



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

CAIO AMÉRICO PEREIRA DE ALMEIDA

**ANÁLISE GEOESPACIAL DOS CASOS DE DENGUE E SUA
RELAÇÃO COM FATORES SOCIOAMBIENTAIS NOS
MUNICÍPIOS DE JOÃO PESSOA, CABEDELO E BAYEUX**

João Pessoa – PB
2016

CAIO AMÉRICO PEREIRA DE ALMEIDA

**ANÁLISE GEOESPACIAL DOS CASOS DE DENGUE E SUA
RELAÇÃO COM FATORES SOCIOAMBIENTAIS NOS
MUNICÍPIOS DE JOÃO PESSOA, CABEDELO E BAYEUX**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) – UFPB, como requisito para obtenção do título de mestre, na área de concentração em Gestão do Território e Planejamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Richarde Marques da Silva.

João Pessoa – PB
2016

A447a Almeida, Caio Américo Pereira de.
Análise geoespacial dos casos de dengue e sua relação com fatores socioambientais nos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux / Caio Américo Pereira de Almeida.- João Pessoa, 2016.
105f. : il.
Orientador: Richarde Marques da Silva
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN
1. Geografia. 2. Gestão do território - planejamento ambiental. 3. Dengue - análise geoespacial. 4. Espaço geográfico. 5. Geoprocessamento. 6. Saúde pública.

UFPB/BC

CDU: 911(043)

**“Análise geoespacial dos casos de dengue e sua relação com
fatores socioambientais nos municípios de João Pessoa,
Cabedelo e Bayeux”**

por

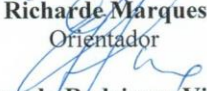
Caio Américo Pereira de Almeida

Dissertação apresentada ao Corpo Docente do Programa de
Pós-Graduação em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente

Aprovada por:


Prof. Dr. **Richarde Marques da Silva**
Orientador


Prof. Dr. **Eduardo Rodrigues Viana de Lima**
Examinador interno


Prof. Dr. **Ranyere Silva Nóbrega**
Examinador externo

**Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Curso de Mestrado em Geografia**

Dezembro/2016

Dedico este trabalho a Deus por alicerçar minha vida, ao meu pai por estar sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis e a minha filha, razão pela qual me torno um homem melhor a cada novo dia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me fornecer a fé necessária para conclusão desta pesquisa, ampliar minha perspectiva profissional e mostrar que esta dissertação serve primeiramente a comunidade a qual pertenço e que devê-lo-ei sempre contribuir para os problemas da sociedade.

A minha filha, pela compreensão das minhas diversas ausências e por ser o principal motivo da minha incansável determinação para alcançar meus objetivos.

Ao Prof. Dr. Richarde Marques da Silva pela excepcional orientação e confiança no meu potencial e dedicação. Além disso, por ampliar meu horizonte acadêmico que servirá de subsídio para desenvolver um trabalho mais aprofundado no doutorado da UFPE. Minha eterna gratidão!

Ao meu pai pelo constante incentivo de seguir o caminho acadêmico e pelo apoio financeiro, o qual me proporcionou maior dedicação aos estudos.

A contribuição técnica dos colegas do Laboratório de Ensino, Pesquisa e Projetos em Análise Espacial (LEPPAN) da UFPB, especialmente, Alexandro Medeiros Silva.

Ao Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Moura, pelos ensinamentos climatológicos fornecidos através da disciplina Climatologia Dinâmica do Nordeste Brasileiro do PPGG da UFPB.

Ao Prof. Dr. Eduardo Viana de Lima, pela orientação ao estágio docência e pela disposição em tirar dúvidas sempre que precisei.

Ao Prof. Dr. Ranyére Silva Nóbrega pela receptividade e contribuição técnica e teórica no texto de qualificação que serviu para otimização deste trabalho.

A Profa. Dra. Martha Priscila Bezerra Pereira pela disposição em sair de outra cidade para participar do meu seminário de dissertação e me ajudar com importantes apontamentos para melhor entendimento do objeto de estudo deste trabalho.

A Secretaria Municipal de Saúde de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux por fornecer os dados epidemiológicos.

A Andréia Dias de Medeiros por ter se disposto a ajudar sempre que precisei.

Ao Prof. Dr. Thiago Hérick de Sá por aguçar meus sentidos de análise epidemiológica e pelos ensinamentos através da disciplina *Análise e Apresentação de dados em Ciências Humanas* pelo PPGG da UFPB, os quais serviram para melhoria das tabelas e gráficos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Pós-Graduação que foi fundamental para o desenvolvimento prático desta pesquisa.

“Temos que fazer o melhor que podemos. Esta
é a nossa sagrada responsabilidade humana.”

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar o comportamento espacial dos casos de dengue ocorridos em João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, entre 2011 e 2014, levando em consideração a influência de fatores socioambientais. Como base metodológica, utilizou-se técnicas estatísticas para análise geoespacial como instrumento de gestão em saúde pública, utilizando o espaço geográfico como categoria de análise. Este estudo também utilizou técnicas de geoprocessamento para auxiliar no mapeamento e caracterização epidemiológica da dengue. Para a realização do trabalho foram obtidos dados de variáveis atmosféricas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), socioeconômicas no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e epidemiológico nas Secretarias Municipais de Saúde dos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, registrados no Sinan. Os parâmetros estatísticos gerados foram: coeficiente de determinação R^2 , coeficiente de Pearson, distância média ao vizinho mais próximo, centro geográfico ponderado e distância padrão. Entre os fatores socioambientais, as variáveis que apresentaram os valores mais significativos de correlação com os casos de dengue foram umidade do ar, precipitação, domicílio particular permanente, moradores em domicílio particular permanente, pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de até $\frac{1}{2}$ salário mínimo e pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de $\frac{1}{2}$ a 3 salários mínimos. Os meses de março a agosto foram os de maior quantidade de casos de dengue (83%) e os que apresentaram os maiores valores de precipitação e umidade do ar. Os bairros que indicaram a maior quantidade de casos foram Mangabeira, Castelo Branco, Cruz das Armas, Oitizeiro e Cristo Redentor, todos em João Pessoa. Porém, os bairros de maior prevalência foram São José em João Pessoa e Morada Nova e Camboinha em Cabedelo. Os fatores socioambientais como descarte inadequado do lixo, residências sem coleta de lixo e desassistidas pelos órgãos públicos, aliados às circunstâncias climáticas, evidenciaram-se como os grandes responsáveis para a ocorrência da dengue.

Palavras-chave – Dengue; Espaço Geográfico; Geoprocessamento; Análise Geoespacial; Saúde Pública.

ABSTRACT

This work has had as objective to analyze the spatial behavior of dengue cases occurred in João Pessoa, Cabedelo and Bayeux, between 2011 and 2014, taking into consideration the influence of socio-environmental factors. As a methodological basis, was used statistical techniques to geospatial analysis as a tool of public health management, using the geographic space as category of analysis. This review also used geoprocessing techniques to support the epidemiological mapping and characterization of dengue. Aiming the completion of this study were obtained data from atmospheric variables by the National Institute of Meteorology (INMET), socio-economic data by IBGE and epidemiological data through Office Secretaries from João Pessoa, Cabedelo and Bayeux, respectively, registered in the Sinan. The statistical parameters generated were: determination coefficient (R^2), Pearson coefficient, average distance from the nearest neighbor, geographic weighted center and standard distance. Among the socio-environmental factors, the variables that presented more meaningful values of correlation with the dengue cases were air moisture, rainfall, permanent private dwelling, responsible people with monthly nominal income up to $1/2$ minimum wage and responsible people with monthly nominal income from $1/2$ to 3 minimum wages. The months from March to August were the ones with the greater number of dengue cases (83%) and those that showed the highest values of rainfall and air moisture. The neighborhoods which indicated the highest amount of dengue cases were Mangabeira, Castelo Branco, Cruz das Armas, Oitizeiro and Cristo Redentor, all of them situated in João Pessoa city. However, the neighborhoods with the highest prevalence were São José, in João Pessoa and Morada Nova and Camboinha in Cabedelo town. The socio-environmental factors like improper waste disposal, settlements with no garbage collection and unsupported by public agencies, added to climatic conditions, were evidenced as the great responsible for the dengue occurrence.

Keywords – Dengue; Geographic Space; Geoprocessing; Geospatial Analysis; Public Health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo	20
Figura 2 – João Pessoa: perspectiva panorâmica da região litorânea	21
Figura 3 – Cabedelo: perspectiva panorâmica de todo município	22
Figura 4 – Bayeux: perspectiva panorâmica da área central	23
Figura 5 – Representação de dados num SIG	27
Figura 6 – Localização de poços de água e mortes por cólera em Londres 1854.....	29
Figura 7 – Estimador da intensidade de distribuição de pontos	31
Figura 8 – Exemplo de correlação linear positiva	32
Figura 9 – Risco global de dengue para o ano de 2013	33
Figura 10 – Fases do desenvolvimento do mosquito <i>Aedes Aegypti</i>	35
Figura 11 – Atuação da ZCIT no setor norte e leste da Região Nordeste no dia 11 de abril de 2011.....	40
Figura 12 – Localização da estação meteorológica do INMET.....	46
Figura 13 – Climograma a partir de dados da estação meteorológica do INMET entre 2011 e 2014.....	53
Figura 14 – Média a partir de dados da estação meteorológica do INMET entre 2011 e 2014: (a) temperatura, (b) umidade do ar e (c) precipitação	54
Figura 15 – Correlação entre os casos de dengue e a precipitação mensal na área de estudo entre 2011 e 2014	56
Figura 16 – Correlação entre os casos de dengue e a umidade do ar mensal na área de estudo entre 2011 e 2014	57
Figura 17 – Comparação entre os casos de dengue na área de estudo entre 2011 e 2014 e os elementos climáticos: (a) precipitação, (b) umidade do ar e (c) temperaturas máxima, média e mínima.....	58
Figura 18 – Porcentagem dos casos mensais de dengue entre 2011 e 2014 na área de estudo.....	60
Figura 19 – Correlação dos casos de dengue com a quantidade de habitantes por bairro na área de estudo entre 2011 e 2014.....	60
Figura 20 – (a) casos de dengue por bairros entre 2011 e 2014 e (b) quantidade de habitantes em 2010 por bairros na área de estudo	63

Figura 21 – (a) casos de dengue por bairros entre 2011 e 2014 e (b) quantidade de domicílios em 2010 por bairros na área de estudo.....	64
Figura 22 – (a) casos de dengue entre 2011 e 2014 por bairros e (b) pessoas responsáveis por domicílio com rendimento de até ½ salário mínimo em 2010 por bairros na área de estudo	65
Figura 23 – (a) casos de dengue entre 2011 e 2014 por bairros e (b) pessoas responsáveis por domicílio com rendimento de ½ até 3 salários mínimos em 2010 por bairros na área de estudo	66
Figura 24 – Quantidade de pessoas com rendimento (a) de até ½ salário mínimo e (b) de ½ a 3 salários mínimos	69
Figura 25 – Prevalência dos casos de dengue entre 2011 e 2014 na área de estudo	71
Figura 26 – Incidência dos casos de dengue na área de estudo em: (a) 2011 e (b) 2012	73
Figura 27 – Incidência dos casos de dengue na área de estudo em: (a) 2013 e (b) 2014	74
Figura 28 – Distribuição espacial dos casos de dengue na área de estudo entre 2011 e 2014	76
Figura 29 – Distribuição espacial dos casos de dengue entre 2011 e 2014 na área de estudo.....	77
Figura 30 – Distância padrão e centro geográfico ponderado na área de estudo a partir dos casos de dengue entre 2011 e 2014.....	78
Figura 31 – (a) parte externa da habitação e (b) parte interna da habitação	80
Figura 32 – Descarte inadequado de lixo as margens de um tributário do Rio Paraíba no bairro Imaculada, Bayeux - PB.....	81
Figura 33 – Setores censitários com maior quantidade de casos de dengue no município de João Pessoa	82
Figura 34 – Descarte inadequado de resíduos sólidos em terrenos baldios no bairro do Grotão	83
Figura 35 – Carcaças de carros, lixo e recipientes favoráveis ao desenvolvimento do <i>Aedes</i> em Jaguaribe.....	83
Figura 36 – Carcaças de carros em Mandacaru	84
Figura 37 – (a) materiais armazenados e (b) lixo descartado de forma inadequada no bairro São José.....	84
Figura 38 – Setores censitários com maior quantidade de casos no município de Cabedelo....	85
Figura 39 – (a) materiais armazenados e (b) lixo descartado de forma inadequada no Centro.....	86

Figura 40 – Resíduos sólidos jogados na rua e em terreno baldio no Recanto do Poço.....	86
Figura 41 – Coletores de lixo no bairro Renascer	87
Figura 42 – Resíduos sólidos descartados de forma inadequada no Parque Esperança	87
Figura 43 – Setores censitários com maior quantidade de casos de dengue no município de Bayeux	88
Figura 44 – Resíduos sólidos descartados de forma inadequada no bairro da Imaculada.....	89
Figura 45 – Resíduos sólidos descartados de forma inadequada a) Parque Esperança, b) Recanto do Poço, c) Imaculada e d) São José.....	90
Figura 46 – Distribuição espacial dos casos de dengue entre 2011 e 2012 a partir do Estimador Kernel	91
Figura 47 – Distribuição espacial dos casos de dengue entre 2013 e 2014 a partir do Estimador Kernel	92
Figura 48 – Representação dos bairros: (a) Centro, em Cabedelo, (b) São José, em João Pessoa e (c) Mangabeira, em João Pessoa	93
Figura 49 – Resíduos sólidos descartados de forma inadequada nos bairros (a) São José em João Pessoa, (b) Grotão em João Pessoa e (c) Centro em Cabedelo	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores da taxa de urbanização e densidade demográfica para os municípios de Bayeux, Cabedelo e João Pessoa em 2010	20
Tabela 2 – Principais sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo	39
Tabela 3 – Correlação entre os casos de dengue e os elementos climáticos	56
Tabela 4 – Correlação entre os casos de dengue e as variáveis socioeconômicas.....	61
Tabela 5 – Bairros com maior quantidade de casos de dengue entre 2011 e 2014 e porcentagem de domicílios com coleta de lixo.....	67
Tabela 6 – Valores de R_n calculados a partir da função de análise geoespacial distância média ao vizinho mais próximo, para os casos de dengue entre 2011 e 2014.....	76
Tabela 7– Intervalos de classe da densidade Kernel.....	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCM's	Complexo Convectivo de Mesoescala
FF	Frente Fria
FSF	Free Software Foundation
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPEA	Instituto de Pesquisas Econômicas e Aplicadas
LI	Linhas de Instabilidade
MEA	Massa Equatorial Atlântica
MTA	Massa Tropical Atlântica
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
QGIS	Quantum Gis Dufor
OL	Ondas de Leste
OSI	Open Source Initiative
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RFF	Repercussão de Frente Fria
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
Sinan	Sistema de Informação de Agravos de Notificação
TA	Sistema Tropical Atlântico
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UTC	Universal Coordinated Time
VCAS	Vórtice Ciclônico de Ar Superior
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo Geral	18
2.2 Objetivos Específicos.....	18
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
3.1 João Pessoa.....	21
3.2 Cabedelo.....	21
3.3 Bayeux.....	22
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	24
4.1 Espaço geográfico e saúde	24
4.2 Geoprocessamento em saúde	26
4.3 Representação espacial através de pontos.....	28
4.4 Estatística espacial e análise geoespacial	30
4.5 Aspectos relacionados à dengue.....	32
4.6 Clima e dengue.....	36
4.7 Circulação atmosférica.....	38
5. MATERIAL E MÉTODOS	44
5.1 Coleta de dados e construção de banco de dados.....	44
5.2 Coeficientes de correlação	47
5.3 Distância média ao vizinho mais próximo	49
5.4 Centro geográfico ponderado e raio padrão	50
5.5 Estimador Kernel	51
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
6.1 Síntese climática.....	53
6.2 Correlação/comparação dos elementos climáticos com os casos de dengue	56
6.3 Correlação dos indicadores socioeconômicos com os casos de dengue	60
6.4 Análises geoespaciais.....	75
6.5 Intensidade da distribuição dos casos de dengue	90
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
8. REFERÊNCIAS	97

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, cerca de 3,5 bilhões de pessoas no mundo, aproximadamente metade da população mundial, habitam em áreas onde os vírus da dengue podem ser transmitidos. Essa população reside principalmente nos centros urbanos localizados em regiões tropicais ou subtropicais (WHO, 2016). A transmissão desse patógeno ocorre pela fêmea do mosquito *Aedes Aegypti* e possui cinco vírus distintos já identificados, sendo que os tipos virais DEN – 1, 2, 3 e 4, já eram conhecidos, e em 2007, o DEN – 5 foi identificado em uma epidemia na Malásia (NORMILE, 2013). Com isso, a “ocorrência de novos casos do DEN – 5 pode levar a novos desafios no controle da dengue” (MUSTAFA *et al.*, 2015, p. 68).

Nos dias atuais, a disseminação da dengue pelo mundo tem gerado grandes preocupações para a saúde pública internacional, e no Brasil isso não é diferente. O maior surto no Brasil ocorreu em 2013, com aproximadamente 2 milhões de casos notificados e atualmente circulam no país os sorotipos DEN – 1, 2, 3 e 4. (BRASIL, 2016). Especialmente nos países tropicais pode-se observar que as condições ambientais (clima em particular) associadas ao ambiente social (urbanização) e à ineficácia das políticas públicas de saúde favorecem o desenvolvimento e a proliferação do *Aedes Aegypti* (REITER, 2001; MENDONÇA, 2005; 2007).

Mendonça (2010) destaca que são nos espaços urbanos, em especial, nas médias cidades e metrópoles localizadas nos países não desenvolvidos, que os patógenos se manifestam em maior quantidade, pois os problemas de saúde são muito influenciados pelos riscos ambientais de natureza climática, que somado às condições socioeconômicas favorecem a ocorrência de doenças por vetores hídricos e/ou eólicos.

Sabendo-se que um conjunto de doenças transmissíveis têm no clima um de seus condicionantes de proliferação por intermédio da ação de diferentes vetores, atenta-se para a importância do conhecimento da dinâmica climática regional e local. Desse modo, para tratar da problemática da dengue, é importante identificar os principais sistemas atmosféricos para entender a variabilidade climática da área pesquisada.

Além do clima e da taxa de urbanização, o aumento dos casos de dengue também está ligado a outras condições socioambientais no espaço geográfico, principalmente em relação à faixa de renda da população, densidade demográfica, infraestrutura dos espaços de habitação, tipo de moradia e disposição dos resíduos sólidos.

De acordo com Tauil (2001), a ocorrência de milhares de casos de dengue em áreas urbanas evidencia o caráter urbano da dengue e a vulnerabilidade da população, com incidência e mortalidade acentuadamente maiores nos bairros periféricos com maiores densidades populacionais.

Por conseguinte, como a dengue reage perante as sazonalidades climáticas, este estudo busca analisar a variabilidade espaço-temporal dos casos de dengue considerando questões relacionadas aos fatores socioambientais nos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux. Assim, analisou-se a influência do clima na variação dos casos de dengue nesses municípios, que de acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), apresentam intensa insolação o ano todo, temperaturas médias anuais elevadas e alta pluviosidade. Eles ainda possuem elevadas taxas de urbanização (acima de 99%) e alta densidade demográfica (IBGE, 2010).

Nessa concepção, a área de estudo apresenta-se com grande potencial para proliferação da dengue, pois possui espaço urbano marcado por fortes desigualdades sociais – apresentando várias favelas e grande número de pessoas desfavorecidas economicamente – e condições socioambientais (clima, descarte inadequado dos resíduos sólidos, locais com infraestrutura precária, taxa de urbanização e densidade demográfica) favoráveis à ocorrência do vetor.

Assim, a avaliação das variáveis socioambientais agregado à identificação de áreas com maior risco de infecção, torna-se imprescindível para a elaboração de programas preventivos e de controle da dengue. Nesse sentido, o estudo dos fatores socioambientais coloca-se numa condição privilegiada para o entendimento da doença em questão, sendo primordial para o planejamento de ações de prevenção desse patógeno.

Porém, o controle da dengue tem se tornado um desafio constante para pesquisadores e instituições de saúde no Brasil e no mundo, pois até o momento a forma mais eficaz de combater a incidência dessa doença é através do controle do vetor.

Com isso, buscando melhor compreensão para controle de diversos patógenos, atualmente os pesquisadores ligados à epidemiologia incorporam contribuições do geoprocessamento e técnicas de estatística espacial que apresentem alternativas para um adequado planejamento estratégico da gestão em Saúde Pública.

Desse modo, a utilização do geoprocessamento e determinados parâmetros estatísticos, apresentados neste trabalho, mostram-se ferramentas úteis para melhor compreensão da ocorrência dos casos de dengue, contribuindo com resultados que poderão auxiliar na elaboração e implantação de políticas públicas no combate à dengue afim de assegurar melhores condições de vida a população.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a distribuição espacial dos casos de dengue nos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, no período entre 2011 e 2014 relacionando-os com fatores socioambientais.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudar o comportamento espaço-temporal dos casos de dengue nos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux;
- Analisar a relação entre os fatores socioambientais e os casos de dengue na área de estudo através de métodos estatísticos específicos e técnicas de geoprocessamento;
- A partir dos fatores socioambientais, identificar os bairros onde a população é mais vulnerável à contrair dengue;
- Analisar a ocorrência da dengue através da prevalência e incidência.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Visando identificar os aspectos socioeconômicos que contribuem para a disseminação da dengue, os municípios estudados foram escolhidos por terem seus espaços urbanos apensos (conurbação), por possuírem condições socioambientais semelhantes e estarem na mesma microrregião homogênea (Litoral) da Paraíba.

Nessa microrregião, os regimes climáticos são divididos por Silva (2007) em duas épocas distintas: o chuvoso e o seco. O período chuvoso por sua vez, é dividido em: pré-estação chuvosa, que corresponde aos três primeiros meses chuvosos do período (Fevereiro – Abril) e a quadra chuvosa que são os quatro meses restantes (Maio – Agosto). O segundo regime, é o período seco, que apresenta menores índices pluviométricos, abarcando o final do inverno, toda primavera e início do verão (Setembro – Janeiro).

De acordo com Pereira (2014), os sistemas atmosféricos que agem em João Pessoa, promovem habitualmente estabilidade atmosférica no final do inverno, no período da primavera e início do verão, causando instabilidade no período sazonal da última metade do verão, outono e início do inverno. Os sistemas atmosféricos atuantes na cidade de João Pessoa são oriundos do Oceano Atlântico e dão origem a um tipo climático particular nessa porção do Brasil, classificados por Mendonça e Dani-Oliveira (2007) como Clima Tropical Litorâneo do Nordeste Oriental, que se caracteriza como clima úmido e quente, o qual se diferencia dos climas mais secos do interior da região Nordeste.

