÃES, G. B. **Comportamento espaço-temporal da dengue e sua relação com os elementos atmosféricos e socioeconômicos em Fortaleza/CE**. 2015. 264 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

MAGALHÃES, G. B.; ZANELLA, M. E. A variabilidade Climática e a frequência de Dengue em Fortaleza, CE, Brasil. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA Fortaleza**, Brasil, v. 9, n. 1, p. 35-50, jan./jun. 2015.

MAGALHÃES, G. B.; ZANELLA, M. E. Comportamento espacial da Dengue e sua Relação com o Clima na Região Metropolitana de Fortaleza. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 12, dez. 2013.

MAIA, L. P. et al. Alterações climáticas na região de Fortaleza causada por fatores naturais e antrópicos. **Revista de Geologia UFC**. Fortaleza, vol. 9, p.111-121, 1996.

MALVEIRA, E. C. H. **Estudo de Mudanças Climáticas num ambiente urbano: Evolução da Ilha de Calor na Região Metropolitana de Fortaleza**. (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: Programa de Pós-Graduação em Geografia/UECE, 2003. 191p.

MANN, H. B. Non-parametric test against trend, **Econometrica**, 13, 245-259, 1945.

MARCONDES, C. B. **Entomologia médica e veterinária**. 1.ed. Atheneu, São Paulo, 432p, 2001.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R. de; MELO, D. C. R. Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 04, p. 793-804, 2011.

MARKHAM, B. L., BARKER, J. L. Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v. 8, n. 3, p.517-523, 1987.

MARTINS, F.S.V.; CASTIÑEIRAS, T.M.P. **Dengue**. Versão: 27/Março/2002.

MATOS, R. M. D. The Northeast Brazilian Rift System. **Tectonics** 11 (4):766-791. 1992.

MENDONÇA, F. A. Aspectos da interação clima-ambiente-saúde humana: da relação sociedade-natureza à (in)sustentabilidade ambiental. **Revista RA'EGA**, Curitiba, n. 4, p. 85-99. 2000.

MENDONÇA, F. A. O Estudo do Clima Urbano no Brasil: Evolução, tendências e alguns desafios. In: MONTEIRO; MENDONÇA. **Clima Urbano**, 2003.

MENDONÇA, F. A.; MONTEIRO, C. A. F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MENDONÇA, F. A.; ROSEGHINI, W. F. F.; AQUINO JR, J. Climate Change, Weather types and Dengue: a comparative approach between Giruá (RS) and Maringá (PR) Brasil. In: **UGI - 2011 : Conferencia Geografia Regional, 2011, Santiago. Chile**. UGI 2011a - Conference Proceedingins. Santiago. Chile: UGI / FISA, 2011a. v. 1. p. 1-12.

MENDONÇA, F. A.; ROSEGHINI, W. F. F.; AQUINO JR, J.; CASTELHANO, F. J.; HOFFMAN, T. C. P. Sadedengue: Systeme d'Alerte Climato-Meteorologique de Prevention de L'epidemie de Dengue (Bresil). In: **XXIV Colloque de L'association Internationale de Climatologie**, 2011, Rovereto/Italia. Actes du XXIV Colloque de 148 l'Association Internationale de Climatologie. Ferrara/Italia: Universita de Ferrara, 2011b. v. 1. p. 411-416.

MENDONÇA, F. de A.; PAULA, E. V. de; OLIVEIRA, M. M. F. de. Aspectos socioambientais da expansão da dengue no Paraná. In. **Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade**. Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. São Paulo, ANPPAS, 2004.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um "Clima Urbano". **Revista GEOSUL**, vol. 9, Florianópolis, p.80-114, 1990.

MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Revista GEOSUL**, vol. 9, Florianópolis, p.61-79, 1990.

MONTEIRO, C. A. F. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Série Climatologia**, nº1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e Excepcionalismo (Conjecturas sobre o Desempenho da Atmosfera como Fenômeno Geográfico)**. Florianópolis: Editora UFSC, 1991. 240p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. IGEOG-USP, Série Teses e Monografias, n. 25, São Paulo: USP, 1976. 181p.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. In: MONTEIRO; MENDONÇA. **Clima Urbano**, 2003.

MORAN, N. D.; PORTELLI, R. V. Atmospheric transport and diffusion. **Air pollution**. C. S. Corporation. Ontário (Canadá), p. 117 – 127, 1987.

MOURA, M. O. **O clima urbano sob o nível do conforto térmico**. (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: PPGG/UFC- Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2008.

MOURA, M. O. Os estudos de clima urbano na cidade de Fortaleza-CE. In: **IX Workshop Internacional de Avaliação Climática para o Semi-Árido Nordestino/ II Encontro Internacional de Estudos Climáticos Aplicados ao Nordeste Brasileiro**. Fortaleza/CE, 2007. CD ROM.