O sistema atmosférico mais importante para pré-estação chuvosa é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), esta é responsável pela maior parte dos totais pluviométricos nesse período. Na estação chuvosa, o sistema de maior participação são as Ondas de Leste (OL), sendo a principal responsável pelos totais pluviométricos.

É importante sobrelevar que os sistemas atmosféricos que atuam em João Pessoa também atuam em Cabedelo e Bayeux, pois estes estão conectados através da atmosfera dominante sobre as cidades e possuem pequena extensão territorial.

Destaca-se ainda, que nos municípios em questão existe o único porto e o principal aeroporto do Estado da Paraíba e um fluxo intenso de pessoas e mercadorias. Além de estarem conurbados, apresentam também elevadas taxas de urbanização e alta densidade demográfica, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores da taxa de urbanização e densidade demográfica para os municípios de Bayeux, Cabedelo e João Pessoa em 2010

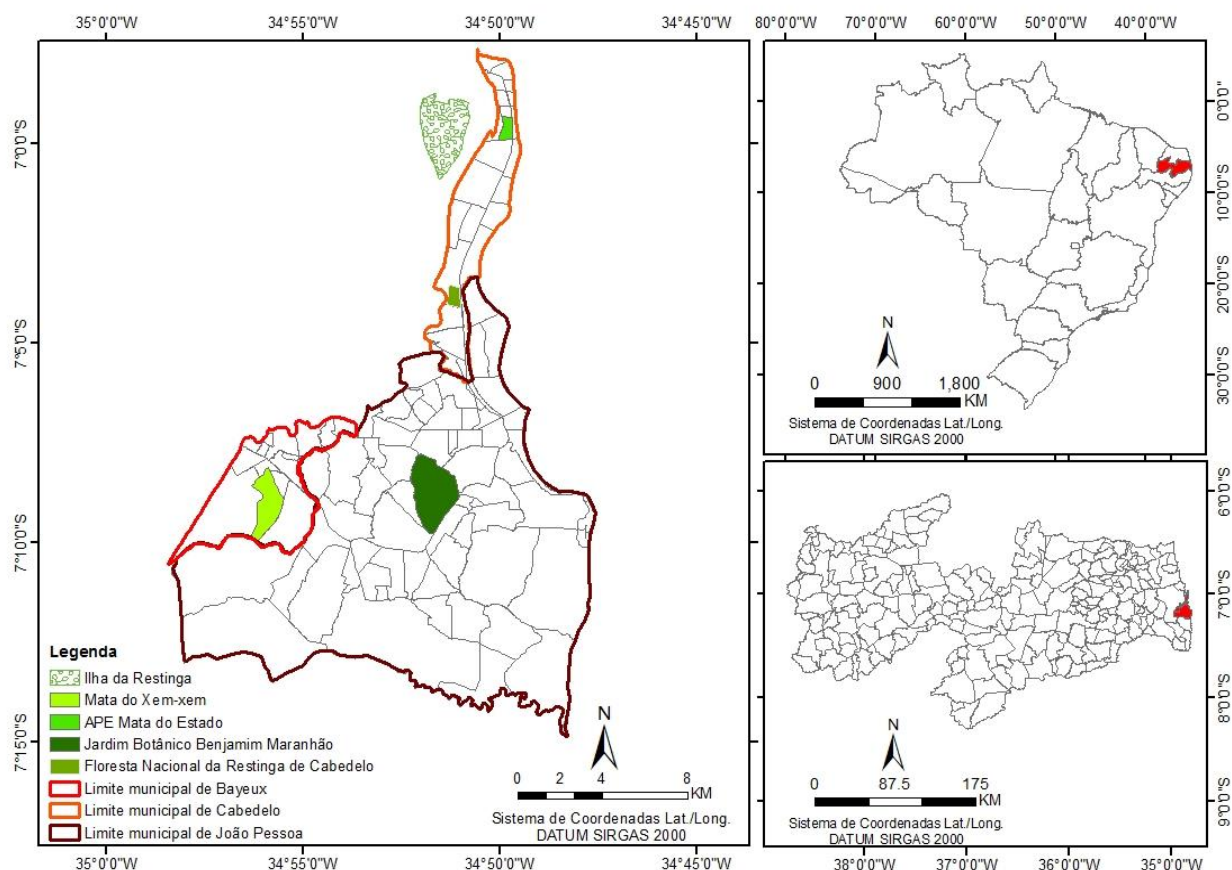
MUNICÍPIOS	TAXA DE URBANIZAÇÃO (%)	DENSIDADE DEMOGRÁFICA (hab/km ²)
Bayeux	99,07	3854,64
Cabedelo	99,99	1843,60
João Pessoa	99,62	3379,96

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil, 2013

Organização: Caio Américo P. de Almeida

A área de estudo é banhada a leste pelo Oceano Atlântico e a oeste pelo Rio Paraíba, possui aproximadamente 275 km², com população total de 879.175 habitantes (IBGE, 2010), e está situada na mesorregião da Zona da Mata Paraibana, ou seja, na porção litorânea do Estado da Paraíba. Em relação a localização geográfica, a área de estudo encontra-se entre as latitudes 6° 58' 0'' S e 7° 15' 0'' S e as longitudes 34° 47' 45'' W e 34° 58' 15'' W (Figura 1).

Figura 1 – Localização da área de estudo



3.1 João Pessoa

Está localizada no litoral do Estado da Paraíba (Figura 2), na mesorregião da Zona da Mata, no baixo planalto costeiro, sobre uma formação sedimentar proveniente de acumulações do próprio continente que se formou, segundo Carvalho (1982), por meio de processos marinhos, flúvio-marinhos e eólicos.

Figura 2 – João Pessoa: perspectiva panorâmica da região litorânea



Fonte: <http://www.dirceutortorello.com.br/>

Esse município está a leste do município de Bayeux, e ao sul do município de Cabedelo. Por ser a capital da Paraíba e importante centro econômico, exerce grande influência nos municípios circunvizinhos, que fornecem alto contingente populacional que migra todos os dias – migração pendular – para trabalhar e estudar na capital.

João Pessoa possui área de aproximadamente 211 km² e população de 723.515 mil habitantes de acordo com o Censo Populacional de 2010 (IBGE, 2010). Esses municípios tem duas importantes reservas de Mata Atlântica, uma localizada no bairro do Róger, chamada Parque Zoobotânico Arruda Câmara (Bica) e a outra é o Jardim Botânico Benjamim Maranhão, também conhecida como Mata do Buraquinho, que se limita com os bairros Castelo Branco, Torre, Jaguaribe, Varjão e Cristo Redentor.

3.2 Cabedelo

Faz parte da Região Metropolitana de João Pessoa com área de aproximadamente 32 km² e população de 57.944 mil habitantes, segundo o censo de 2010 (IBGE, 2010). Esse

município é banhado pelo Oceano Atlântico a leste e pelo rio Paraíba a oeste (Figura 3). É importante destacar as dimensões territoriais singulares com 18 quilômetros de extensão por apenas 3 quilômetros de largura.

Além dessas dimensões, localizada a oeste, na foz do Rio Paraíba está a Ilha da Restinga que apresenta vegetação do tipo manguezal e durante muito tempo, no período colonial, ajudou a proteger o atual Estado da Paraíba das invasões de países europeus.

Figura 3 – Cabedelo: perspectiva panorâmica de todo município



Fonte: <http://www.dirceutortorello.com.br/>

Esse município possui o único porto do estado da Paraíba que constitui-se como importante entrada e saída comercial do estado. Além disso, é em Cabedelo que começa a BR-230, principal rodovia da Paraíba, e uma das maiores do Brasil. Quando passa pela Região Norte do Brasil, é conhecida como Rodovia Transamazônica.

Cabedelo ainda possui a Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo, também conhecida como Mata do Amém, que é uma unidade de conservação de uso sustentável, e a Mata do Estado, que é uma área de preservação ecológica, ambas situadas à margem da BR-230.

3.3 Bayeux

Aproximadamente 60% do território de Bayeux são constituídos de manguezais e resquícios de Mata Atlântica, como a Mata do Xem-xem, que é uma unidade de conservação. Segundo o Censo Demográfico de 2010, Bayeux possui uma área de aproximadamente 32 km² e uma população de 99.716 mil habitantes (IBGE, 2010).

Bayeux está localizado na porção litorânea do Estado da Paraíba (Figura 4), entre os municípios de Santa Rita e João Pessoa, porém não é banhado pelo Oceano Atlântico. No município está localizado o Aeroporto Internacional Presidente Castro Pinto, que atende à demanda da Região Metropolitana de João Pessoa.

Figura 4 – Baxeux: perspectiva panorâmica da área central



Fonte: <http://www.paraibatotal.com.br/>.

O referido município insere-se na unidade geoambiental dos Tabuleiros Costeiros e possui grande parte do seu território coberto pelo ecossistema do tipo manguezal, sendo a floresta subperenifólia a vegetação predominante.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Espaço geográfico e saúde

A epidemiologia tem como preocupação compreender e explicar o processo saúde-doença nos indivíduos e em populações (PEITER *et al.*, 2006). Para isso, ela considera a dinâmica socioambiental do principal objeto de análise da Geografia: o espaço geográfico.

A utilização crescente do espaço geográfico pela epidemiologia, explica-se pelo fato do ambiente ser um espaço relacional, ou seja, é um local social onde acontecem as relações humanas, com isso, para entender a maneira como os patógenos espalham-se pela sociedade é necessário compreender o comportamento do homem no espaço geográfico. Assim, Santos (1996) expõe que o espaço geográfico é o conjunto de relações realizadas através de ações (a produção, a circulação e o consumo) e objetos geográficos¹.

Santos (1979) expõe que o espaço socialmente organizado guarda as marcas impressas pela organização social, inclusive aquelas herdadas do passado, adquirindo características locais próprias que expressam a diferenciação de acesso aos resultados da produção coletiva.

Com isso, o espaço transformado pelo homem, ou espaço socialmente organizado, assume diversas formas, dentre as quais podem-se apontar duas bem distintas: (a) o espaço urbano e (b) o espaço rural. Porém, os espaços urbanos caracterizam-se pelo maior adensamento humano enquanto que os rurais, pelo povoamento mais disperso (PEITER *et al.*, 2006).

Entretanto, de acordo com Mazetto (1996, p.21), “é no espaço urbano que encontramos os maiores exemplos de problemas socioambientais, que atingem diretamente a maior parte da população do planeta”.

Nesse sentido, vale destacar que as cidades cresceram de acordo com o desenvolvimento capitalista, ou seja, de forma desigual onde pode-se perceber uma forte desigualdade. De acordo com Santos (1994):

¹ Segundo Peiter *et al.* (2006, p. 14) “Para o geógrafo Milton Santos, os objetos geográficos são tudo que existe na superfície da Terra, toda herança da história natural e todo resultado da produção humana que se concretizou. O uso deles pelas pessoas possibilita e potencializa as ações humanas e podem produzir ou ampliar, em decorrência de sua utilização e qualidade, problemas para a saúde humana.”

a cidade em si, como relação social e materialidade, torna-se criadora de pobreza, tanto pelo modelo socioeconômico de que é o suporte, como pela sua estrutura física, que faz dos habitantes das periferias (e dos cortiços) pessoas ainda mais pobres. A pobreza não é apenas o fato do modelo socioeconômico vigente, mas também do modelo espacial (SANTOS, 1994, p. 10).

Dessa forma, principalmente nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, é inevitável encontrar espaços urbanos sem que existam áreas que apresentem desigualdades de ordem estrutural. De um lado, depara-se com bairros luxuosos com infraestrutura adequada, onde há um serviço público atuante, e de outro, bairros precários, sem saneamento básico, com moradias que não oferecem conforto e saúde às pessoas.

Encontram-se principalmente nas metrópoles dos países menos desenvolvidos características de desigualdade econômica refletida nos espaços (favelas, condomínios luxuosos, shoppings, etc.), caracterizando-os como ambientes urbanos desiguais com diferentes níveis de qualidade de vida. Carvalho (1997) esclarece que:

[...] a segregação entre os que detêm recursos econômicos e os que não os possuem acelera-se, fato demonstrado pela concentração espacial dos problemas de saúde e ambiental. As zonas de habitações deficientes, desagregação familiar e maior índice de violência, estão concentrados entre os mais pobres (CARVALHO, 1997, p. 3).

Santos (1996) enfatiza que várias classes sociais aumentam e enriquecem a diversidade socioespacial que se manifesta pela produção da materialidade em bairros. Com isso, deve-se atentar para as diversas formas estruturais no âmbito do espaço geográfico das cidades – principalmente das metrópoles – na disseminação das doenças.

É importante sobrelevar que as cidades não estão isoladas no espaço, elas se inter-relacionam umas com as outras em vários níveis escalares, inclusive, com as áreas rurais com as quais estabelecem relações de troca. Neste sentido, é preciso introduzir o conceito de rede para melhor compreensão da difusão das doenças no espaço geográfico.

Peiter *et al.* (2006) afirmam que não existe cidade autossuficiente, ela sempre se relaciona com o espaço circundante (vizinhança) e com espaços distantes através das redes de comunicação e transporte, sejam eles outras cidades ou áreas rurais, formando assim uma rede urbana.

Neste contexto, o grau de inter-relacionamento entre as cidades está ligado a maior rapidez de disseminação de doenças, ou seja, cidades mais conectadas à rede urbana possuem maiores efeitos no processo de difusão de patógenos.

Com isso, se houver a entrada de um novo agente infeccioso em determinado espaço urbano, provavelmente esse agente vai seguir a rede urbana, onde cidades maiores, com maior grau de conectividade, estarão mais vulneráveis.

No decorrer da história, a Epidemiologia foi incorporando gradativamente o conceito de espaço e fez do mesmo uma importante ferramenta para a análise da manifestação de enfermidades na coletividade. Por exemplo, livros como o de Medronho *et al.* (2008), apresenta capítulos inteiros dedicados ao ensino de técnicas de análise espacial, as quais são trabalhadas pela Geografia. Entre essas técnicas, destacam-se a utilização das ferramentas de geoprocessamento, como SIG (Sistemas de Informações Geográficas), pois ferramenta como esta possui grande capacidade de produzir resultados importantes para a saúde pública.

4.2 Geoprocessamento em saúde

O geoprocessamento é um termo amplo, que envolve muitas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais. Santos *et al.* (2000) afirmam que geoprocessamento “é o conjunto de técnicas de coleta, tratamento e exibição de informações referenciadas geograficamente”.

Estas técnicas constituem-se em ferramentas importantes para a geração, manipulação, análise e integração de informações espaciais, sobretudo relativas ao meio ambiente, podendo subsidiar o processo de tomada de decisão e orientação de políticas públicas (GUIMARÃES, 1999).

As técnicas de geoprocessamento são normalmente disponibilizadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) que, de acordo com Câmara *et al.* (1996), podem ser definidos como sistemas automatizados, usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos nos quais a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la.

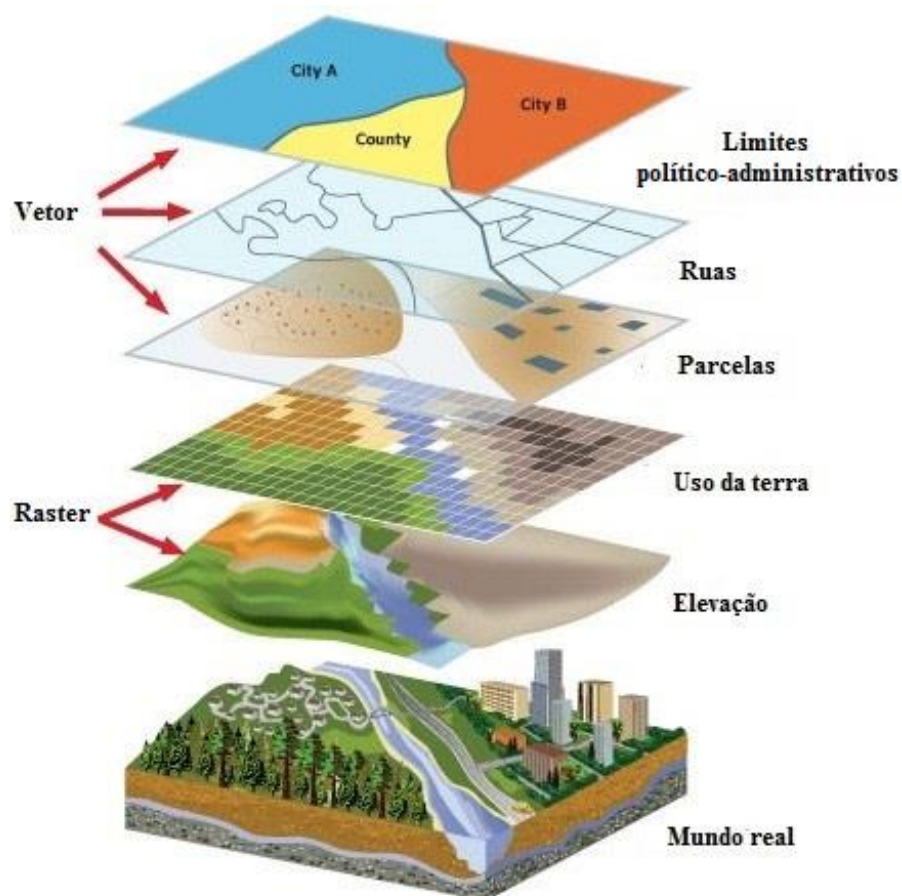
De acordo com Magalhães *et al.* (2006), os SIGs possibilitam realizar análises espaciais complexas, pois permitem integração de dados de diversas fontes, manipulação de grande volume de dados e recuperação rápida de informações armazenadas.

Sendo assim, os SIGs tem a capacidade de reunir grande quantidade de dados de expressão espacial, estruturá-los e manipulá-los adequadamente. Santos, Pina e Carvalho (2000) mostram que:

a tecnologia SIG integra operações convencionais de bases de dados, como captura, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados, com possibilidades de seleção e busca de informações e análise estatística, conjuntamente com a possibilidade de visualização e análise geográfica oferecida pelos mapas. Esta capacidade distingue os SIGs dos demais Sistemas de Informações e torna-os úteis para organizações no processo de entendimento da ocorrência de eventos, predição e simulação de situações, e planejamento de estratégias (SANTOS, PINA E CARVALHO, 2000, p. 15)

Silveira (2010) explica que em um SIG os dados geográficos são organizados em camadas (Figura 5) que facilitam a visualização, o questionamento, o entendimento e a interpretação de fenômenos espaço-temporais, e revelam relações, padrões e tendências na forma de mapas, relatórios e gráficos.

Figura 5 – Representação de dados num SIG



Fonte: Adaptado de NOAA (2016).

Assim, os SIGs armazenam e manipulam informações espaciais utilizando um modelo de dados, que pode ser aplicado a questões de saúde pública, permitindo o mapeamento de doenças e avaliação de riscos.

Portanto, os SIGs de uma maneira geral permitem realizar diversas operações, que podem ser utilizadas conforme os objetivos do trabalho. De acordo com esses objetivos, deverão ser definidas a unidade espacial, a escala e as variáveis a serem analisadas (MAGALHÃES *et al.*, 2006).

4.3 Representação espacial através de pontos

A representação de eventos em forma de pontos constitui-se como uma das formas mais tradicionais de se elaborar mapas para estudos de Saúde Pública. Segundo Barcellos *et al.* (2007), o uso de pontos para localização de eventos, no momento da construção da base de dados geográfica e durante o procedimento de análise, minimiza problemas associados com as barreiras impostas pela delimitação de áreas administrativas.

O mapa de cólera em Londres feito por John Snow² é o exemplo mais tradicional da elaboração de mapas com padrão de pontos. Snow mostrou à população da época que as mortes devido ao surto da cólera em Londres se concentravam em torno do poço de água *Broad Street* (Figura 6).

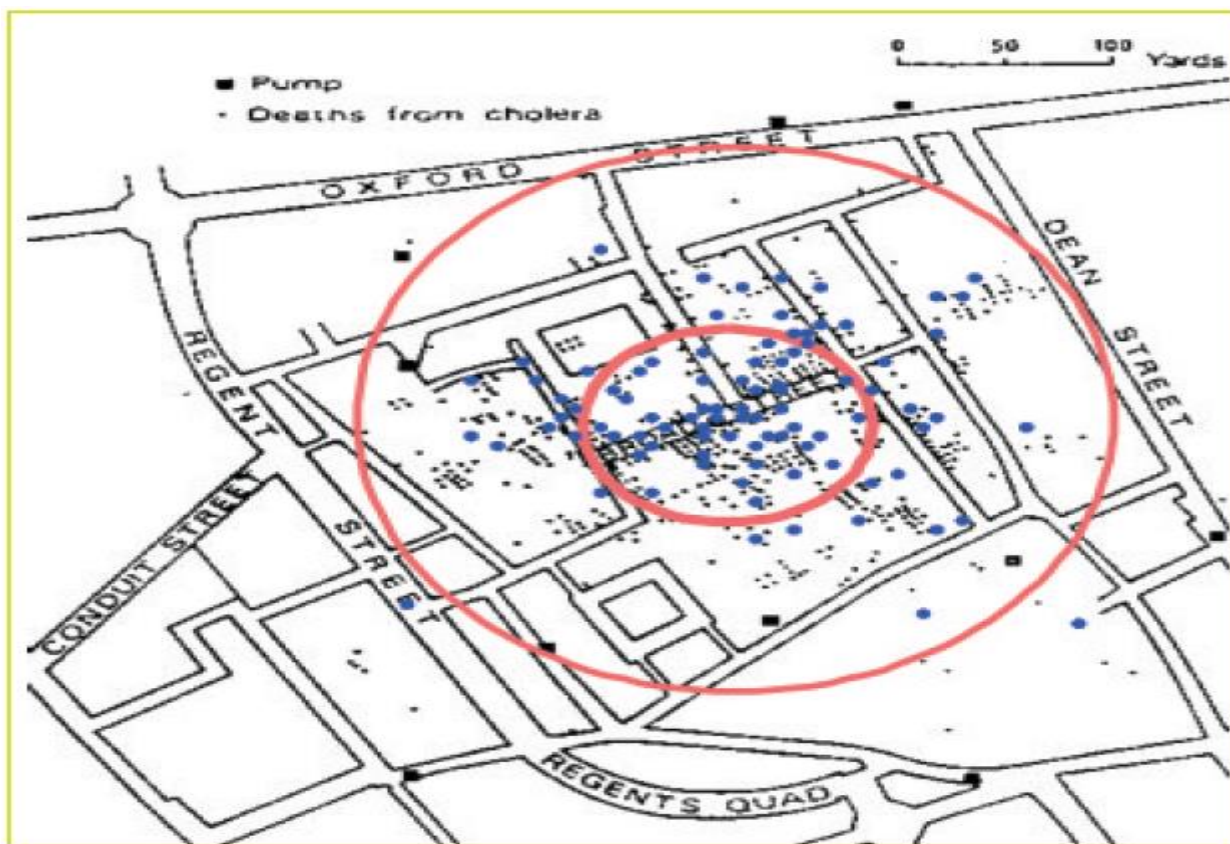
No caso de John Snow e de outros pesquisadores que representaram eventos de patógenos, pode-se utilizar técnicas de análise exploratória de dados espaciais para avaliar a distribuição dos pontos no espaço geográfico. A análise espacial de eventos deve ser realizada levando-se em conta: (a) visualização; (b) exploração e (c) modelagem (BAILEY e GATRELL, 1995).

Para explicar melhor as formas de análise espacial de pontos, recorre-se aos pressupostos de Barcellos (2007):

(a) *Visualização*: o principal objetivo da visualização de dados espaciais é verificar a demonstração gráfica de dados para avaliar padrões específicos de distribuição. O mapa é o modo classicamente usado para visualizar esses dados;

² Durante a epidemia de cólera na Inglaterra de 1850 a 1860, John Snow produziu diversos mapas para avaliar sua hipótese sobre a transmissão da cólera (SNOW, 1999).

Figura 6 – Localização de poços de água e mortes por cólera em Londres 1854



Fonte: Barcellos (2007).

(b) *Análise Exploratória*: por sua vez a aplicação de métodos exploratórios de dados espaciais implica a busca de uma descrição dos eventos apresentados, tentando gerar hipóteses ou mesmo modelos apropriados. Pode-se nesse caso usar ferramentas do SIG para medir distâncias e calcular densidades para permitir descrever os padrões espaciais de forma mais clara;

(c) *Modelagem*: a modelagem de dados espaciais, por outro lado, utiliza métodos que especificam modelos estatísticos e tentam estimar parâmetros. Preocupa-se com os fenômenos estocásticos, ou seja, aqueles que são sujeitos à incerteza, ou influenciados pelas leis de probabilidade.

Sendo assim, a análise de padrões de dados com representação por pontos, junto à métodos apropriados, constitui-se de suma importância para Vigilância em Saúde e consequentemente para a Saúde Pública.

4.4 Estatística espacial e análise geoespacial

Nos dias atuais, no âmbito da geografia, a análise geoespacial constitui-se como sinônimo de um conjunto de técnicas de manipulação de dados espaciais, amplamente influenciada pela estatística. Carvalho (2007) ainda expõe que através do uso dos SIGs é possível identificar, localizar e visualizar a ocorrência desses dados que se materializam no espaço geográfico.

Nessa perspectiva, a utilização das técnicas estatísticas atreladas às geoespaciais na geografia é fruto da necessidade de organizar, tratar e apresentar, sinteticamente, o grande volume de dados trabalhados atualmente pelos geógrafos. Soma-se a isso o fato de que geógrafos trabalham com variáveis georreferenciadas, o que possibilita a análise da “relação entre os fenômenos estudados e sua distribuição no espaço” (CARVALHO; BARROSO; ABREU, 2003, p. 10).

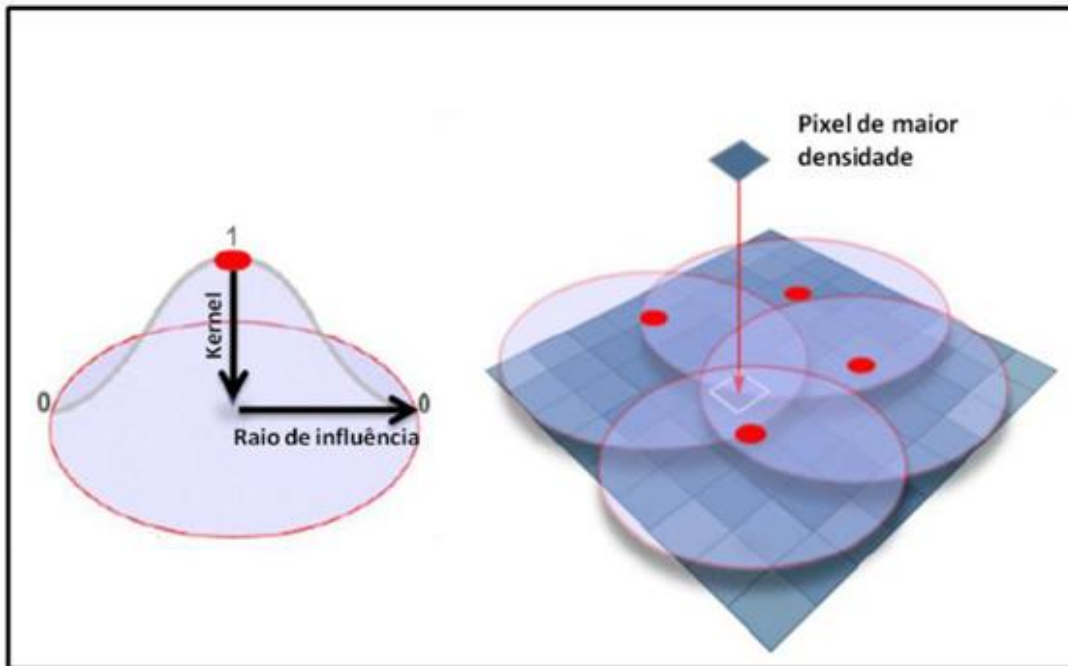
Segundo Barcellos (2007), a análise geoespacial compreende: métodos de visualização; métodos exploratórios; e métodos que auxiliem a escolha de um modelo estatístico e a estimação dos parâmetros desse modelo. Esses métodos utilizam os seguintes procedimentos: seleção, manipulação, análise exploratória e modelagem espacial.

Assim, utilizando-se da estatística é possível modelar a ocorrência de fenômenos, incorporando fatores determinantes da estrutura de distribuição espacial ou da identificação de padrões pontuais no espaço geográfico.

Nesse sentido, o estimador de intensidade Kernel constitui-se como bom exemplo, pois é uma técnica exploratória que serve para analisar o comportamento de pontos e estimar a intensidade pontual do processo em toda área de estudo. É um método muito útil e de fácil interpretação para o conhecimento da distribuição de eventos de primeira ordem.

Segundo Nogueira *et al.* (2009), essa técnica foi desenvolvida para obter uma estimativa suavizada de uma densidade de probabilidade univariada ou multivariada, a partir de uma amostra de dados observados. A função Kernel realiza uma contagem de todos os pontos dentro de um raio de influência, ponderando-se pela distância de cada um à localização de interesse (Figura 7).

Figura 7 – Estimador da intensidade de distribuição de pontos



Fonte: Bergamaschi (2014).

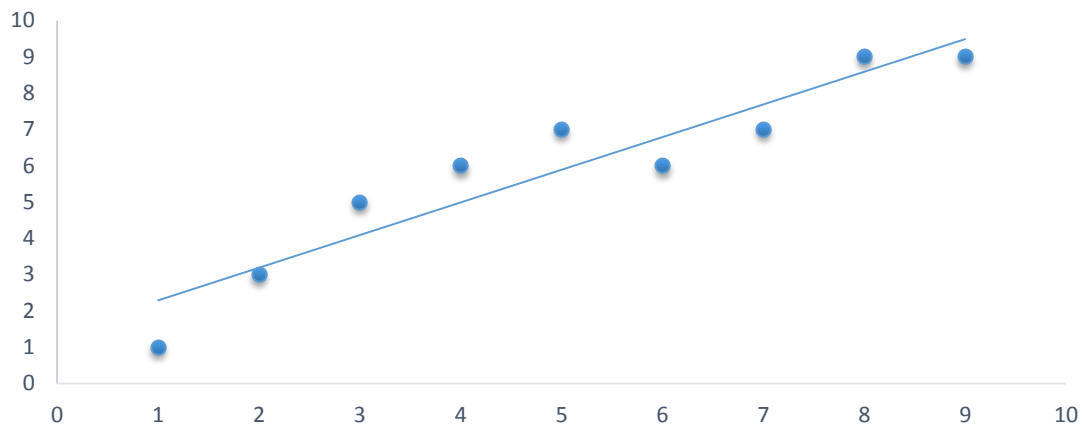
Assim, cada ponto da superfície possui um valor associado a função Kernel, e o alisamento dessa função consiste em cobrir a região de estudo de acordo com as faixas de intensidade calculadas. O resultado desse alisamento permite a detecção de áreas com maior e menor intensidade de eventos e áreas de transição entre eles.

Também é importante destacar a técnica estatística de Correlação Linear, a qual Crespo (2009) destaca que: pontos observados em conjunto, formam uma elipse em diagonal. Portanto, quanto mais fina for a elipse, mais ela se aproximará de uma reta. Com isso, a correlação de forma elíptica se assemelha a uma reta, dessa forma, denominada de correlação linear.

Ainda de acordo com Crespo (2009), constata-se que a representação da correlação linear associada a uma reta possuirá uma relação funcional. Por esse motivo, as relações funcionais são chamadas perfeitas. A Figura 8 apresenta uma correlação linear positiva, pois está em evidência uma reta ascendente.

Segundo Ayres *et al.* (2007), a análise de correlação linear proporciona um meio de se verificar o grau de associação entre duas ou mais variáveis. Tal nível de associação pode ser mensurado através do coeficiente de determinação (R^2) ou pelo coeficiente de correlação de Pearson (r).

Figura 8 – Exemplo de correlação linear positiva



Organização: Caio Américo P. de Almeida.

Nessa perspectiva, usa-se a estatística nos estudos em saúde para modelar a realidade, havendo diversas técnicas utilizadas pelos geógrafos e outros profissionais no sentido de maior compreensão das doenças no espaço geográfico.

Por conseguinte, para Carvalho (2007), técnicas estatísticas são simplificações da realidade usadas para entender um sistema, estudar seu funcionamento, buscar causas de fenômenos, avaliar intervenções, prever desfechos. Dessa maneira, nenhuma técnica estatística é mais certa que outra, porém algumas são mais úteis que outras de acordo com determinado objetivo.

4.5 Aspectos relacionados à dengue

A dengue atualmente é a mais importante arbovirose que afeta o ser humano, constituindo-se em um sério problema de saúde pública mundial (WHO, 2016). Essa doença ocorre especialmente nos países tropicais, onde as condições ambientais atreladas aos problemas sociais favorecem o desenvolvimento e a proliferação do *Aedes Aegypti*, principal mosquito vetor da doença (BARRERA *et al.*, 2000; GUBLER, 2002a; GUBLER, 2002b; BRASIL, 2014).

O *Aedes Aegypti* é originário da África Subsaariana, mas atualmente vive em regiões tropicais e subtropicais do globo, entre as latitudes de 35° norte e 35° sul (JARBAS JÚNIOR e FERNANDO JÚNIOR, 2008; TAUIL, 2002). Schatzmayr (2008) aponta o vírus da dengue como o mais difundido geograficamente, sendo encontrado em áreas tropicais ou subtropicais de todo o mundo (Figura 9).

Figura 9 – Risco global de dengue para o ano de 2013



Fonte: WHO (2014).

A intensidade e rapidez dos fluxos, como as viagens de pessoas e de bens, possibilita o aumento da circulação dos vírus e vetores, e auxiliam na manutenção e disseminação da doença (CATÃO, 2012), ao passo que sua adaptação aos seres humanos mantém a circulação dos vírus em áreas urbanas, especialmente nas grandes cidades de países tropicais (GUBLER, 2004).

A concentração de chuvas aliada a um ambiente com temperaturas ideais, cria uma situação ótima para ocorrência de casos de dengue e dispersão do *Aedes Aegypti*. Embora possa manter uma população considerável durante as estações menos chuvosas, à custa dos criadouros semipermanentes e independentes das chuvas (caixas d'água, cisternas, latões, etc.), é durante a estação chuvosa que a população do *Aedes* realmente alcança níveis elevados e de importância para fins de transmissão de patógenos (CONSOLI e OLIVEIRA, 1994).

Brasil (2014) caracteriza a dengue como doença febril aguda, que pode apresentar um amplo espectro clínico: enquanto a maioria dos pacientes se recupera após evolução clínica leve e autolimitada, uma pequena parte progride para doença grave.

Ainda segundo Brasil (2014), o agente etiológico³ é um vírus RNA, arbovírus⁴ do gênero flavivirus, pertencente à família flaviridae. A infecção por um dos vírus da dengue dá

³ Agente causador de uma doença.

⁴ Termo específico que refere-se aos vírus transmitidos aos seres humanos através dos mosquitos.

proteção permanente para o mesmo sorotipo e imunidade parcial e temporária contra os outros três, ou seja, a imunidade é permanente para um mesmo sorotipo, havendo imunidade cruzada temporariamente (MAGALHÃES, 2011 p.50).

Os quatro tipos de vírus favorecem a expansão e o surgimento de epidemias de dengue, aumentam a taxa de alterações genéticas dos vírus, e assim, aumentam a probabilidade de surgimento de cepas ou genótipos virais com maior capacidade de replicação, de mais fácil transmissão e com grande potencial epidêmico ou virulência (GÚZMAN et al., 2006; RIVEIRA e RODRÍGUEZ, 2010).

A transmissão ocorre pela picada do mosquito *Aedes Aegypti* no ciclo ser humano – *Aedes Aegypti* – ser humano. Vale destacar que recentemente foram registrados casos de transmissão vertical (gestante–bebê) e por transfusão sanguínea (BRASIL, 2014).

O período de incubação varia de 4 a 10 dias, sendo em média de 5 a 6 dias. O período de transmissibilidade compreende dois ciclos: um intrínseco, que ocorre no homem, e outro extrínseco, que ocorre no vetor. Quando o vírus da dengue circulante no sangue de um humano em viremia é ingerido pela fêmea do mosquito durante o repasto, infecta o intestino médio e depois se espalha sistemicamente ao longo de um período de 8 a 12 dias. Após esse período de incubação extrínseca, o vírus pode ser transmitido para humanos durante futuros repastos. Este período de incubação é influenciado por fatores ambientais, especialmente a temperatura. Em seguida o mosquito permanece infectante até o final da sua vida, que é de 6 a 8 semanas (BRASIL, 2014).

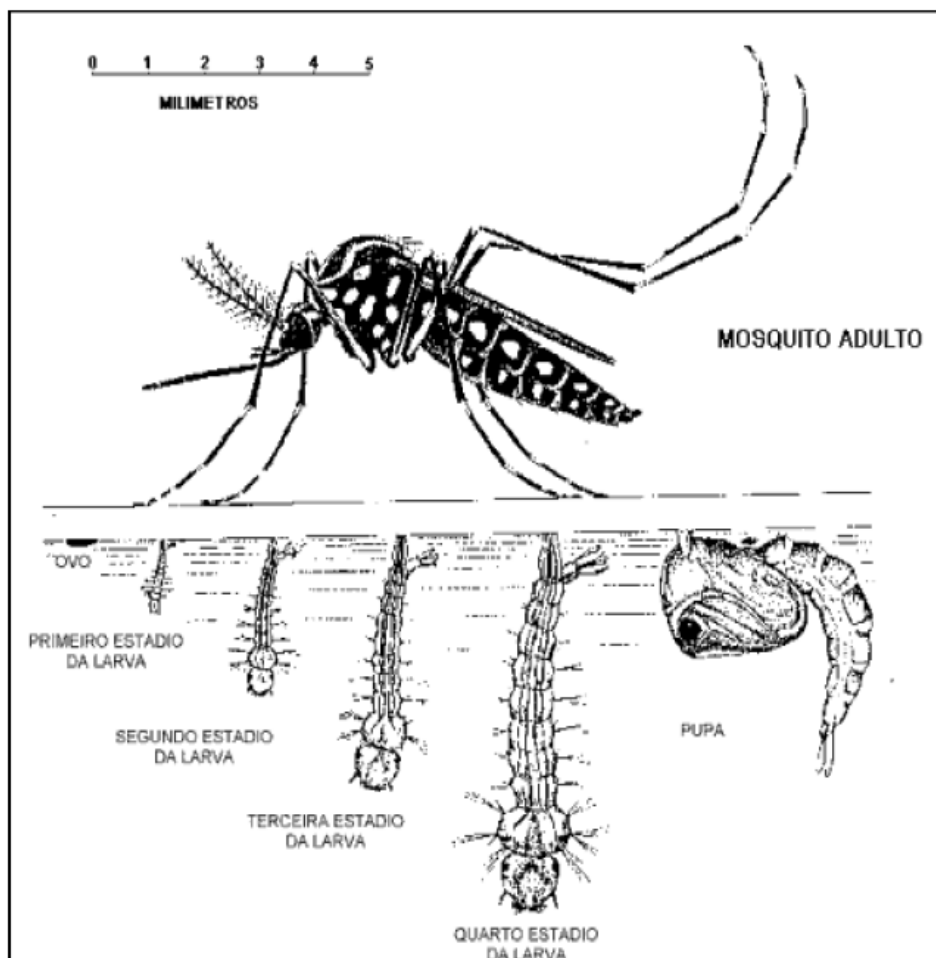
O *Aedes Aegypti* é um mosquito adaptado ao ambiente urbano de características peri e interdomiliares. Prolifera-se em diversos recipientes, geralmente introduzidos no ambiente pelo homem, a exemplo de pneus velhos abandonados, garrafas, vasos de plantas, calhas, piscinas, entre outros, cujas paredes servem à ovipostura do mosquito. Macho e fêmea alimentam-se da seiva das plantas, presentes, sobretudo, no interior das casas, no entanto apenas a fêmea pica o ser humano em busca de sangue para maturar os ovos (OPAS, 1982).

O mosquito tem hábitos diurnos, pica o homem desde o amanhecer até o fim do dia e abriga-se no interior das casas para repousar em cantos sombrios, atrás de móveis, quadros, armários, entre outros refúgios (REY, 1992; NEVES, 1998). Soma-se a isso o fato de que os múltiplos e frequentes repastos sanguíneos apenas da fêmea do *Aedes*, outra especificidade da espécie, ampliam as oportunidades de inoculação viral (SILVEIRA JÚNIOR, 2010).

Seu ciclo de vida compreende quatro etapas (Figura 10). O contato dos ovos com a água é fundamental, pois é a partir desse contato que há a eclosão. Após saírem dos ovos as larvas passam por quatro estágios de desenvolvimento, em um período que varia de acordo com a temperatura, a disponibilidade de alimento e a densidade larvária no recipiente (MAGALHÃES, 2011 p. 52). A fase seguinte é a fase de pupa seguida da metamorfose para mosquito. A estimativa de tempo completo do ciclo é muito imprecisa, visto a complexidade de fatores envolvendo sua dinâmica.

Jarbas Júnior e Fernando Júnior (2008) chamam a atenção que o período de incubação do ovo até a pupação pode variar de 5 dias em condições ótimas a semanas em locais com baixa temperatura e alimento insuficiente, sendo que um ovo pode resistir até um ano sem eclodir. Ainda para esses autores, a fase pupa dura de 2 a 3 dias e dois dias após virarem mosquito eles estão aptos a acasalar, reiniciando o ciclo. Em média, cada *Aedes Aegypti* vive em torno de 30 dias e a fêmea chega a colocar entre 150 e 200 ovos de cada vez.

Figura 10 – Fases do desenvolvimento do mosquito *Aedes Aegypti*



Fonte: Oliveira (2006).

O *Aedes Aegypti* desenvolveu uma grande capacidade de adaptação ao ambiente urbano, com isso, há muitos pesquisadores examinando o desenvolvimento desse mosquito na tentativa de descobrir seus hábitos e comportamentos. Jarbas Júnior e Fernando Júnior (2008, p.12) afirmam que,

pequenas altitudes, a temperatura, a umidade e a precipitação média anual afetam a sobrevivência e reprodução do vetor, da mesma maneira que a temperatura afeta a replicação do vírus no vetor. Esses parâmetros geográficos e climáticos podem ser utilizados para estratificar as áreas em que se espera que a transmissão seja endêmica, epidêmica ou esporádica.

Em relação à temperatura, Focks *et al.* (1995) estimam que o período de incubação extrínseco do vírus é de aproximadamente 8 dias, para temperaturas de 32° C e de 16 dias para temperaturas de 22° C, comprovando que as chances das fêmeas de completar o período de incubação é 2,6 vezes maior quando submetidas às temperaturas mais baixas.

Há estudos como o de Watts *et al.* (1987) que verificaram a temperatura do ar interferindo nas atividades de repasto sanguíneo das fêmeas dos mosquitos e em sua longevidade. Estes e outros estudos como os de Patz *et al.* (1998) indicam que a temperatura e a precipitação induzem variações na eficiência vetorial do *Aedes Aegypti*, sendo determinantes importantes no padrão cíclico anual da dengue.

4.6 Clima e dengue

O clima e suas variações exercem grande influência sobre a sociedade e se manifestam de diversas maneiras, sobretudo na saúde humana. Assim, existe a possibilidade de haver uma relação, direta ou indireta, entre as irregularidades do tempo atmosférico⁵ e do clima⁶ e o agravamento do estado de saúde das coletividades. Nesse contexto, as condições térmicas, higrométricas, pluviométricas e de dispersão de poluentes pelos ventos podem exercer significativo controle sobre morbidades (AYOADE, 2010).

Segundo Mendonça (2000), a saúde humana é fortemente influenciada pelo clima através das condições térmicas, de dispersão (ventos e poluição) e umidade do ar, exercendo destacada influência sobre a manifestação de muitas doenças, epidemias e endemias, criando condições favoráveis ao desenvolvimento dos transmissores de doenças contagiosas.

⁵ Segundo Mendonça e Dani-Oliveira (2007), refere-se ao estado momentâneo dos elementos atmosféricos.

⁶ Mendonça e Dani-Oliveira (2007) entende como um agregado de fenômenos de cunho meteorológico que definem as condições médias atmosféricas de uma dada porção da superfície da Terra.

Portanto, considera-se que o clima possui grande relevância no que diz respeito à qualidade de vida da população, especialmente, no que se refere à saúde, visto que há uma forte relação entre os elementos atmosféricos e a incidência de algumas doenças em ambientes tropicais.

Entre as diversas maneiras que o clima pode afetar a saúde do homem, Ayoade (2004) expõe que o clima desempenha papel determinante na incidência de certas doenças, uma vez que “afeta a resistência do corpo humano a algumas doenças” e em segundo lugar influencia o crescimento, a propagação e a difusão de alguns organismos patogênicos ou de seus hospedeiros (AYOADE, 2004, p. 291). Assim, doenças como a dengue tendem a se disseminar em áreas de clima tropical (quente e úmido), pois é onde o seu principal transmissor no Brasil (*Aedes Aegypti*) encontra o ambiente favorável para sua reprodução.

Aleixo e Sant’anna Neto (2011) explicam que as principais enfermidades que se associam diretamente ao clima nas cidades brasileiras são as de veiculação hídrica (ex: dengue, leptospirose), que dependem da quantidade e da forma de disposição de água no sistema urbano.

É principalmente no sistema urbano que há grande concentração de recipientes (pneus, calhas garrafas, latas e baldes), que acumulam água e acabam servindo de foco para proliferação de insetos – no caso desta pesquisa, o vetor da dengue – e fonte potencial de enfermidades de veiculação hídrica.