MOURA, M. O.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Ilhas térmicas na cidade de Fortaleza/CE. **Boletim Goiano de Geografia**, vol.28, n.2, jul-dez, Goiânia, p.33-44, 2008.

MOURA, M. O.; ZANELLA, M. E. Escolhas de ‘Anos-Padrão’ para o estudo do conforto térmico em Fortaleza, CE: verificação de critérios. **Revista GEONORTE**, v.1, p.547-560, 2012.

MOURA, M. O.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Conforto Térmico em Fortaleza-CE. **Revista da ANPEGE**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p.177-189, 2010.

MOURA, M. O.; ZANELLA, M. E.; SALES, M. C. L. Conforto Térmico em Fortaleza-CE. **Revista da ANPEGE**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p.177-189, 2010.

MOURA-FÉ, M. M. **Evolução Geomorfológica do Sítio Natural de Fortaleza, Ceará**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2008.

NATAL, D. Bioecologia do *Aedes aegypti*. **Biológico**, São Paulo, v.64, n.2, p.205-207, jul./dez., 2002.

NEWMAN, P. W. Sustainability and cities: extending the metabolismo model. **Landscape and Urban Planning**. 44 (4), 1999, p. 219 – 226.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Routledge. 1987.

OLIVEIRA, J. C. F. de. **Biometeorologia: estudo de casos em Maceió, Alagoas: efeitos de elementos meteorológicos na qualidade de vida urbana e na saúde humana**. Maceió: Fundação Manoel Lisboa: Secretaria de Planejamento do Estado de Alagoas, 2005. 145p.

OLIVEIRA, M. F. de. **Condicionantes sócio-ambientais urbanos da incidência da dengue na cidade de Londrina/PR**. (Dissertação de Mestrado). Paraná: UFPR – Programa de Pós-graduação em Geografia, 2006. 150p.

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

OPAS, ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DE SAÚDE. **Dengue y dengue hemorrágico en las Américas: guías para su prevención y control.** Organização Panamericana de Saúde, Washington D.C., 110p. (Publicação Científica nº 548). 1995.

PAPLOSKI, I. A. D. et al. Storm drains as larval development and adult resting sites for *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Salvador, Brazil. **Parasites & Vectors**, 9:419, 2016.

PARTIDÁRIO, M. R. **Indicadores de Qualidade do Ambiente Urbano.** Direção Geral do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Urbano, Lisboa, 2001.

PAULA, E. V. de. Evolução espaço-temporal da dengue e variação termopluviométrica no Paraná: uma abordagem geográfica. **Ra e Ga - O espaço geográfico em análise**, nº 10, p. 33 - 48, 2005.

PEITER, P. C. **Geografia da Saúde na faixa de fronteira continental do Brasil na passagem do milênio.** Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro/IGEO/PPGG - Rio de Janeiro - RJ. 2005.

PÉLALAS, K. V. **Impactos sobre os parâmetros climáticos em duas áreas de Fortaleza-Ce.** (Dissertação de Mestrado). Fortaleza: Pós-Graduação em Engenharia Civil/UFC, 2000.

PINHEIRO, F. P.; TRAVASSOS-DA-ROSA, J. F. S. Febres hemorrágicas viróticas. Febre hemorrágica do dengue. In: VERONESI, R.; FOCACIA, R. (Org.) **Tratado de Infectologia**, p. 258-263, São Paulo: Editora Atheneu, 1996.

POLIZEL, J. L. **Geotecnologias e Clima Urbano: Aplicação dos Recursos de Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas na cidade de Piracicaba, SP.** Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

RIBEIRO, A. G. As Escalas do Clima. **Boletim de Geografia Teórica**, 23 (46-46):288-294, 1993.

RIBEIRO, C. A. M. **Atualização e aprofundamento do Mapa de Análise Climática do município de João Pessoa – Paraíba.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2013.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano.** São Paulo: Pro-Editores, 2000. 2ª. Edição.

ROSEGHINI, W. F. F. **Clima urbano e Dengue no Centro- Sudoeste do Brasil.** Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SANTOS, L. S. **Clima urbano e dengue (2000-2012) na cidade de Manaus-AM.** 181 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira.** São Paulo: HUCITEC, 1993.

SANTOS, M. **Metamorfoses do Espaço Habitado**. Hucitec, S. Paulo 1991.

SCHMITZ, L. K. **Reestruturação urbana e conforto térmico em Curitiba/PR: diagnóstico, modelagem e cenários**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará. Curitiba, 2014.

SILVA DIAS, M. A. F. Sistemas convectivos de mesoescala sobre o Sul do Brasil. **Climanálise**. 1997, p. 173 – 182.

SILVA, J. B. da. Discutindo a cidade e o urbano. In: SILVA, J. B. da; COSTA, M. C. L. da; DANTAS, E. W. C. (Org.). **A cidade e o urbano**. Fortaleza: EUFC, 1997.