Com isso, o clima, principalmente dos locais com maiores pluviosidades desempenham papel importante na incidência da dengue. Todavia, é importante lembrar que o principal mosquito vetor da doença normalmente é encontrado em regiões tropicais e subtropicais, sendo assim, a temperatura também ganha papel de destaque. Roseghini (2013) afirma que o vetor ainda pode ser encontrado 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.

Dentro desse contexto, Rouquayrol (1999) expõe que os elementos climáticos que mais influenciam o vetor no processo de transmissão da dengue são a temperatura do ar, a umidade relativa e a precipitação pluviométrica, embora exista também uma pequena interferência no deslocamento do mosquito pela velocidade do vento.

Portanto, destaca-se o papel dos elementos climáticos na propagação das endemias, devendo considerar a maior ou menor influência de um determinado elemento sobre os organismos patogênicos e seus hospedeiros, no caso deste trabalho, com foco para o vírus da dengue da família *Flavivirida* e o mosquito da família *Culicidae*.

4.7 Circulação atmosférica

Para entender as condições climáticas de uma dada região é necessário levar em consideração a movimentação do ar e a consequente influência que o ar de uma região provoca em outra. Dentro da compreensão dinâmica, Nimer (1979) ressalta que o fator mais importante para o entendimento do clima de um determinado local é a atuação das massas de ar.

De acordo com Mendonça e Dani-Oliveira (2007), para estudar a atmosfera segundo uma concepção dinâmica é preciso levar em conta, primeiramente, os mecanismos de circulação atmosférica e os sistemas atmosféricos – as massas de ar e as frentes relacionadas a ela.

Ainda segundo Mendonça e Dani-Oliveira (2007), a circulação atmosférica dá origem aos centros de ações, que exercem o controle climático do planeta. Tais centros também são conhecidos como células de alta pressão (anticiclônicas) ou de baixa pressão (ciclônicas), esses são os responsáveis pela movimentação dos ventos em extensas áreas do planeta, onde o ar escorre dos centros de alta pressão para os de baixa pressão. Dessa maneira, considera-se que esses centros exercem o controle climático do planeta, devido ao fato de que, dentre outras influências, é nesses centros que se originam as massas de ar e os sistemas frontais a essas associados, elas são as principais responsáveis pela dinâmica do clima de uma região.

Nessa perspectiva, destaca-se a Massa Tropical Atlântica (MTA) na influência da dinâmica climática da área de estudo. Essa massa é formada pelo centro de alta pressão – Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul – localizado na região marítima quente do Atlântico Sul. Porém, Há certa ambiguidade literária acerca da formação de uma segunda massa de ar nesse centro de ação, denominada Massa Equatorial Atlântica (MEA)⁷.

⁷ Souza (1998), para tentar contornar essa situação, preferiu adotar o termo Sistema Tropical Atlântico (TA) para designar a ação resultante da dinâmica atmosférica do Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul.

Mendonça e Dani-Oliveira (2007) considera a MTA como sendo uma das principais massas de ar da dinâmica atmosférica da América do Sul. A presença dessa massa é constante ao longo do ano principalmente na porção litorânea, e a partir do anticiclone do Atlântico Sul, partem os ventos alísios de sudeste que atuam nos municípios desta pesquisa.

A circulação atmosférica atuante nos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux é resultado do dinamismo atmosférico superior, que se configura na circulação global. Os processos físicos interativos dessa atmosfera superior estabelecem, influenciam e controlam os centros de ação, os quais determinam o comportamento da atmosfera em nível de grandeza inferior (MOURA, 2013, p. 80).

Os sistemas atmosféricos que influenciam a área de estudo atuam nas áreas de baixa latitude e provocam, habitualmente, estabilidade atmosférica entre setembro e janeiro e instabilidade no período sazonal do final do verão, outono e inverno, correspondendo aos meses de fevereiro a agosto.

A Tabela 2 apresenta os principais sistemas atmosféricos que atuam sobre os municípios em estudo que podem ser classificados de acordo com o tempo de duração e tamanho.

Tabela 2 – Principais sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo

Macroescala	Mesoescala	Escala local
<i>ZCIT</i>	RFF	Brisas marítimas/terrestres
	VCAS	
	CCM's	
	LI	
	OL	

Fonte: CPTEC/INPE e Marinha do Brasil.

Organização: Caio Américo P. de Almeida.

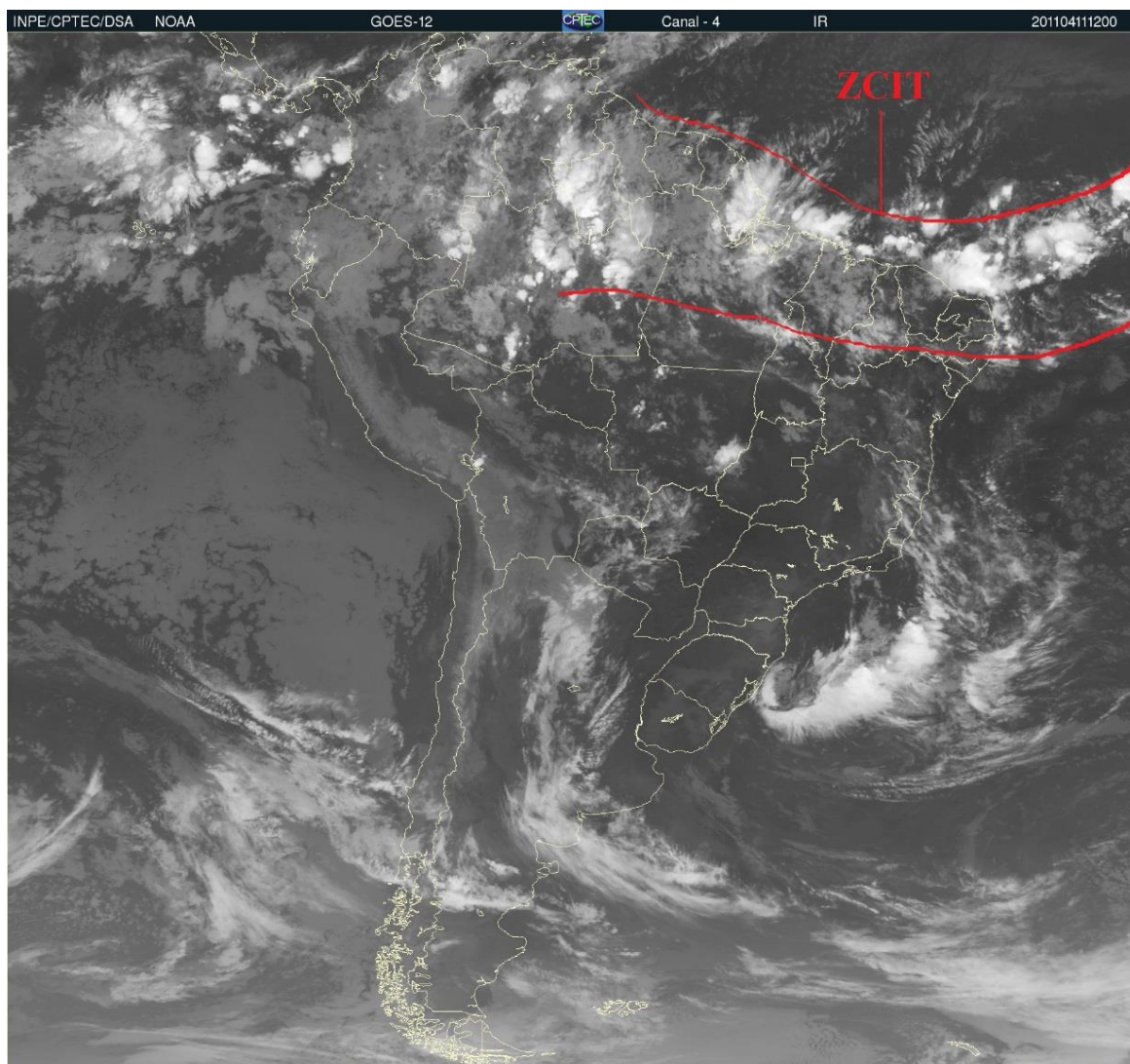
- **Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)**

É uma extensa região de convergência, de 3 a 5 graus de largura, que tem um deslocamento sazonal para o hemisfério norte (inverno-primavera) e para o sul (verão-outono), provocada pelas variações dos alísios e da temperatura de superfície do mar (TSM) no Atlântico Norte e Sul (SOUSA, 1998; FERREIRA; MELLO, 2005).

Pereira (2014) expõe que para João Pessoa, a ZCIT (Figura 11) é o sistema de maior significância na formação das chuvas da pré-estação chuvosa (fevereiro-abril), podendo

contribuir ainda com chuvas no início da estação chuvosa (maio). Como esse sistema é de Macroescala (atuação em áreas com centenas de quilômetros) e os municípios estudados estão conurbados, conclui-se que a mesma influência constatada em João Pessoa serve para toda área de estudo.

Figura 11 – Atuação da ZCIT no setor norte e leste da Região Nordeste no dia 11 de abril de 2011



Fonte: Adaptado do CPTEC/INPE (2016).

- **Repercussões de Frentes Frias (RFF)**

Segundo Mendonça e Dani-Oliveira (2007), uma frente fria ocorre quando o ar frio, mais denso e mais pesado, empurra o ar quente para cima e para frente, fazendo-o se retirar da

área, tanto por elevação quanto por advecção⁸. As Frentes Frias (FF) ao se deslocarem para regiões mais próximas do Nordeste interferem indiretamente na dinâmica climática da região a partir de “resquícios” do sistema nas áreas equatoriais, assim chamadas por Souza (1998) de Repercussões de Frentes Frias (RFF), sendo sistemas frontais em oclusão⁹, que provocam uma nebulosidade cujo deslocamento é de sul para norte, principalmente.

Souza (1998) e Molion e Bernardo (2002) explicam que durante parte do outono e principalmente no inverno, as frentes frias são uma importante fonte de pluviosidade para o nordeste, principalmente para o setor sul e posteriormente para o leste dessa região (devido à extensão desse setor, essa influência sobre o litoral leste do Nordeste decai à medida que as frentes ou suas repercussões avançam para latitudes menores). Porém, para que as frentes cheguem até as latitudes mais baixas, precisam estar mais vigorosas, assim sendo, a maior influência delas sobre a área de estudo se dá sobre forma de repercussões de frente durante o inverno.

- **Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS)**

Sistema meteorológico de origem tropical, formado no Oceano Atlântico entre os meses de novembro e março, mas com maior frequência de atuação nos meses de janeiro e fevereiro. O tempo de duração desse sistema varia, em média, entre sete e dez dias. O sistema dá origem a um aglomerado de nuvens, com formato de círculo, girando no sentido horário com o percurso de leste para oeste. Sua borda (região de baixa pressão), zona periférica do vórtice, é marcada por nuvens provocadoras de chuva e o centro (região de alta pressão) caracteriza-se por apresentar movimentos de ar de cima para baixo, o que aumenta a pressão e inibe a formação de nuvens (FERREIRA e MELLO, 2005, p. 20).

- **Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's)**

De acordo com Ferreira e Mello (2005), são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis, como temperatura, relevo, pressão, e provocam chuvas fortes e de curta duração. O tempo de vida deste sistema geralmente é curto, sua gênese comumente ocorre durante o período noturno sobre o oceano atlântico sul. Segundo Dias *et al.*

⁸ Transferência de calor pelo deslocamento do sistema atmosférico no sentido horizontal.

⁹ Sistemas que provocam chuvas devido ao contato de uma frente fria com uma frente quente, onde o ar quente é empurrado para cima.

(2009), este “evolui ao longo do seu ciclo de vida modificando sua intensidade, seu tamanho, sua forma e a composição das nuvens”.

Gomes Filho *et al.* (1996) explicam que frequentemente a propagação desses sistemas sobre a Paraíba ocorre no período de março a junho, e se origina sobre o oceano, seguindo daí uma trajetória praticamente zonal, se intensificando após chegar à costa e interagindo com a topografia. Ele ainda expõe que esse sistema também se origina a partir de perturbações ao sul da ZCIT.

- **Linhas de Instabilidade (LI)**

As Linhas de Instabilidade são bandas de nuvens causadoras de chuva, normalmente do tipo cúmulus¹⁰, organizadas em forma de linha ou curva. Desenvolvem-se frequentemente na costa norte e leste do Nordeste Brasileiro e formam-se com maior frequência entre os meses de novembro a março. Souza (1998) apresenta as principais características genéticas das LI:

as Linhas de Instabilidade constituem um sistema que se desenvolvem associado à circulação de mesoescala. Apresentam-se no litoral e adentram pelo continente, formadas pela convecção aumentando os índices de pluviosidade. A distribuição vertical de temperatura e umidade é tal que o levantamento de uma camada inteira de ar tenderá a deixar esse ar instável, e ocorrerá o fenômeno da condensação. As LI formam-se também entre os campos de pressão, no continente (SOUSA, 1998, p. 181).

As linhas de instabilidade ocorrem no período da tarde e início da noite, sua formação acontece "basicamente pelo fato de que com a grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical ocorre o desenvolvimento das nuvens cúmulus, que atingem um número maior à tarde, quando a convecção é máxima, com consequentes chuvas" (FUNCEME, 2014).

- **Onda de Leste (OL)**

São sistemas que se deslocam de leste para oeste, a partir da costa da África, até atingirem o Nordeste setentrional e leste. Esses sistemas de mesoescala provocam chuvas principalmente na Zona da Mata, que se estende desde o Recôncavo Baiano até o litoral do Rio Grande do Norte. Segundo Nimer (1979) e Silva (2007) elas ocorrem com mais

¹⁰ Nuvens com grande extensão vertical carregadas de umidade que produzem principalmente chuvas e raios.

frequência durante os meses de outono e inverno (de maio a agosto), tornando-se menos comuns durante as outras estações.

- **Brisas Marítimas e Terrestres**

Para Monteiro (2011), as Brisas Marítimas e Terrestres resultam do aquecimento e resfriamento diferenciais que se estabelecem entre a terra e a água. Esse fato torna-se mais evidente na costa marítima, onde durante o dia, o solo costeiro esquentar mais facilmente do que a água. Assim, o ar logo acima do solo é empurrado para cima pelo ar frio que vem das camadas mais próximas à água para substituí-lo. Tem-se, então, a brisa marítima. À noite, o processo se inverte, pois o solo esfria mais rapidamente que a água, fazendo com que o ar mais aquecido se encontre agora acima do mar e seja, então, empurrado pelo ar frio proveniente do solo. As brisas são responsáveis pela maior contribuição dos valores de umidade.

Ferreira e Mello (2005, p.23) apontam que “as brisas marítimas chegam a penetrar até 100 km para dentro do continente”, contudo essa distância pode variar, pois podem avançar maiores ou menores distâncias dependendo da configuração do relevo.

5. MATERIAL E MÉTODOS

Várias técnicas foram utilizadas na perspectiva de se entender o comportamento da dengue na área de estudo e sua relação com fatores socioambientais. Destaca-se a utilização do centro geográfico ponderado e distância padrão, técnicas aplicadas na tese de Ferreira (2003) para entender a epidemia da dengue ocorrida na mesorregião de São José do Rio Preto – SP em 2011, além dos coeficientes de correlação linear (R^2 e r) e distância média ao vizinho mais próximo.

5.1 Coleta de dados e construção de banco de dados

O banco de dados foi construído a partir de dados primários (através de fotografias realizadas em outubro de 2016) e secundários (climáticos, epidemiológicos e socioeconômicos), dos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux entre 2011 e 2014.

É importante destacar que decidiu-se trabalhar com os três municípios visto que as áreas urbanas estão conurbadas e a difusão da doença não respeita limites territoriais. Em virtude desse fato, muitas pessoas migraram entre esses municípios para serem atendidas em diversos postos de saúde diferentes de suas moradias. Também é importante destacar que a escolha da série histórica consolidou-se devido à padronização dos dados para todos os municípios, tendo em vista que os dados anteriores a 2011, para o município de Cabedelo, estavam inconsistentes.

A relação dos casos de dengue foi obtida nas Secretarias Municipais de Saúde dos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux por meio do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan), referente aos casos registrados de dengue entre 2011 e 2014. Para a construção da base cartográfica foi utilizada uma imagem de alta resolução espacial do satélite *Quickbird* de 2011. Essa imagem foi georreferenciada e em seguida foram traçadas as ruas, os limites dos bairros, a malha de quadras e de lotes e os limites municipais de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux.

Os registros dos casos detectados de dengue consideram o endereço completo (rua, número, CEP e bairro). Os casos notificados da doença foram geocodificados com base no endereço contido na ficha de atendimento do paciente. Cada caso foi localizado

geograficamente na imagem de satélite utilizada e na base cartográfica da malha de lotes dos municípios.

Entretanto, muitos dos casos não foram localizados devido a falhas no preenchimento dos formulários referentes ao endereço dos pacientes, pois algumas informações estavam incompletas, como por exemplo, o endereço completo da residência, o que impossibilitou a localização geográfica de alguns dos casos notificados.

Com isso, os dados da dengue tornaram-se geograficamente referenciados, sendo possível a identificação dos casos da doença na área de estudo e a aplicação de técnicas de análise geoespacial.

Em relação aos elementos climáticos, foram utilizados dados mensais de precipitação, umidade relativa do ar, temperatura média compensada (Eq. 1.0), máxima e mínima da estação meteorológica convencional¹¹ localizada em João Pessoa para o período de 2011 a 2014. Esses dados foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), acessando o banco de dados climático no endereço: <http://www.inmet.gov.br/portal>.

$$Temp.compensada = \frac{T9+2.T21+Tmáx.+Tmín.}{5} \quad (Eq. 1)$$

sendo: T9 = Temperatura nove da manhã, T21 = Temperatura nove da noite, Tmáx. = Temperatura máxima, e Tmín. = Temperatura mínima.

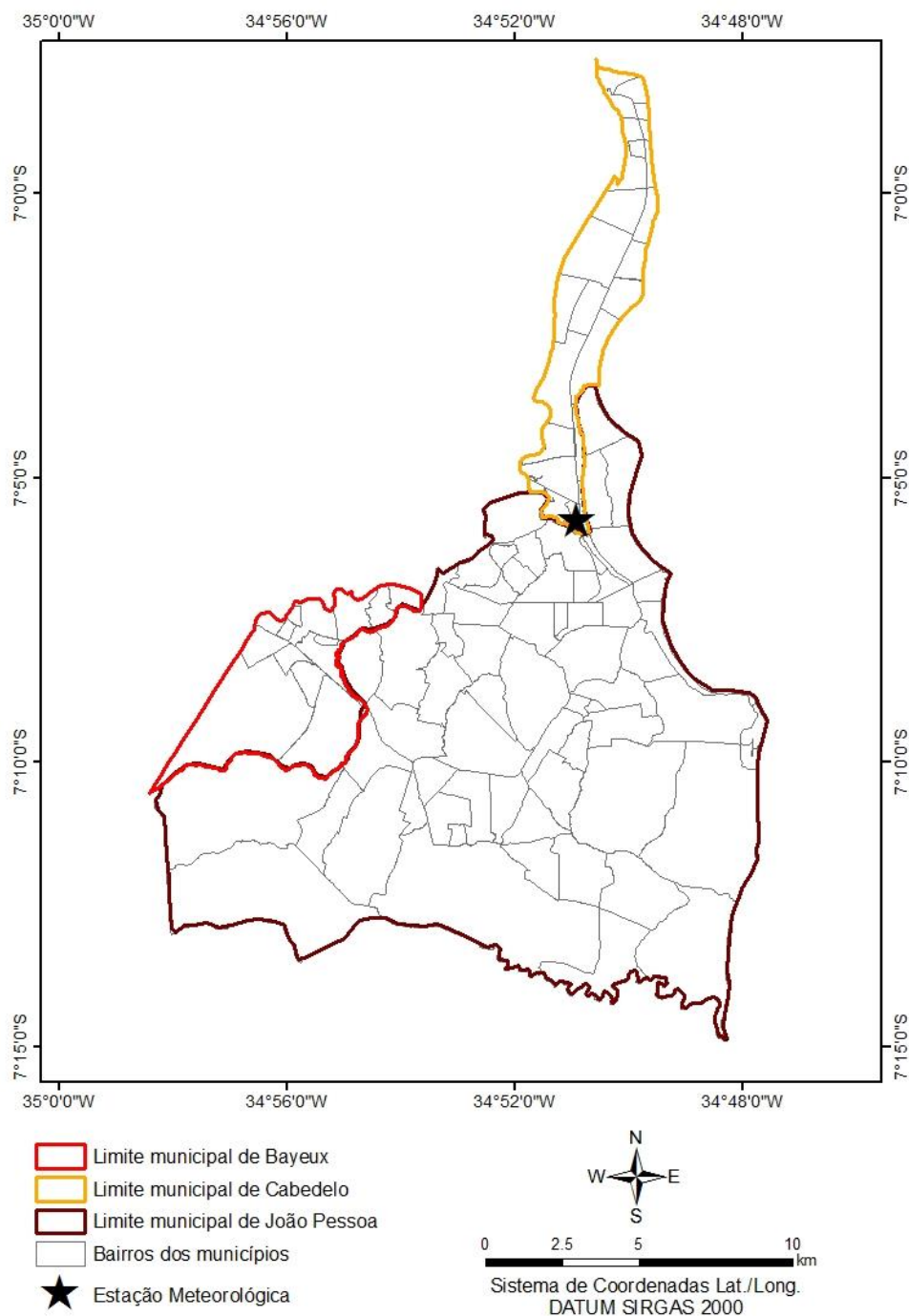
A fórmula da temperatura compensada, utilizada pelo INMET, é divulgada por hora UTC (*Universal Coordinated Time*). Nesse sentido destaca-se que um dos elementos fundamentais para o bom êxito da operação da rede meteorológica é a uniformidade dos horários em que se fazem as observações. Assim, para a conversão no horário dos municípios estudados, utilizou-se o meridiano de 45° W de Greenwich (fuso correspondente a área de estudo). Com isso, a coleta dos dados aconteceu às 09:00, 15:00 e 21:00 horas.

De acordo com a OMM (1983), os dados dessa estação são suficientes para cobrir toda área estudada (275 km²). Portanto, os valores dos elementos climáticos serviram para todos os municípios. Mas, deve-se destacar que a OMM define as características climáticas de uma determinada região a partir das variações médias dos elementos meteorológicos ao longo de

¹¹ É o local onde o observador faz a avaliação de um ou de diversos elementos meteorológicos em um determinado momento da observação, portanto, difere da estação automática que não precisa do observador.

no mínimo 30 anos, impossibilitando muitas vezes a utilização de outras fontes de dados meteorológicos – com menor escala temporal – para caracterização climática.

Figura 12 – Localização da estação meteorológica do INMET



É importante ressaltar que de acordo com a Figura 12, identifica-se que a estação meteorológica está localizada no município de Cabedelo, porém os dados fornecidos pelo site do INMET expõe que ela pertence ao município de João Pessoa.

No que tange aos dados socioeconômicos, esses foram obtidos através do banco de dados do IBGE, correspondente ao censo de 2010, através do endereço <http://www.ibge.gov.br/>. A escolha dos indicadores socioeconômicos efetuou-se devido à forte relação deles com aumento de casos de dengue constatado por Costa e Natal (1998); Scandar (2007); Almeida, Medronho e Valencia (2009); e Magalhães (2015).

Nessa perspectiva, os indicadores socioeconômicos foram associados aos bairros por meio dos códigos dos setores censitários e foram: (a) Domicílio particular permanente, (b) Moradores em domicílio particular permanente, (c) Domicílio particular permanente sem abastecimento de água, (d) Domicílio particular permanente sem coleta de lixo, (e) Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal até $\frac{1}{2}$ salário mínimo, (f) Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de $\frac{1}{2}$ a 3 salários mínimos, (g) Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de 3 a 10 salários mínimos, (h) Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de 10 a 20 salários mínimos, (i) Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal mais de 20 salários mínimos.

Porém, o IBGE não fornece dados socioeconômicos para o município de Cabedelo por bairros, apenas por setor censitário. Com isso, através de técnicas de geoprocessamento, criou-se o limite vetorial em formato *shapefile* dos bairros a partir da vetorização do mapa de bairros disponibilizado pelo site da Prefeitura Municipal de Cabedelo (<http://www.cabedelo.pb.gov.br>) e estabeleceu-se o seguinte critério: o setor que possuir a maior área dentro do limite territorial de determinado bairro possuirá suas informações socioeconômicas associadas àquele bairro.

5.2 Coeficientes de correlação

Para a correlação entre os fatores socioambientais e casos de dengue aplicou-se o coeficiente de determinação (R^2) e coeficiente de correlação de Pearson (r). Com isso, deve-se considerar que o coeficiente de determinação fornece uma equação que descreve o relacionamento em termos matemáticos e o coeficiente de Pearson mede a intensidade de relacionamento entre duas variáveis ou mais.

Desse modo, o R quadrado fornece uma função que relaciona as variáveis e serve para avaliar a qualidade de uma regressão linear. A equação do R^2 é dada por:

$$R^2 = \frac{\hat{\beta}_1 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) Y_i}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) Y_i \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) Y_i}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} = \frac{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

sendo n é o número de observações, x a variável independente (dados socioambientais) e y a variável dependente (casos de dengue). Com isso, o R^2 expõe quanto a variação de y pode ser explicada pela variação de x .

Assim, esse coeficiente indica quanto o modelo foi capaz de explicar os dados, sendo que o valor de R quadrado está sempre entre 0 e 100%. Quanto mais próximo de 100% maior será a correlação.

O coeficiente de correlação de Pearson calcula o valor de r com uso de dados amostrais. Esse coeficiente constitui uma estatística usada para medir a intensidade da correlação entre as variáveis x e y .

O coeficiente de correlação de Pearson é representado pela equação:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (\text{Eq. 3})$$

sendo n o número de observações, x a variável independente (dados socioambientais) e y a variável dependente (casos de dengue).

Para se considerar que há uma boa correlação entre as variáveis analisadas, utilizando o coeficiente de Pearson, é necessário que o resultado esteja entre 0,6 e 1,0. Caso o resultado esteja no intervalo entre 0,3 e 0,6 há uma correlação relativamente fraca entre as variáveis, e também se estiver entre 0 e 0,3 a correlação é muito fraca e, praticamente, nada pode-se concluir sobre a relação entre as variáveis em estudo (CRESPO, 2009).

Com isso, Crespo (2009) expõe:

- a) se $r = +1$, há uma correlação perfeita positiva entre as variáveis;
- b) se $r = -1$, há uma correlação perfeita e negativa entre as variáveis;
- c) se $r = 0$, não há correlação entre as variáveis.

Para gerar o coeficiente de determinação R^2 e o coeficiente de correlação de Pearson (r) utilizou-se o pacote estatístico Microsoft Excel 2013. Desse modo, a partir dos resultados desses coeficientes expressos nas correlações entre os casos de dengue e os indicadores socioambientais (elementos climáticos e indicadores socioeconômicos), partiu-se para produção de tabelas e gráficos.

5.3 Distância média ao vizinho mais próximo

O índice estatístico R_n é definido pela razão entre a distância média calculada de cada ponto até o ponto vizinho mais próximo (L_o), e a distância média esperada entre todos os pontos do mapa (L_e).

A escala dos valores de R_n varia de 0,0 (agregação máxima dos pontos) a 2,15 – (dispersão máxima); se $R_n = 1,0$ o padrão será aleatório e independente das características locais (Ferreira, 2014). O cálculo de R_n pode ser realizado por meio da equação 4, sistematizada por Willian (1972) e Taylor (1977).

$$R_n = \frac{L_o}{L_e} \quad (\text{Eq. 4})$$

Para o cálculo do valor esperado para a distância, média entre os vizinhos mais próximos (L_e) utilizou-se a equação 5

$$L_e = \frac{1}{2\sqrt{\frac{n}{A}}} \quad (\text{Eq. 5})$$

em que, n é o número total de pontos e A é a área total do mapa.

Para esse procedimento utilizou-se o *Quantum Gis Dufor* (QGIS) versão 2.12.3. Segundo a *Free Software Foundation* (FSF) e a *Open Source Initiative* (OSI), as duas principais organizações responsáveis pela promoção do software livre, esse software é considerado livre¹² e de código aberto¹³.

¹² Programa de computador que pode ser executado, copiado, modificado e redistribuído pelos usuários gratuitamente.

¹³ *Software* com seu código fonte disponibilizado para estudar, modificar e distribuir.

Salienta-se que em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) o procedimento para o cálculo do L_0 considera a distância média entre os vizinhos mais próximos e todos os pontos do plano geográfico.

A técnica distância média ao vizinho mais próximo auxilia na identificação de áreas de maior aglomeração e dispersão dos casos de dengue. Com isso, ela foi utilizada no intuito de aprofundar o entendimento da distribuição da dengue na área de estudo a partir dos valores de R_n . É importante sobrelevar que calculou-se o R_n para cada município.

5.4 Centro geográfico ponderado e raio padrão

Para avaliação do comportamento da dengue na área de estudo e na escala temporal estabelecida neste estudo, utilizou-se como mais uma técnica estatística de suporte, o centro geográfico ponderado (C_g) que é obtido de acordo com as equações 6 e 7.

$$\bar{X}_w = \frac{\sum w_i x_i}{\sum w_i} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$\bar{Y}_w = \frac{\sum w_i y_i}{\sum w_i} \quad (\text{Eq. 7})$$

sendo X_i e Y_i , respectivamente, as coordenadas X e Y de um ponto i e w é o peso, isto é, os casos de dengue.

Assim, as médias das coordenadas X ($\bar{X}_w$) e das coordenadas Y ($\bar{Y}_w$) de um determinado arranjo de pontos formarão um par de coordenadas espaciais que indicarão o centro da distribuição dos casos de dengue para cada município estudado.

Em relação ao raio padrão considera-se que em um determinado arranjo de pontos, a distância (d_i) entre cada ponto i e o centro geográfico ponderado de distribuição são utilizadas como base para o cálculo de l^2 , conforme a equação a seguir:

$$l^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{N}} \quad (\text{Eq. 8})$$

sendo N a quantidade de pontos no arranjo espacial.

Dessa maneira, o raio padrão também auxilia no entendimento dos arranjos espaciais de pontos, onde os maiores valores de l^2 são relativos ao maior espalhamento dos pontos em relação ao centro geográfico ponderado; e os menores valores de l^2 relacionam-se à maior agregação dos pontos em relação ao centro geográfico ponderado da distribuição espacial.

Para esse procedimento foi utilizado o QGIS versão 2.12.3. Também, deve-se considerar que os maiores valores de l^2 estão ligados à maior dispersão de pontos e os menores à menor dispersão, ressaltando que no caso da presente pesquisa os pontos são os casos de dengue.

Portanto, para esta pesquisa, a aplicação do centro geográfico ponderado auxiliou nas indicações dos pontos médios da distribuição da dengue nos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, onde percebeu-se as áreas de maior quantidade de casos. Em relação ao raio padrão, ele indicou a dispersão da dengue a partir dos valores de l^2 , com isso, viabilizou-se o relacionamento entre os fatores socioambientais e os casos de dengue.

5.5 Estimador Kernel

Esse estimador não é contínuo e depende fortemente da escolha do raio da distância (h), conhecido como parâmetro de suavização. Assim, variando o valor de h obtêm-se diferentes formas de $f(x)$. O estimador Kernel é dado por:

$$f(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\tau} K\left(\frac{s-s_i}{\tau}\right) \quad (\text{Eq. 9})$$

sendo $f(x)$ a função de intensidade, τ o raio de influência ($\tau \geq 0$) que define a vizinhança do ponto a ser interpolado que controla o “alisamento” da superfície gerada, K é uma função de interpolação do Kernel, S é o centro da célula a ser estimada, e S_i é o local do ponto que coincide com o centroide das áreas dentro do raio.

Assim, após montagem do banco de dados, aplicou-se o estimador Kernel, onde foi necessário inserir os valores do tamanho da célula de saída e do raio, em seguida, partiu-se para produção de mapas das áreas de risco, e com isso, avaliação dos casos da doença em questão.

Vale destacar que a utilização dessa técnica só foi possível através de ferramentas de geoprocessamento, e a partir dessas ferramentas foi gerado um modelo espacial de densidade dos registros de dengue para área de estudo deste trabalho.

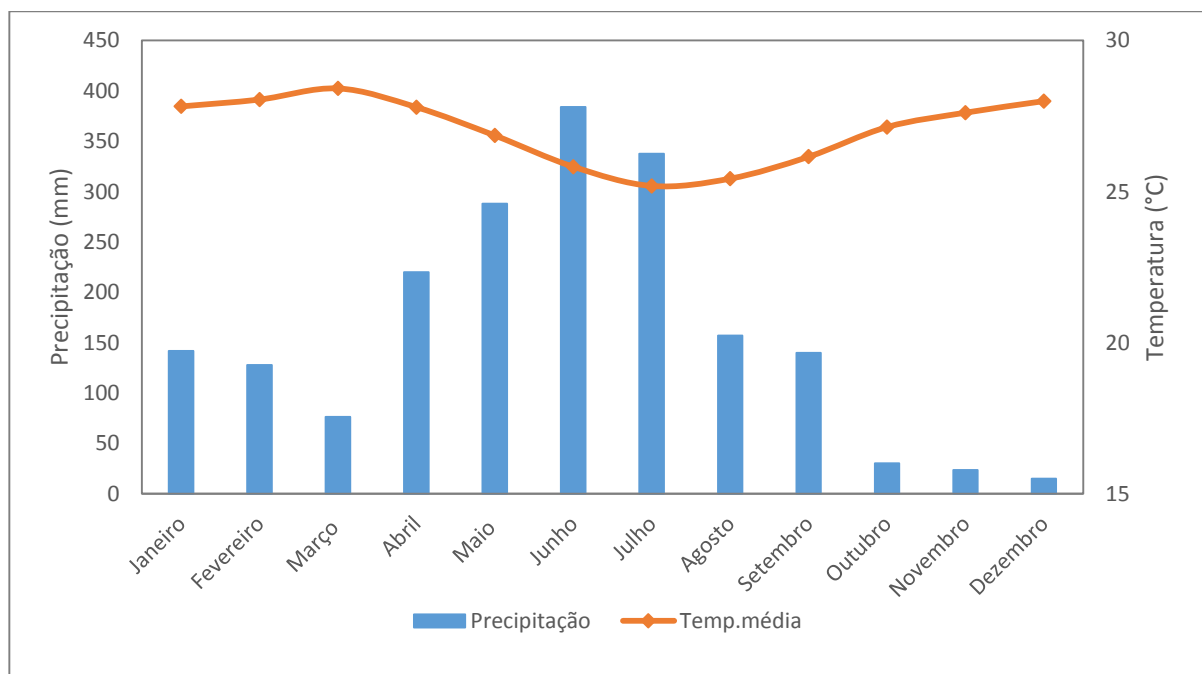
Destarte, aplicou-se o estimador Kernel para colaborar na análise das áreas de maiores riscos e estimar a intensidade dos casos de dengue em todo espaço geográfico estudado. Desse modo, a partir dessa técnica, possibilita-se a identificação das áreas sujeitas a maior ocorrência da dengue.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Síntese climática

A área de estudo apresenta basicamente dois regimes climáticos, ligados diretamente aos sistemas atmosféricos já citados. Esses sistemas são de escala zonal e de nível regional e são responsáveis pela variação termopluiométrica nos municípios. O climograma abaixo (Figura 13) refere-se à média dos dados obtidos no INMET

Figura 13 – Climograma a partir de dados da estação meteorológica do INMET entre 2011 e 2014



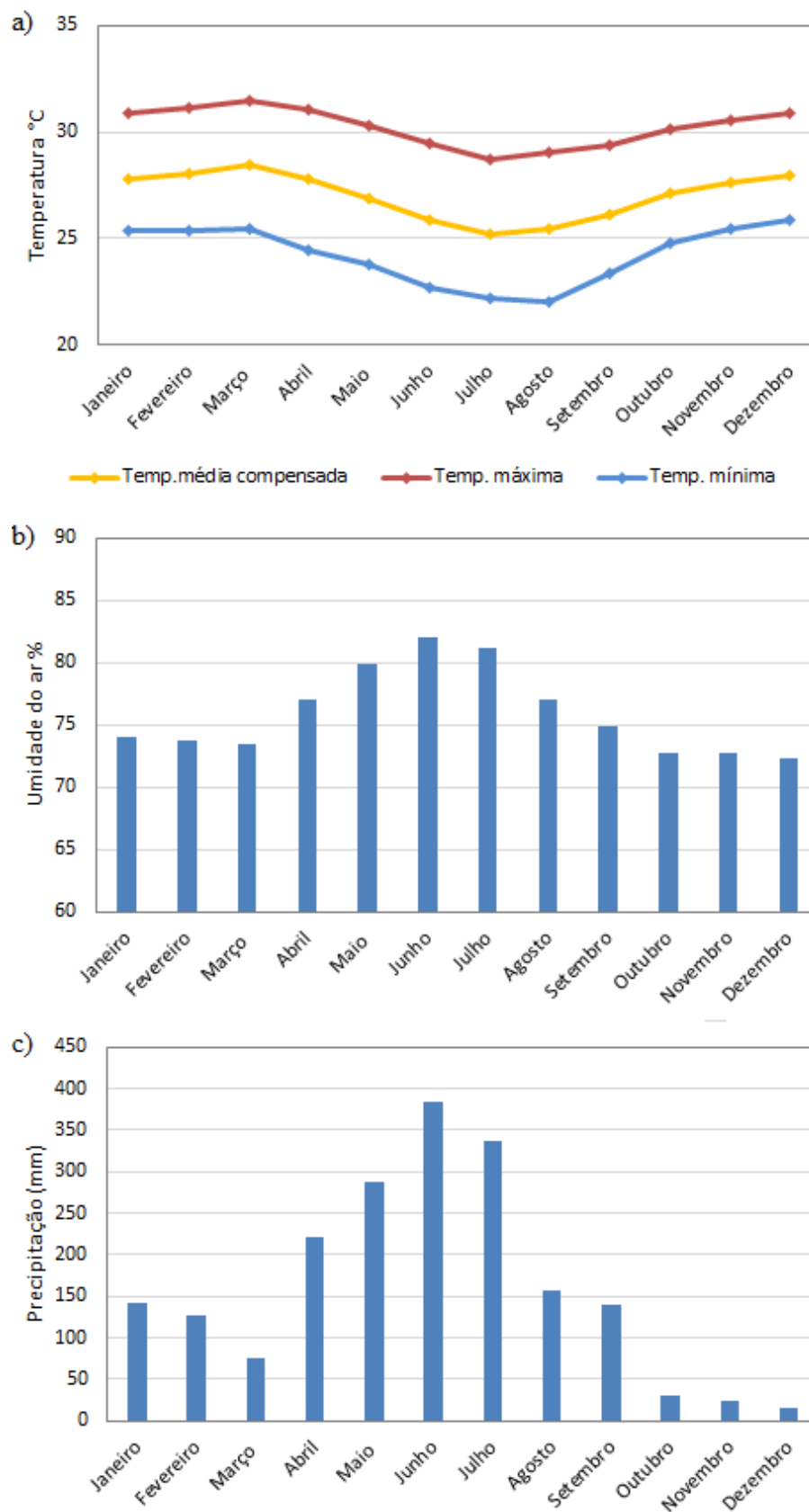
Fonte: INMET.

Organização: Caio Américo P. de Almeida.

A caracterização dos fatores climáticos dos municípios em estudo ocorreu por meio da análise da média mensal meteorológicas da série 2011 – 2014 da estação meteorológicas do INMET. A Figura 14 mostra a média mensal de três parâmetros meteorológicos (temperatura, umidade do ar e precipitação), referentes aos regimes climáticos já mencionados.

A Figura 14a mostra o comportamento mensal das temperaturas máxima, média e mínima e expõe um gradiente térmico elevado para todo o ano. Esse fato está ligado à localização geográfica dos municípios, pois todos eles encontram-se em baixas latitudes, corroborando para o recebimento de muita insolação durante todo o ano.

Figura 14 – Média a partir de dados da estação meteorológica do INMET entre 2011 e 2014: (a) temperatura, (b) umidade do ar e (c) precipitação



Fonte: INMET.
Organização: Caio Américo P. de Almeida.

A temperatura máxima média anual correspondeu a 30,25 °C, porém o mês de março apresentou a maior temperatura e o mês de julho a menor. A média anual da temperatura mínima foi 24,24 °C, mas o maior valor foi em dezembro, período de maior estabilidade, com 25,90. Já o valor da média anual da temperatura média compensada do ar foi de 27,02, contudo, os maiores extremos foram no mês de março, já os mais baixos foram em julho.

Verifica-se que em dezembro e março é as maiores temperaturas e nos meses de julho e agosto as menores temperaturas. Esse fato está ligado à nebulosidade, que no período do inverno (Junho – Setembro), pode ocorrer a influência das RFF, CCMs e as OL, ocasionando maior concentração de nuvens, consequentemente menor insolação, e o oposto ocorre no verão (Dezembro – Março), período de maior atuação da ZCIT e das LI.

A Figura 14b apresenta a umidade do ar e nela pode-se observar que as taxas de umidade permaneceram elevadas durante todo o ano (acima de 70%). Percebe-se ainda que os valores extremos ocorreram entre os meses de abril e agosto, com valores médios de 75%. Os maiores valores ocorreram em junho e os menores em dezembro. Os valores sempre elevados podem ser explicados pela maritimidade, pois todos os municípios estão muito próximos do oceano atlântico.

Os maiores valores da umidade do ar ocorreram no período da quadra chuvosa (Maio–Agosto), que corresponde ao fim do verão, outono e início do inverno. As menores taxas ocorreram durante o regime seco (Setembro–Janeiro), época de maior influência do VCAS. Esses baixos valores estão ligados à maior insolação e baixa nebulosidade.

A precipitação teve uma média anual de 1.941,3 mm. A Figura 14c mostra que os totais pluviométricos são maiores entre os meses de abril e julho, justamente no fim da pré-estação chuvosa e quase toda estação chuvosa. O valor acumulado nesse período foi de 1.229,9 mm, que correspondeu a 63% do total precipitado na área. Já o quadrimestre habitual mais chuvoso foi de maio a agosto, período de maior atuação das OL, e apresentou 60% do total anual.

Os menores valores ocorreram, como esperado, em todo período da estação seca, abarcando os meses de setembro, outubro, novembro, dezembro (menor valor) e janeiro, o que representou 18% do total.

6.2 Correlação/comparação dos elementos climáticos com os casos de dengue

A correlação da precipitação e umidade do ar com os casos de dengue entre 2011 e 2014 (Tabela 3) foi realizada pelo coeficiente de Pearson e através do gráfico de tendência do tipo linear, onde o R^2 indica o valor da correlação. Não obstante, é importante destacar o ajustamento das variáveis (casos de dengue e elementos climáticos) para obtenção dos resultados com valores mais significativos. Para isso, utilizou-se os valores das médias mensais dos elementos climáticos e o total mensal dos casos de dengue de toda série histórica.

Tabela 3 – Correlação entre os casos de dengue e os elementos climáticos

Variável	r	R^2
Precipitação	0,84	0,70
Umidade do ar	0,85	0,73

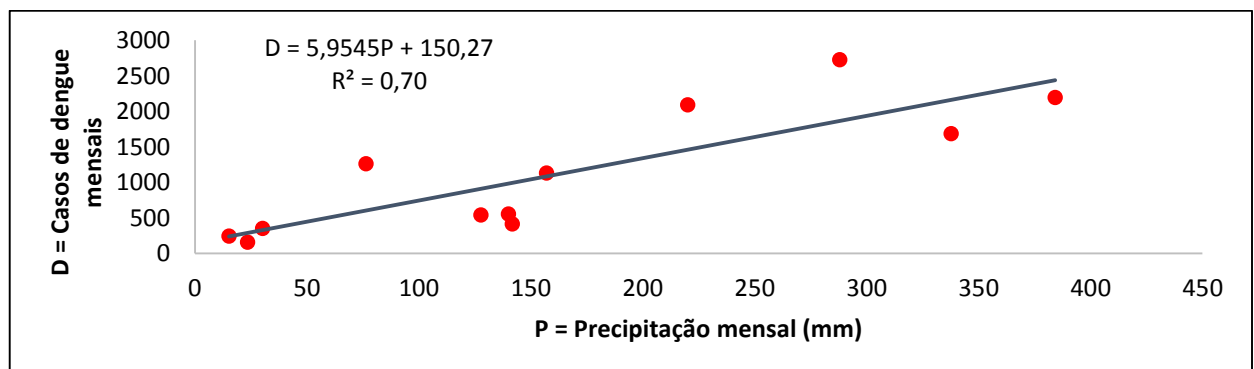
Fonte: Sinan e INMET.

Organização: Caio Américo P. de Almeida.

As variáveis precipitação e casos de dengue apresentaram correlação significativa com valor de $r = 0,84$ e de $R^2 = 0,70$ (Figura 15). O período de maior quantidade de casos de dengue (março – agosto) apresentou 83% do total de casos e a precipitação, no mesmo período, correspondeu a 75% do total pluviométrico.

Dessa maneira, o aumento da precipitação contribui consideravelmente para o aumento dos casos de dengue, como também constatou Silva *et al.* (2015) na aplicação da mesma técnica de correlação para o município de João Pessoa. Assim, a partir dos valores do R^2 , entende-se que aproximadamente 70% da variação dos casos de dengue estão relacionados com a precipitação.