SILVA, J. B. Discutindo a cidade e o urbano. In: SILVA, J. B.; COSTA, M. C. L.; DANTAS, E. W. C. (Org.) **A cidade e o urbano**. Fortaleza: EUFC, 1997.

SILVA, J. S.; MARIANO, Z. d. F.; SCOPEL, I. A influência do clima urbano na proliferação do mosquito aedes aegypti em jataí (GO), na perspectiva da geografia médica. **Hygeia : Revista Brasileira De Geografia Médica e Da Saúde**, 2007.

SIMMONS. C. P.; FARRAR, J. J.; CHAU, N. V. V.; WILLS, B. Dengue. **The New England Journal of Medicine**. 366:1423–1432, 2012.

SNEYERS, R. **Sur l'analyse statistique des séries d'observations**. Genève: Organisation Météorologique Mondial, 1975. 192 p.

SNYDER, W. C., WAN, Z., ZHANG, Y., & FENG, Y. Z. Classification-based emissivity for land surface temperature measurement from space. **International Journal of Remote Sensing**, 19(14), 2753–2774, 1998.

SOARES, L. P. **Caracterização climática do estado do Ceará com base nos agentes da circulação regional produtores dos tipos de tempo**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2015.

SOUZA, E. B.; ALVES, J. M. B. Estudo diagnóstico de um complexo convectivo de mesoescala observado no norte do Nordeste brasileiro. IN: **Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congressoda Federação Latino-Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia**. Brasília, DF. 1998.

SOUZA, M. J. N. Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-estruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia da UFC**. 1:73-91, 1988.

SOUZA, M. S. Análise da estrutura urbana. In: DANTAS, E. W. C.; SILVA, J. B. da; COSTA, M. C. L. (Org.). **De cidade à metrópole: (trans)formações urbanas em Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, 2006. p.13-86.

SOUZA, V. S. de. **Mapa Climático Urbano da cidade de João Pessoa – PB**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2010.

TAUIL, P. Urbanização e ecologia do dengue. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 17(Suplemento):99-102, 2001.

TAVEIRA, L. A.; FONTES, L. R.; NATAL, D. **Manual de diretrizes e procedimentos no controle do Aedes aegypti**. Ribeirão Preto: Prefeitura Municipal de Ribeirão Preto, 2001.

TEIXEIRA, M. G. L. C.; BARRETO, M. L.; GUERRA, Z. Epidemiologia e medidas de Prevenção do Dengue. **Informe Epidemiológico do Sistema Único de Saúde**, Brasília, v. 8, n. 4, p. 5-33, out/dez, 1999.

TORRES, M. T. **Dengue y dengue hemorrágico**. 1.ed. Universidad Nacional de Quilmes, Argentina, 260p, 1998.

VANCUTSEM, C; CECCATO, P; DINKU, T; CONNOR, S. J. **Evaluation of MODIS land surface temperature data to estimate air temperature in diferente ecosystems over Africa**, Remote Sensing of Environment, Volume 114, Issue 2, Pages 449-465, ISSN 0034-4257, 10.1016/j.rse.2009.10.002, 2010.

VIANA, D. V.; IGNOTTI, E. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. **Rev. bras. epidemiol.**, São Paulo, v.16, n.2, p. 240-256, junho 2013.

VIANA, S. M. V.; AMORIM, M. C. C. T. Caracterização do clima urbano em Teodoro Sampaio/SP: Uma introdução. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 20 (2): 19-42, DEZ. 2008.

VIEITES, R. G.; FREITAS; I. A. de. Pavlovsky e Sorre: Duas Importantes Contribuições à Geografia Médica. **Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v. 1, n. 2, 2007, p.187-201.

WAN, Z. M., ZHANG, Y. L., ZHANG, Q. C., & LI, Z. L. **Validation of the landsurface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data**. Remote Sensing of Environment, 83 (1–2), 163–180, 2002.

WANNER, H.; FILLIGER, P. Orographic Influence on Urban Climate. **Weather and Climate**. 9: 22 – 28, 1989.

WHO, **Word Health Organization**. Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. W.H. Organization (Ed.), Fact Sheet, 2009.

WHO, **Word Health Organization**. Global alert and response. Dengue/dengue hemorrhagic fever. Disponível em: <http://www.who.int/csr/disease/dengue/en>. Acesso em janeiro de 2017.

XAVIER, T. M. B. S. **Tempo de Chuva - Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**, ABC Editora, Fortaleza-Ceará, 2001, 478 p.

XAVIER, T. M. B. S; XAVIER, A. F. S. Quantis para séries pluviométricas do Estado do Ceará e caracterização de períodos secos ou excepcionalmente chuvosos. **Anais do X CBMET- Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Brasília, 1998. CD-ROM.

ZANELLA, M. E; CLAUDINO-SALES, V. Considerações sobre o clima urbano frente às emendas propostas à lei do uso e ocupação do solo na cidade de Fortaleza-CE. In: **Anais do V Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**, 2002. CD ROM.