Figura 15 – Correlação entre os casos de dengue e a precipitação mensal na área de estudo entre 2011 e 2014



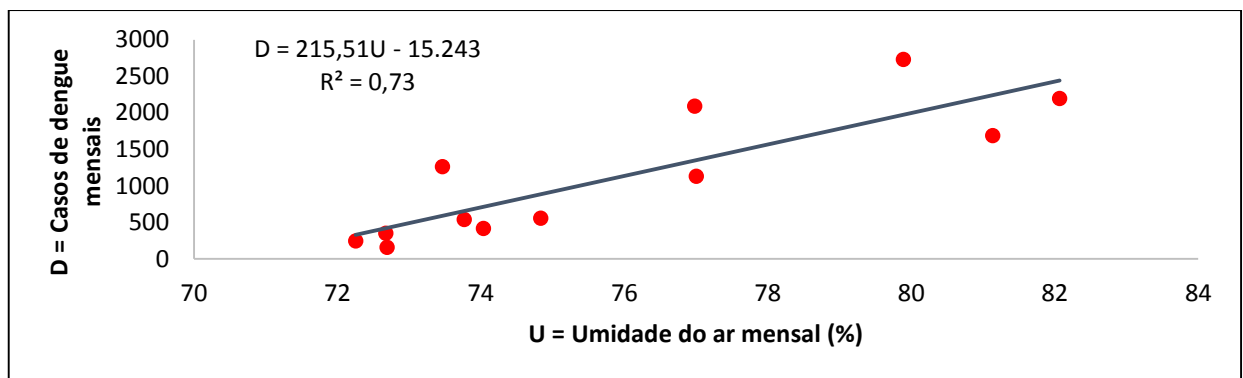
Fonte: Sinan e INMET.

Organização: Caio Américo P. de Almeida.

A correlação da umidade do ar com os casos de dengue também apresentou resultados significativos, inclusive maiores que a correlação das variáveis da Figura 15, com valor de $R^2 = 0,73$ (Figura 16), neste caso, 27% da variação dos casos de dengue não pode ser explicado pela relação com a umidade do ar. No entanto, 73% da variação da quantidade dos casos de dengue está relacionada com a umidade do ar. O resultado do coeficiente de Pearson foi de $r = 0,85$, de acordo com Crespo (2009) esse valor representa alta intensidade de relacionamento.

Magalhães (2015) também encontrou resultados mais significativos na correlação dos casos de dengue com a umidade do ar do que com a precipitação. Nesta direção, a umidade do ar “apresenta uma maior quantidade de resultados estatísticos válidos e mais altos do que a precipitação, mostrando uma influência estatística maior na propagação da dengue entre as variáveis climáticas” (MAGALHÃES, 2015, p. 127).

Figura 16 – Correlação entre os casos de dengue e a umidade do ar mensal na área de estudo entre 2011 e 2014



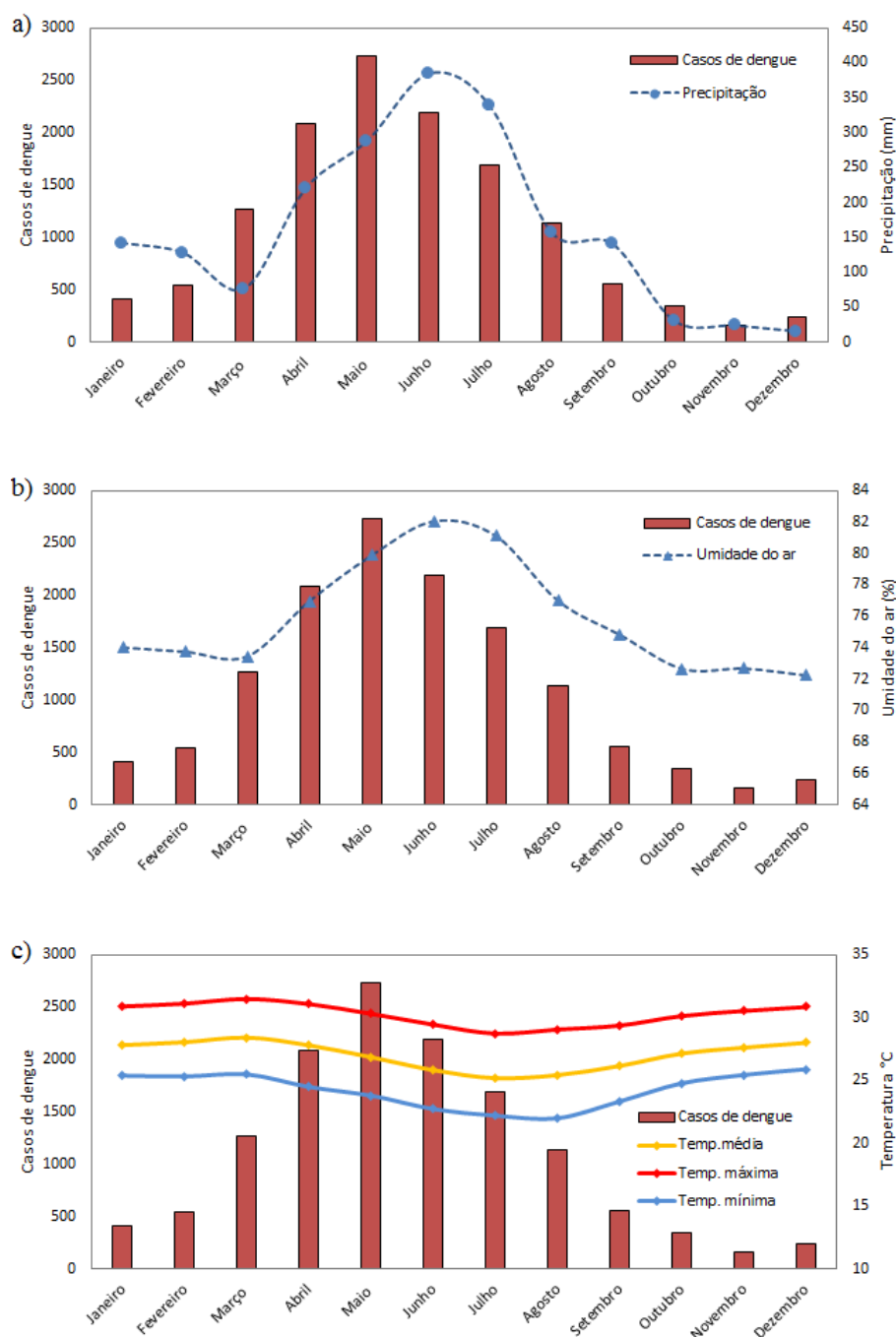
Fonte: Sinan e INMET.
Organização: Caio Américo P. de Almeida.

Portanto, a umidade do ar foi a variável independente que mais se correlacionou com os casos de dengue na aplicação da técnica do R^2 . Dessa maneira, é importante levar em consideração o estudo de Donalisio e Glasser (2002), o qual ressalta a influência da umidade do ar na longevidade do vetor, podendo levar a fêmea infectada do mosquito a completar mais de um ciclo de replicação do vírus.

Neste contexto, Glasser e Gomes (2002) expõem que esses fatores abióticos (precipitação e umidade do ar) não só aumentam a quantidade de criadouros disponíveis para o desenvolvimento das formas imaturas do vetor, incluindo-se aí os depósitos naturais e artificiais de água, como também geram condições ambientais para o desenvolvimento do *Aedes Aegypti*.

A Figura 17 apresenta a comparação entre os casos de dengue na área de estudo em toda escala temporal analisada e a variação média mensal da estação meteorológica dos respectivos elementos climáticos: precipitação, umidade do ar e temperaturas máxima, média e mínima.

Figura 17 – Comparação entre os casos de dengue na área de estudo entre 2011 e 2014 e os elementos climáticos: (a) precipitação, (b) umidade do ar e (c) temperaturas máxima, média e mínima



Fonte: Sinan e INMET.
Organização: Caio Américo P. de Almeida.

Percebe-se que a maior quantidade de casos ocorreu durante os meses de março a agosto, correspondendo a quase toda pré-estação chuvosa e a toda quadra chuvosa (período de maior atuação da RFF, CCM's e OL).

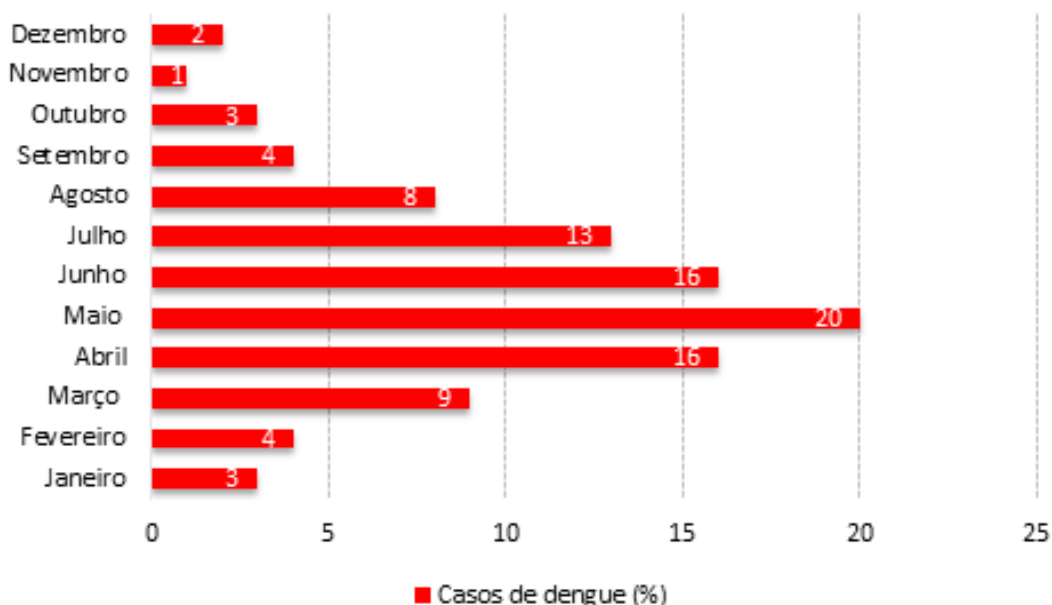
Sobreleva-se também a comparação do aumento de casos de dengue com os maiores valores da umidade do ar, sendo os meses de abril a julho, com valores acima de 75%, os mais representativos na comparação. Segundo Silva *et al.* (2008) o *Aedes Aegypti* encontra grande potencialidade de desenvolvimento quando a umidade do ar apresenta-se na faixa entre 70% e 100%, essas condições tornam-se satisfatória para o desenvolvimento de todas as fases que compreendem o ciclo do mosquito.

Em comparação com a temperatura, não houve grande quantidade de casos de dengue na maioria dos meses mais quentes: novembro, dezembro, janeiro e fevereiro. A maior quantidade de casos ocorreu de março a agosto, período de temperaturas mais baixas e maior precipitação (com exceção de março). Com isso, o estudo de Focks *et al.* (1995) relacionando a grande variação de temperatura ao período de incubação do ovo do *Aedes Aegypti*, não se aplica aos municípios estudados, pois a área de estudo não apresenta grande amplitude térmica, sendo a precipitação e a umidade do ar – na escala temporal estudada – os fatores mais relevantes na relação dos casos de dengue, relação também considerada por Rouquayrol (1999).

A relação entre os elementos climáticos e os casos de dengue no mês de março, apresentou-se de forma atípica. Nesse caso, os menores valores de precipitação e umidade do ar não significaram aumento de casos de dengue. Assim, estudos mais detalhados envolvendo a circulação viral, ações públicas para o período e análises meteorológicas episódicas devem ser levados em consideração para explicação/entendimento de tal fato.

Portanto, essas comparações mostram que o período chuvoso deve concentrar maior atenção dos órgãos públicos e da população no combate à doença, pois, como exposto na Figura 18, na época de maior precipitação (março – agosto) foram registrados 11094 (83% do total) casos de dengue.

Figura 18 – Porcentagem dos casos mensais de dengue entre 2011 e 2014 na área de estudo



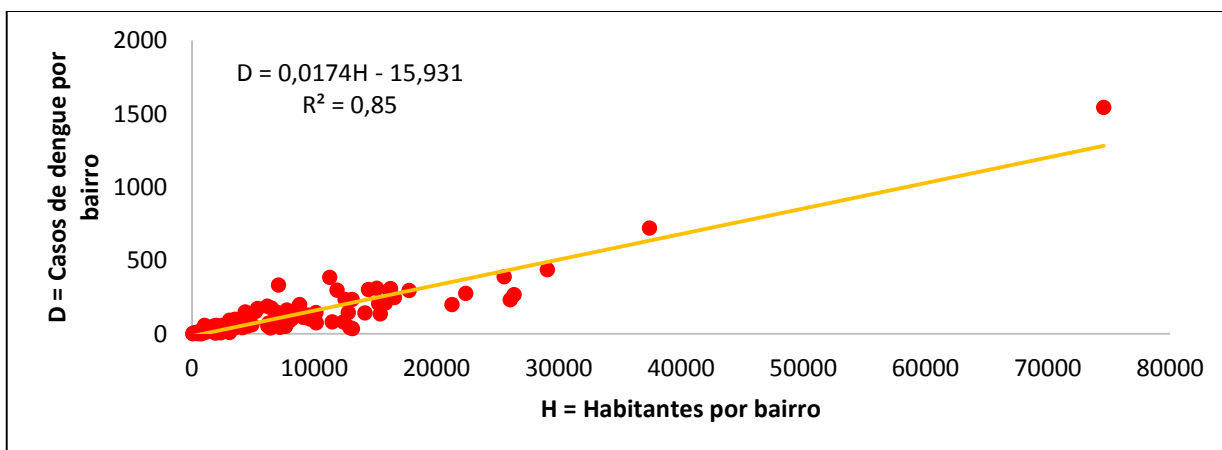
Fonte: Sinan.

Organização: Caio Américo P. de Almeida.

6.3 Correlação dos indicadores socioeconômicos com os casos de dengue

Entre os fatores socioeconômicos, a quantidade de habitantes por bairro apresentou a maior correlação com os casos de dengue. A Figura 19 indica que 85% da variação da quantidade dos casos de dengue tem relação com a variação do número de habitantes por bairro.

Figura 19 – Correlação entre os casos de dengue e a quantidade de habitantes por bairro na área de estudo entre 2011 e 2014



Fonte: Sinan e IBGE (2010).

Organização: Caio Américo P. de Almeida.

Assim, de acordo com a Figura 19, percebe-se uma correlação linear positiva entre as variáveis. Diante disso, há evidências que o aumento dos casos de dengue está ligado a quantidade de habitantes por bairros. O bairro Mangabeira em João Pessoa segue essa perspectiva, no qual está a maior população (74569) e a maior quantidade de casos de dengue (1545) de toda área de estudo.

A Tabela 4 apresenta os resultados do coeficiente de correlação de Pearson (r) e do coeficiente de determinação (R^2), entre os casos de dengue durante o período 2011 – 2014 na área de estudo e todas as variáveis socioeconômicas referentes ao Censo Demográfico de 2010.

Tabela 4 – Correlação entre os casos de dengue e as variáveis socioeconômicas

Variável	r	R^2
<i>Domicílio particular permanente (DP)</i>	0,91	0,84
<i>Moradores em domicílio particular permanente (MDP)</i>	0,92	0,85
<i>Domicílio particular permanente sem abastecimento de água (DPAA)</i>	0,28	0,08
<i>Domicílio particular permanente sem coleta de lixo (DPSCL)</i>	0,22	0,05
<i>Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal até ½ salário mínimo (PRR1/2)</i>	0,78	0,61
<i>Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de ½ a 3 salários mínimos (PRR1/2-3)</i>	0,92	0,84
<i>Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de 3 a 10 salários mínimos (PRR3-10)</i>	0,57	0,32
<i>Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de 10 a 20 salários mínimos (PRR10-20)</i>	0,12	0,01
<i>Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal mais de 20 salários mínimos (PRR20)</i>	0,07	0,00

Fonte: Sinan e IBGE (2010).
Organização: Caio Américo P. de Almeida.

Para homogeneizar a escala espacial da correlação visando resultados relevantes, utilizou-se os bairros como unidade de análise. Neste sentido, a correlação efetuou-se a partir dos valores das variáveis associados aos 102 bairros existentes em toda área de estudo.

A partir do resultado do coeficiente de determinação (R^2) conclui-se que as variáveis DP, MDP, PRR1/2 e PRR1/2-3, respectivamente, indicam aproximadamente 84%, 85%, 61% e 84% de relacionamento com os casos de dengue. As outras variáveis possuem baixa ou nenhuma relação.

Os valores referentes ao coeficiente de Pearson dos casos de dengue com as variáveis: domicílio particular permanente, moradores em domicílio particular permanente, pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal até $\frac{1}{2}$ salário mínimo, pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de $\frac{1}{2}$ a 3 salários mínimos, de acordo com os pressuposto de Crespo (2009), tornaram-se significantes. Porém, deve-se levar em consideração que as correlações não implicam necessariamente causa e sim possíveis relações.

As Figuras 20, 21, 22 e 23 apresentam, respectivamente os casos de dengue e número de habitantes por bairros, casos de dengue e número de domicílios por bairros, casos de dengue e número de pessoas que ganham até $\frac{1}{2}$ salário mínimo por bairro e casos de dengue e pessoas que ganham de $\frac{1}{2}$ até 3 salários mínimos por bairro. Essas figuras possibilitam a comparação entre casos de dengue e as variáveis que apresentaram os valores significativos ($< 0,6$) na correlação de Pearson, tornando os resultados mais expressivos.

É importante enfatizar que as figuras a seguir evidenciam a escala de análise (bairro) e os valores absolutos das variáveis que apresentaram bons resultados das correlações. Porém, é importante sobrelevar que os indicadores estatísticos utilizados apresentam prováveis relações entre as variáveis. Dessa maneira, os mapas temáticos¹⁴ com valores absolutos podem servir de subsídio para maior comprovação dos resultados do coeficiente de correlação r e do coeficiente de determinação R^2 .

¹⁴ Rosa (1996) destaca que a cartografia temática tem como preocupação básica a elaboração e o uso dos mapas temáticos, abrangendo a coleta, a análise, a interpretação e a representação das informações sobre uma carta base. Diante disso, é mais importante o conteúdo que vai ser representado no mapa do que a precisão dos contornos ou linhas imaginárias.

Figura 20 – (a) casos de dengue por bairros entre 2011 e 2014 e (b) quantidade de habitantes em 2010 por bairros na área de estudo

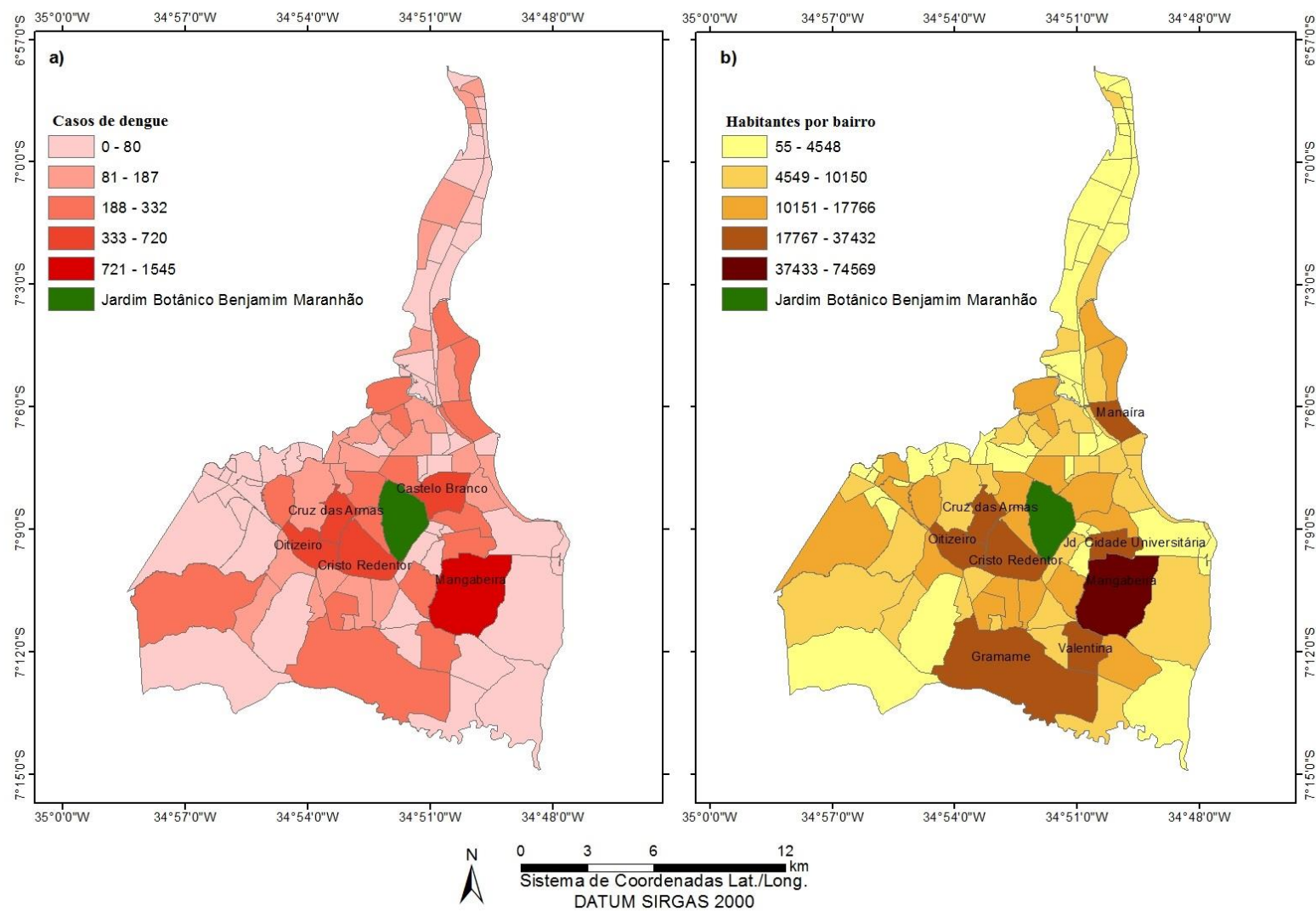


Figura 21 – (a) casos de dengue por bairros entre 2011 e 2014 e (b) quantidade de domicílios em 2010 por bairros na área de estudo

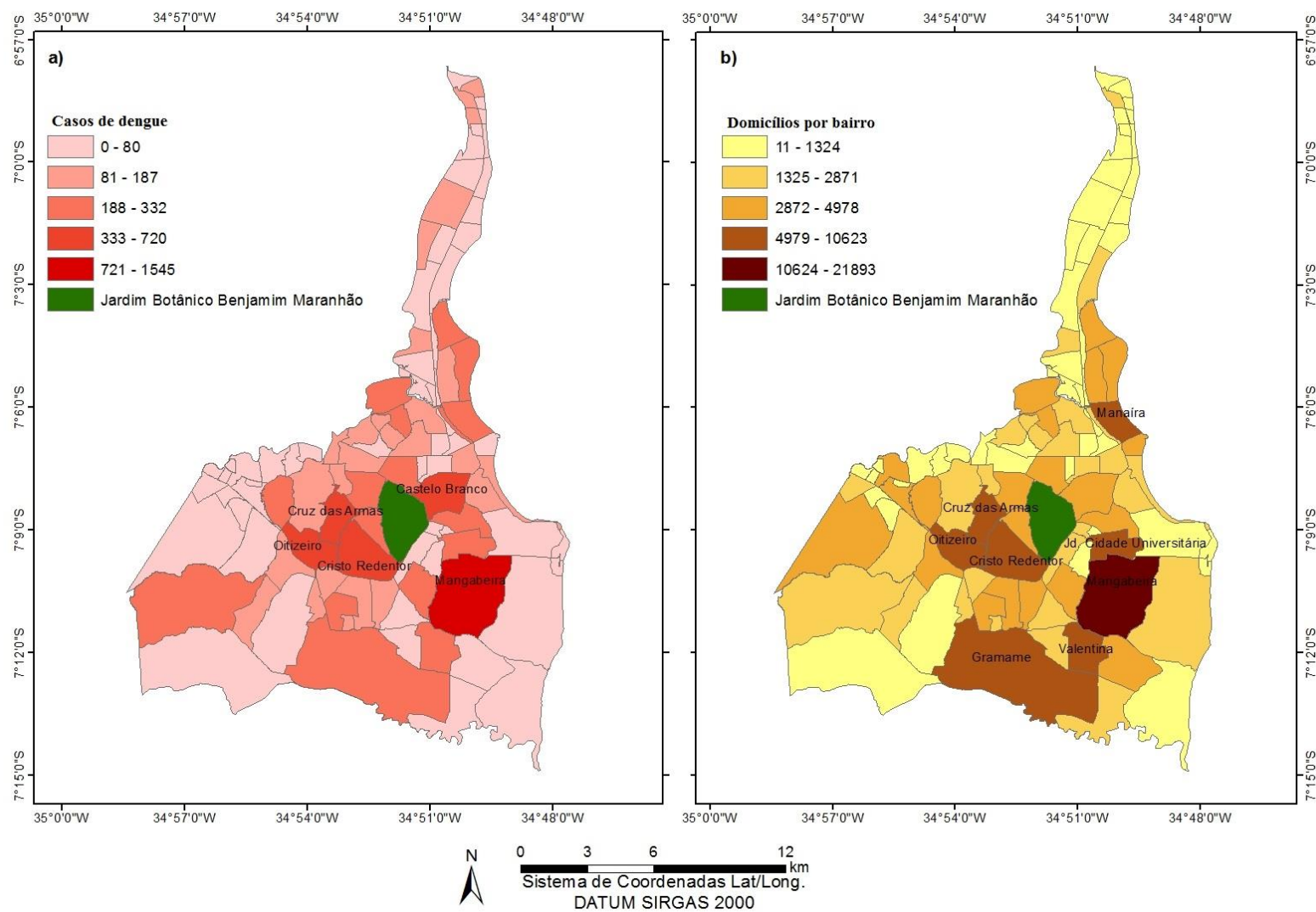


Figura 22 – (a) casos de dengue entre 2011 e 2014 por bairros e (b) pessoas responsáveis por domicílio com rendimento de até ½ salário mínimo em 2010 por bairros na área de estudo

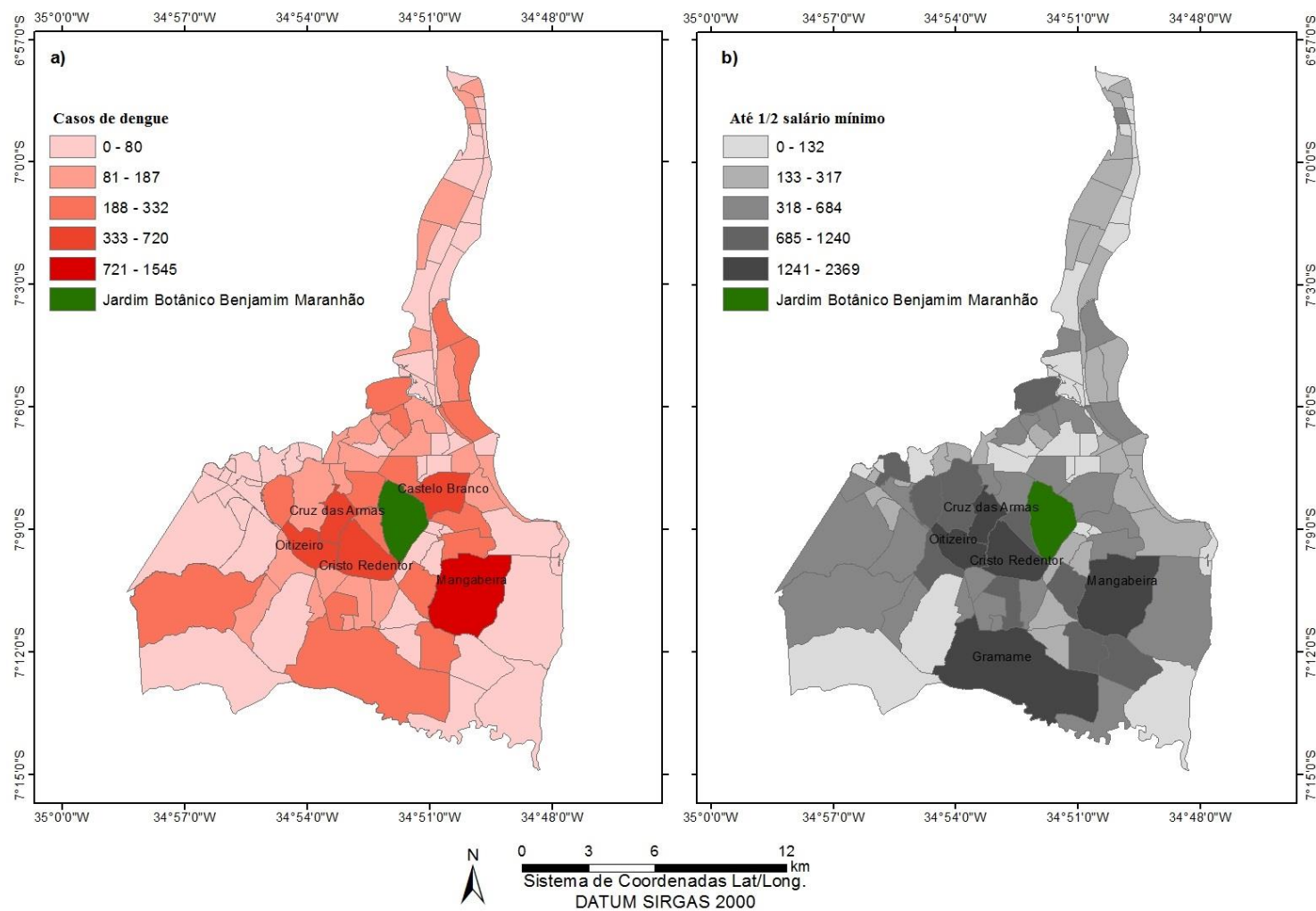
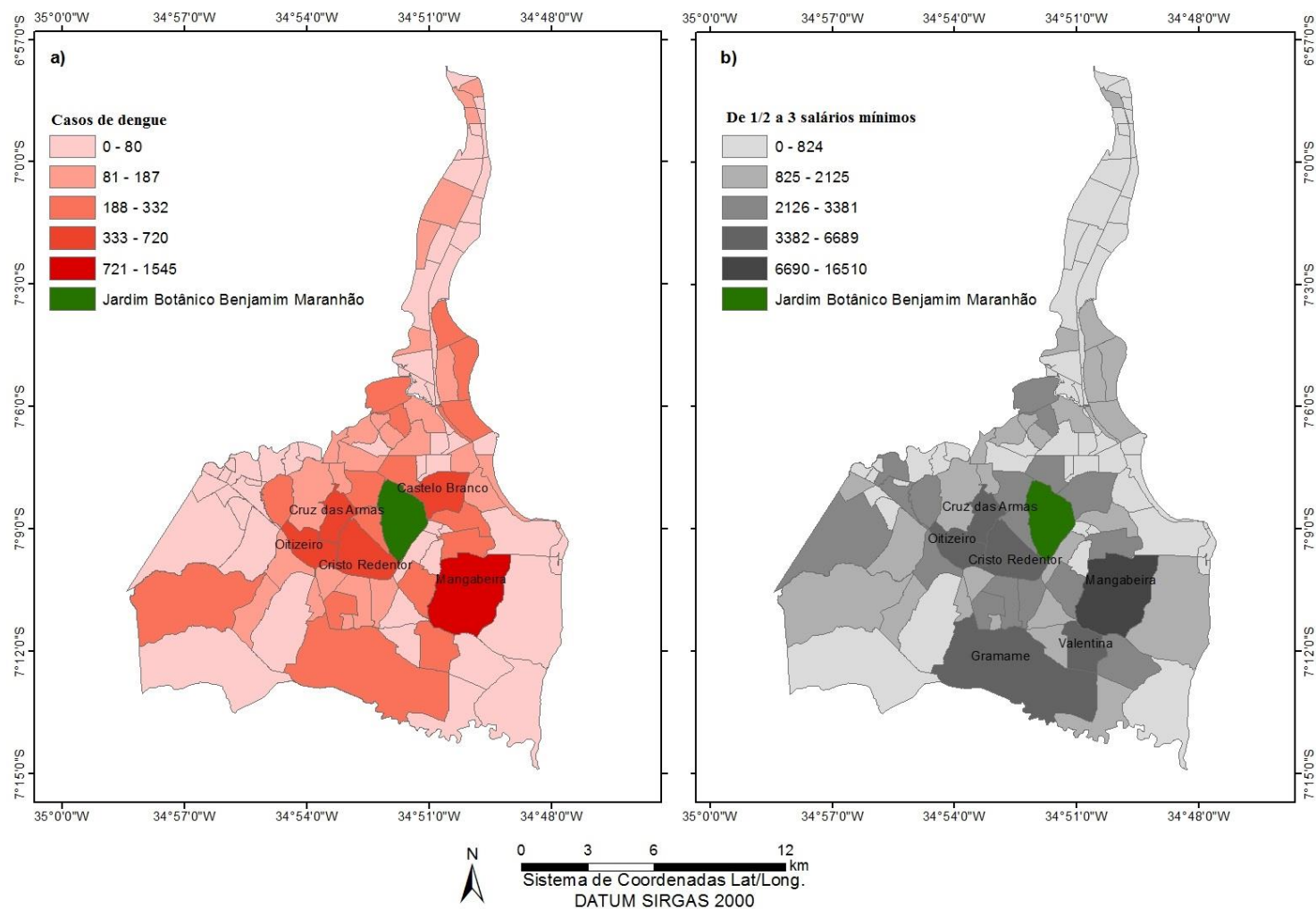


Figura 23 – (a) casos de dengue entre 2011 e 2014 por bairros e (b) pessoas responsáveis por domicílio com rendimento de ½ até 3 salários mínimos em 2010 por bairros na área de estudo



Percebe-se que os bairros com maior quantidade de casos de dengue foram Mangabeira, Cristo Redentor, Cruz das Armas, Castelo Branco e Oitizeiro. Nesse conjunto de bairros, os que permaneceram com maior valor considerando todas as variáveis socioeconômicas foram os bairros Mangabeira, Cristo Redentor, Cruz das Armas e Oitizeiro.

Com essa análise, deve-se considerar que esses bairros possuem maior vulnerabilidade a difusão da dengue, sendo necessárias ações públicas no sentido de buscar áreas de risco que servem para o desenvolvimento dos criadouros de evolução e reprodução do *Aedes Aegypti*.

Também é importante destacar a conscientização ambiental como ponto basilar na mitigação desse patógeno, pois os bairros mais vulneráveis, de acordo com a Tabela 5, apresentaram acima de 98% das residências com coleta de lixo regular, ou seja, mesmo havendo certa regularidade na coleta de resíduos sólidos a população ainda age de forma inadequada favorecendo o mosquito transmissor, visto que o armazenamento incorreto de determinados objetos pode servir de criadouro do *Aedes*.

Tabela 5 – Bairros com maior quantidade de casos de dengue entre 2011 e 2014 e porcentagem de domicílios com coleta de lixo

Bairros	Domicílios com coleta de lixo (%)*
Mangabeira	99,6
Cruz das Armas	98,4
Castelo Branco	99,6
Cristo Redentor	98,1
Oitizeiro	99,5

(*) Refere-se ao domicílio particular permanente¹⁵.

Fonte: Sinan e IBGE (2010).

Organização: Caio Américo P. de Almeida.

As variáveis domicílios e moradores por bairro apresentaram valores de correlação de Pearson de 0,91 e 0,92 respectivamente, sendo os bairros Manaíra, Mangabeira, Bancários, Valentina, Gramame, Cristo Redentor, Oitizeiro e Cruz das Armas, os mais expressivos.

Esses valores seguem determinada lógica na difusão da dengue, pois nas áreas mais adensadas tende a ocorrer maior número de casos da doença e o maior número de domicílios vai proporcionar maior número de recipientes favoráveis ao desenvolvimento do transmissor da dengue.

¹⁵ É o domicílio construído para servir, exclusivamente, à habitação e, na data de referência, tinha a finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas (Censo Demográfico 2010).

Com isso, a densidade populacional torna-se fator fundamental para explicação da alta incidência da dengue, pois um número maior de indivíduos em uma área, favorece o contato com o vetor. Desse modo, a transmissão pode persistir por mais tempo ao encontrar um grupo maior de pessoas susceptíveis ao contágio em determinadas áreas, tendo em vista que o hospedeiro do vírus da dengue é o ser humano e não o mosquito.

Nessa perspectiva, a quantidade e condições das residências e fatores culturais próprios dos grandes centros urbanos, proporcionam condições ambientais favoráveis à transmissão do vírus da dengue. Estudos como de Flauzino *et al.* (2009) e Magalhães (2015) também constataram que localidades com alta densidade demográfica contribuem para efetiva propagação da doença.

Em relação ao rendimento, as variáveis PRR1/2 e PRR1/2-3 apresentaram valores expressivos de correlação, dessa maneira, deve-se levar em consideração a faixa de renda ligada ao tipo de moradia e às condições infraestruturais dos bairros que essas pessoas vivem.

Nesse sentido, trabalhos como o de Souza (2009) expõem que as áreas mais valorizadas pelo mercado imobiliário concentram-se nos bairros cujas áreas são melhores atendidas pelas redes de infraestrutura e serviços urbanos, contribuindo com os processos de segregação socioespacial, segmentação e exclusão social.

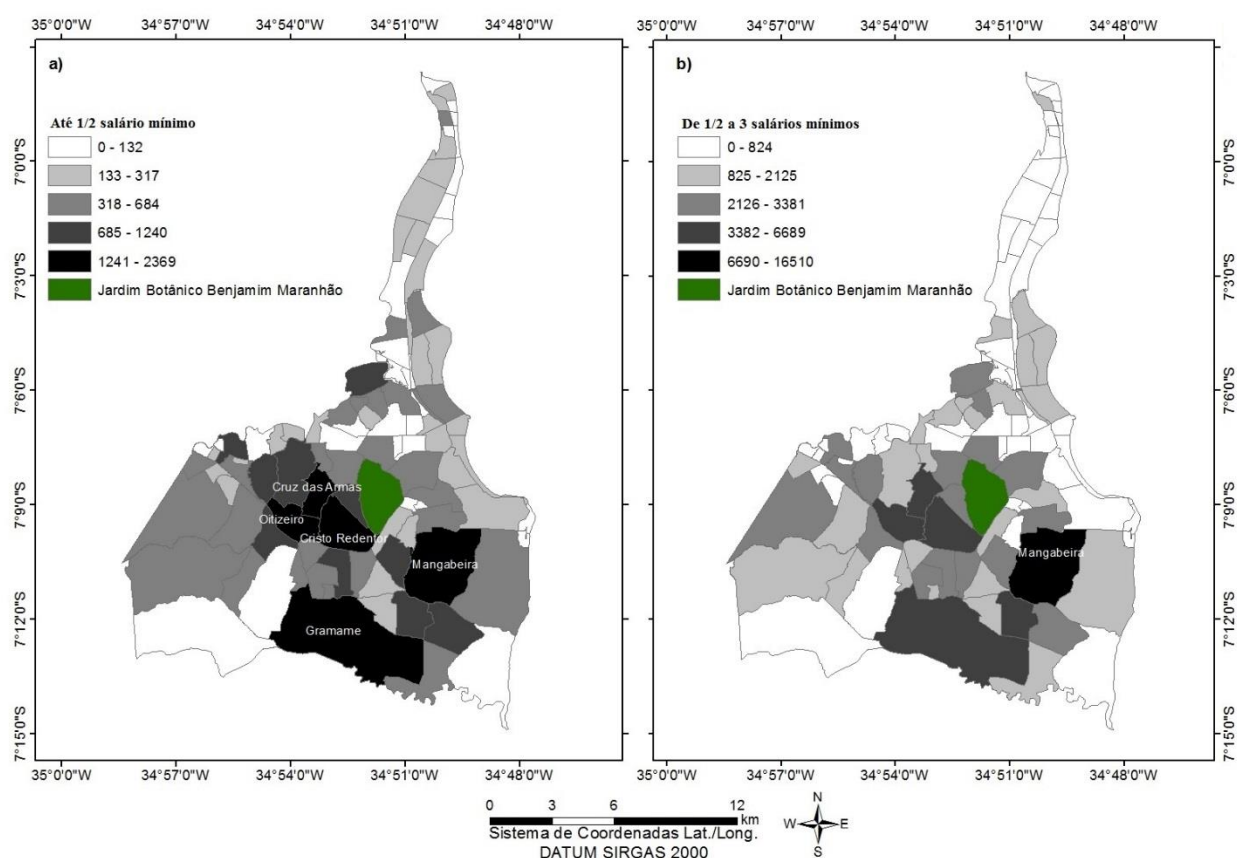
Dessa maneira, a propagação e permanência da dengue também relaciona-se com áreas mais desassistidas da cidade, dado que as áreas mais infraestruturadas e atendidas pelos órgãos públicos são mais valorizadas, por conseguinte, influenciam na configuração e característica dos bairros.

Portanto, mesmo a dengue sendo uma doença democrática por afetar pessoas de classes sociais distintas, estudos como de Leite (2010) em Natal - RN, Araújo, Ferreira e Abreu (2008) em Belo Horizonte – MG, também mostraram que a variável renda apresentou correlação significativa com a distribuição de casos de dengue.

Sendo os valores da correlação de Pearson 0,78 para a variável PRR1/2 e 0,92 para PRR1/2-3, percebe-se resultados relevantes com boa intensidade de correlação. Porém, deve-se considerar outros fatores que corroboram para esses resultados, tais como bairros periféricos que carecem de abastecimento regular de água que acabam induzindo as pessoas a armazenar água, e em razão disso, favorece o aumento de criadouros do *Aedes*.

Dessa maneira, a Figura 24 expõe as áreas com grande potencial de propagação da dengue, na área pesquisada, no que se refere à renda das pessoas, pois apresenta bairros com maior quantidade de pessoas vivendo nessa faixa de renda. Com isso, constata-se que o comportamento da doença nos episódios investigados reflete a desigualdade socioeconômica da área de estudo.

Figura 24 – Quantidade de pessoas com rendimento (a) de até $\frac{1}{2}$ salário mínimo e (b) de $\frac{1}{2}$ a 3 salários mínimos



Os Bairros Mangabeira, Cruz das Armas, Oitizeiro, Cristo Redentor e Gramame, apresentaram os maiores valores. Porém, considera-se que todas as classes sociais – em linhas gerais: alta, média e baixa – estão susceptíveis à contrair a doença, embora a maior probabilidade de grande ocorrência de casos está na classe dos mais pobres, tendo em vista as condições socioambientais que propiciam maior concentração do vetor.

Nesse entendimento, Magalhães (2015) expõe que o acúmulo de lixo, saneamento básico deficiente e áreas de risco de inundações, são condições nas quais estão inseridas a maioria das pessoas de baixa renda.

Já os resultados da correlação da variável PRR3-10 não foi muito expressivo e as variáveis PRR10-20 e PRR20 não apresentaram significância na correlação. Nesta visão, uma das explicações para esses resultados pode estar ligada à conjuntura de que pessoas com médio e alto poder aquisitivo têm condições de pagar plano de saúde, e no caso desta pesquisa, os dados da ocorrência de dengue referem-se apenas aos registros do Sinan, ou seja, da rede pública de saúde.

Outro ponto importante concerne-se à faixa de renda que pode determinar a escolha de habitações em áreas nobres, com melhores infraestruturas urbanas, e ainda, pessoas com maior poder aquisitivo, podem prover melhores condições educacionais, com desdobramento em uma maior responsabilidade na disposição de resíduos sólidos (educação ambiental) evitando-se a multiplicação de criadores do *Aedes Aegypti*.

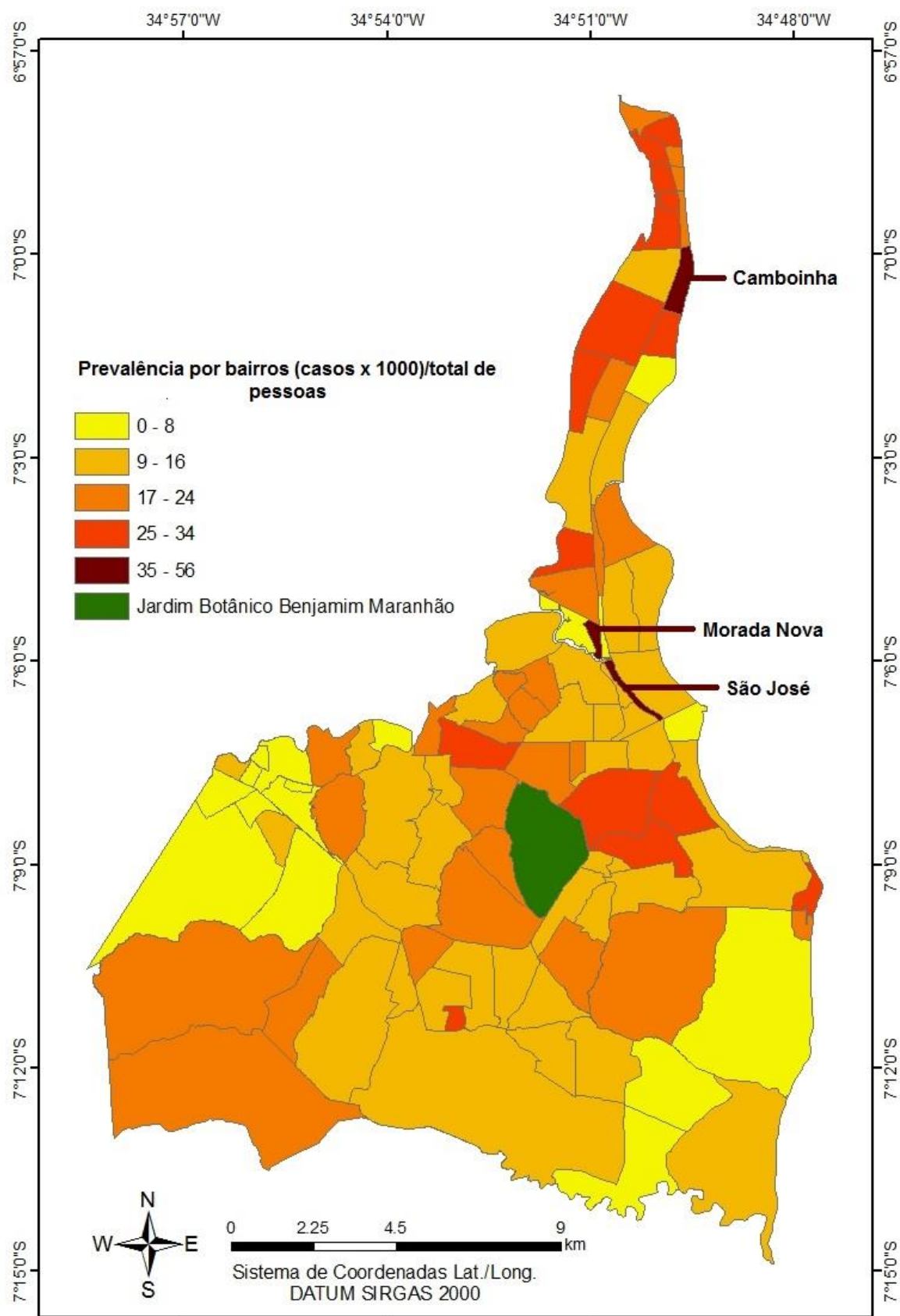
Entretanto, existem estudos como de Barrera *et al.* (2000); Vasconcelos *et al.* (1998); Santos (2003); Mondini *et al.* (2005) que apresentam o aumento de casos de dengue ora em bairros ocupados por pessoas com padrão econômico e social baixos, ora por aquelas com padrão econômico e social elevados.

Portanto, a variável renda nem sempre apresenta produção do contexto de reprodução da dengue. Estudos como de Machado *et al.* (2009) na cidade de Nova Iguaçu- RJ e o de Mondini e Chiaravalotti (2007) em São José do Rio Preto – SP apresentaram controvérsia entre incidência de dengue e a renda.

Assim, para maior entendimento da ocorrência da dengue, elaborou-se o mapa de prevalência (Figura 25), o qual apresenta valores expressivos não só para os bairros que possuem pessoas com baixo poder aquisitivo ou com grande número de habitantes, mas para alguns bairros com média e até baixa densidade demográfica se comparado a outros e relativamente baixo número de pessoas pertencentes as classes mais desfavorecidas economicamente, por exemplo, Ponta do Seixas e Centro em João Pessoa e Camboinha e Poço (bairros mais ricos com muitas residências ocupadas apenas nas férias e várias com piscinas que ficam sem utilização durante boa parte do ano) em Cabedelo.

Os resultados mostram que o município de Cabedelo apresentou proporcionalmente a maior quantidade de bairros com os maiores valores da prevalência, evidenciando em seu espaço geográfico, maiores problemas socioambientais se comparado com João Pessoa e Bayeux, tendo em vista que a maior ou menor disseminação da dengue está ligada a fatores socioambientais.

Figura 25 – Prevalência dos casos de dengue entre 2011 e 2014 na área de estudo



Com isso, outros fatores além da renda ou alta densidade populacional, podem estar associados à proliferação da dengue, por exemplo, a proporção de piscinas em desuso, como apontado por Resende (2010); o nível de escolaridade no estudo de Barcellos *et al.* (2005); tipos de vegetação apresentado por Rebelo *et al.* (1999).

Também é importante destacar a circulação viral como fator preponderante para a propagação da dengue. Neste sentido, deve-se considerar que quanto maior a quantidade de vírus da dengue presente em determinado espaço geográfico, mais susceptível à contrair à doença a população desse espaço estará.

De acordo com os boletins epidemiológicos da Secretaria de Estado de Saúde da Paraíba para o ano de 2012 e Costa (2013), João Pessoa possui os quatro tipos virais da dengue circulante no Brasil (DEN - 1,2,3 e 4). Portanto, como os municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux são conurbados, há grande possibilidade da circulação desses vírus não só em João Pessoa, mas em toda área de estudo.

Nesse sentido, Acosta *et al.* (2006) apontam que é comum a circulação de mais de um sorotipo de vírus da dengue em áreas endêmicas, embora observa-se oscilações na prevalência de cada sorotipo em razão da imunização das pessoas em relação aos vírus circulantes.

As Figuras 26 e 27 mostram a incidência da dengue nos municípios estudados nesta pesquisa. Para melhor compreensão, é preciso considerar a circulação viral a partir do entendimento do sistema imunológico do corpo humano, pois quem já teve dengue causada por um tipo do vírus não registra um novo episódio da doença com o mesmo tipo.

Além disso, Whitehorn e Simmons (2011) verificaram que um sorotipo predomina por períodos de 2 a 4 anos, quando declina e emerge um novo sorotipo diferente para substituí-lo. Esse padrão pode ter ocorrido entre os anos epidêmicos (2011/2012) e não epidêmicos (2013/2014) para os municípios da área de estudo onde percebe-se aumento e diminuição da incidência em diferentes áreas ao longo desses anos. Também é importante enfatizar que devido aos anos de epidemia¹⁶, os valores da incidência por bairros mudaram ao longo da escala temporal estudada, pois houve grande variação na ocorrência de casos de dengue nesses anos.

¹⁶ Representa a ocorrência de um agravo acima da média histórica de sua ocorrência. O agravo causador de uma epidemia tem geralmente aparecimento súbito e se propaga por determinado período de tempo em determinada área geográfica, acometendo frequentemente elevado número de pessoas (MOURA e ROCHA, 2012).

Figura 26 – Incidência dos casos de dengue na área de estudo em: (a) 2011 e (b) 2012

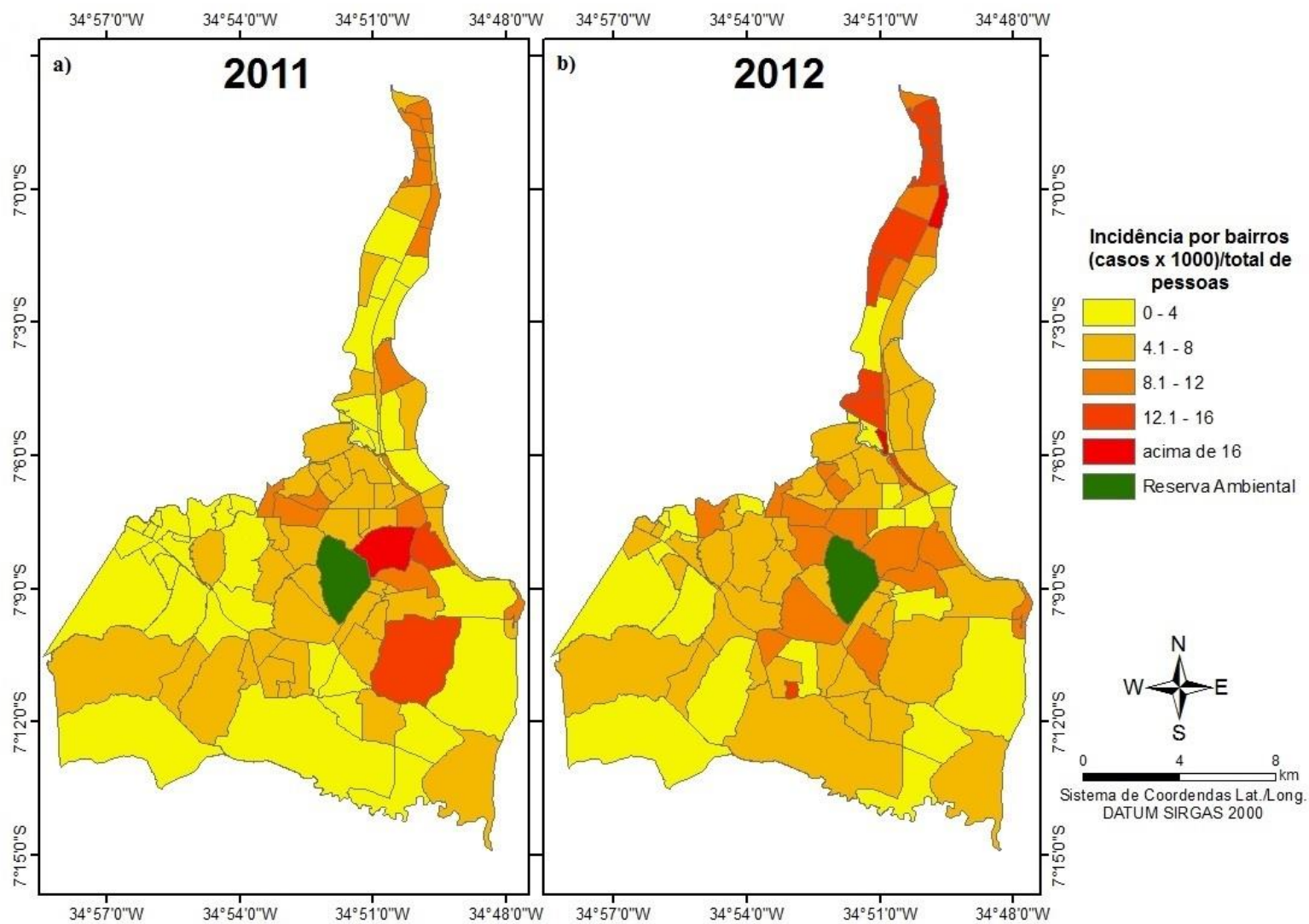
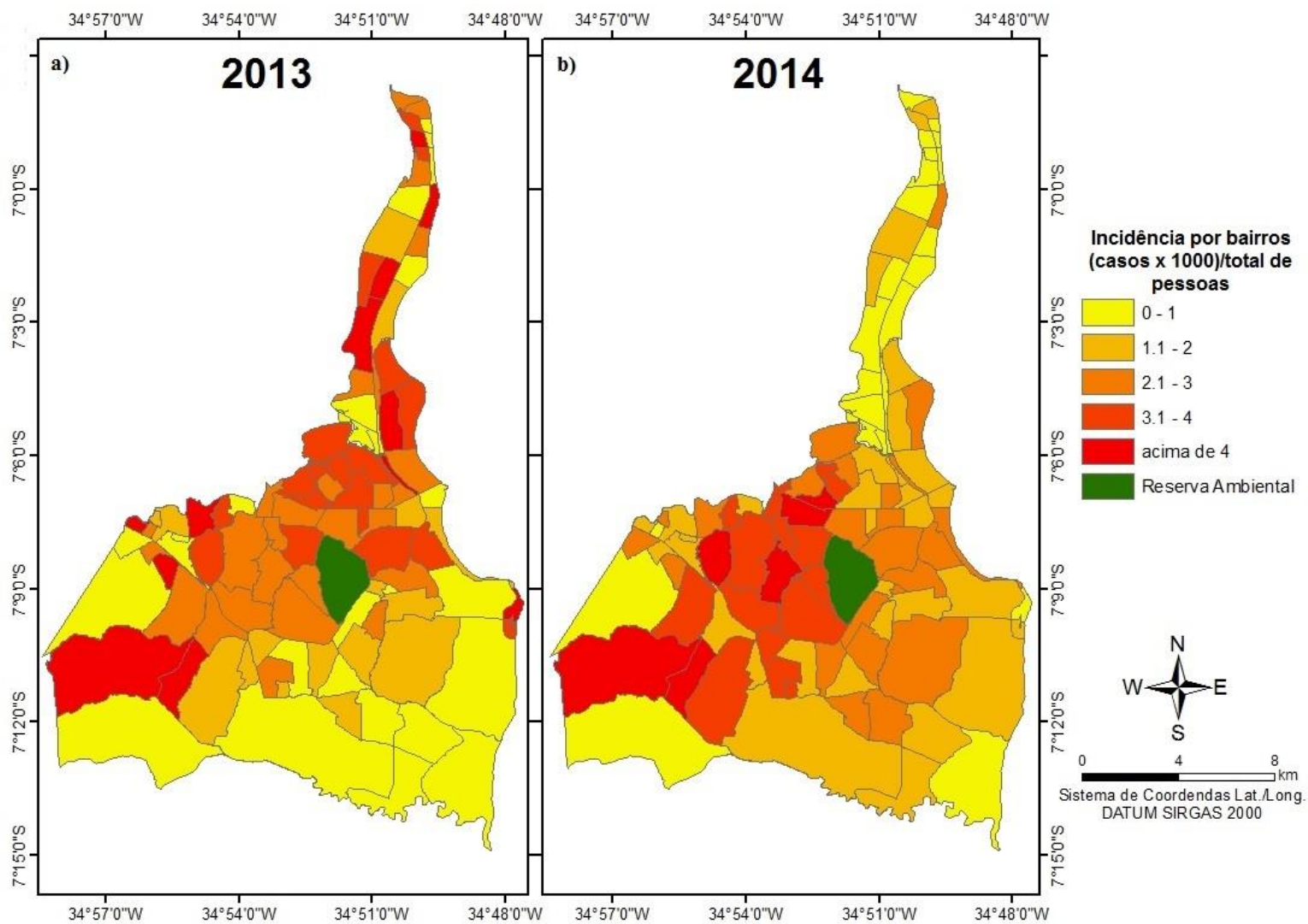


Figura 27 – Incidência dos casos de dengue na área de estudo em: (a) 2013 e (b) 2014



Percebe-se claramente que nos anos de 2011 e 2012 houve maior incidência, isso está ligado à epidemia que ocorreu naquele período, registrando 72,9% dos casos de toda série histórica. Nesse período, a maioria dos bairros que apresentaram maior incidência estão localizados no município de Cabedelo. Resultado diferente do encontrado nos mapas dos valores absolutos dos casos de dengue, nos quais apresentavam os bairros do município de João Pessoa como mais expressivos. Com isso, percebe-se que a doença é mais prevalente no município de Cabedelo e não em João Pessoa.

Entre 2013 e 2014, a incidência foi mais baixa quando comparada com os anos anteriores. Porém, o que chama atenção foi a grande mudança dos bairros de maior incidência, evidenciando o deslocamento do vírus na área de estudo.

Verifica-se claramente a maior incidência entre 2011 e 2012 (podendo ultrapassar 16 casos por grupo de mil habitantes) nas porções leste e norte, e entre 2013 e 2014 (não chegando a 5 casos para cada mil pessoas) nas porções oeste e sudoeste da área de estudo. Este fato pode estar relacionado à circulação viral, neste sentido, pode-se relacionar que as pessoas de uma determinada localidade que não contraíram dengue em determinado ano, passaram a contrair em outros anos. Porém, para confirmação de tal relacionamento seria necessário exames de sangue do enfermo para constatação do tipo viral.

Portanto, a identificação da circulação dos tipos de vírus da dengue em determinado espaço geográfico e a análise de fatores socioambientais propícios a difusão dessa doença, tornam-se fundamentais para maior entendimento da dengue.

6.4 Análises geoespaciais

A determinação da distância média ao vizinho mais próximo levou em consideração as áreas dos limites municipais de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, para toda a série histórica desta pesquisa. De acordo com a Tabela 5, todos os municípios apresentaram elevado padrão de agregação de pontos, ou seja, os valores de R_n que correspondem a agregação dos casos de dengue, ficaram abaixo de 1,0 (padrão aleatório), e mais próximos de 0,0 (agregação máxima).

Com isso, os resultados de R_n , sugerem pistas para investigação geográfica indicando propriedades locacionais, pois refletem diferentes graus de concentração dos casos de dengue no espaço geográfico.

Tabela 6 – Valores de R_n calculados a partir da função de análise geoespacial distância média ao vizinho mais próximo, para os casos de dengue entre 2011 e 2014

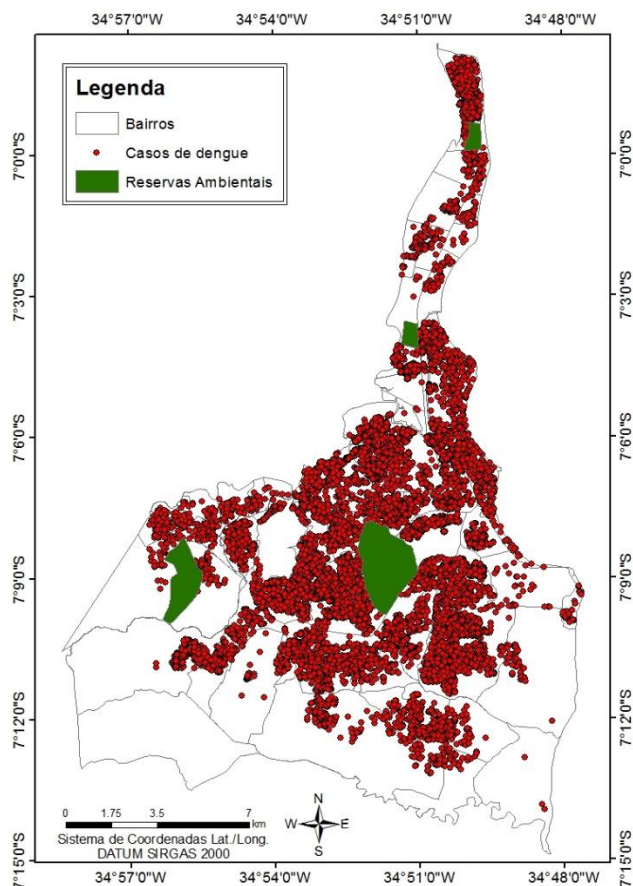
Municípios	Total de casos (n)	Área (km ²)	Distância média observada (L_o)	Distância média esperada (L_e)	R_n
João Pessoa	11416	194,2*	30,05	82,37	0,36
Cabedelo	1377	30,1*	27,54	94,65	0,29
Bayeux	456	24,8*	54,56	108,8	0,50

(*) Valores correspondentes a área do *shapefile* utilizada para o cálculo.

Organização: Caio Américo P. de Almeida.

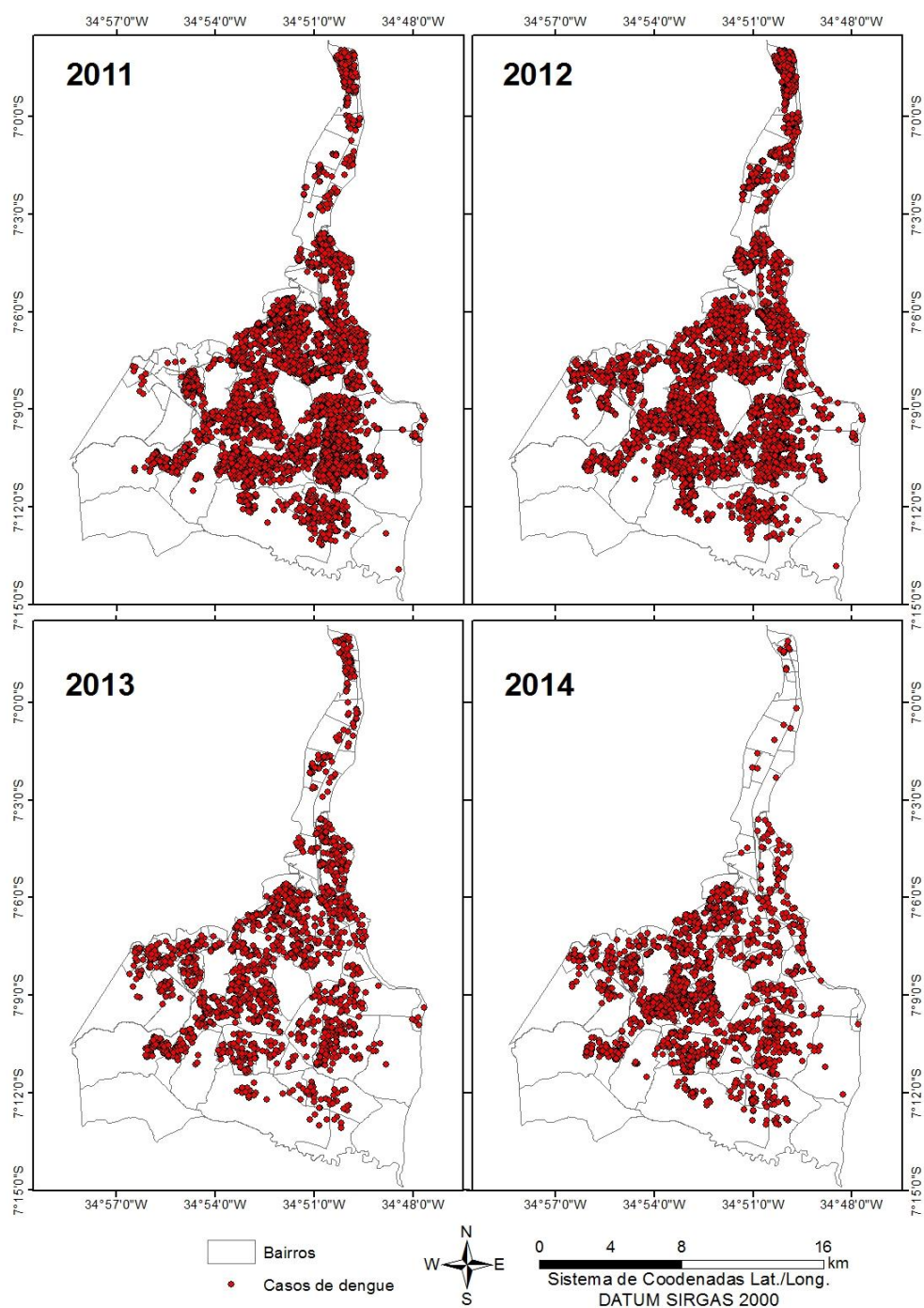
O alto nível de agregação dos casos de dengue exposto pelos valores de R_n e apresentado pela Figura 28, pode ser explicado pela conurbação que destaca-se como fator relevante para a disseminação e aumento da influência do vetor, com isso, devido à ligação física dos espaços urbanos desses municípios a doença é transmitida de forma contínua em toda área de estudo, com maior ênfase nos bairros onde há maior descarte de lixo de forma inadequada. Outros fatores também estariam associados, como: grande densidade demográfica e altas taxas de urbanização desses municípios.

Figura 28 – Distribuição espacial dos casos de dengue na área de estudo entre 2011 e 2014



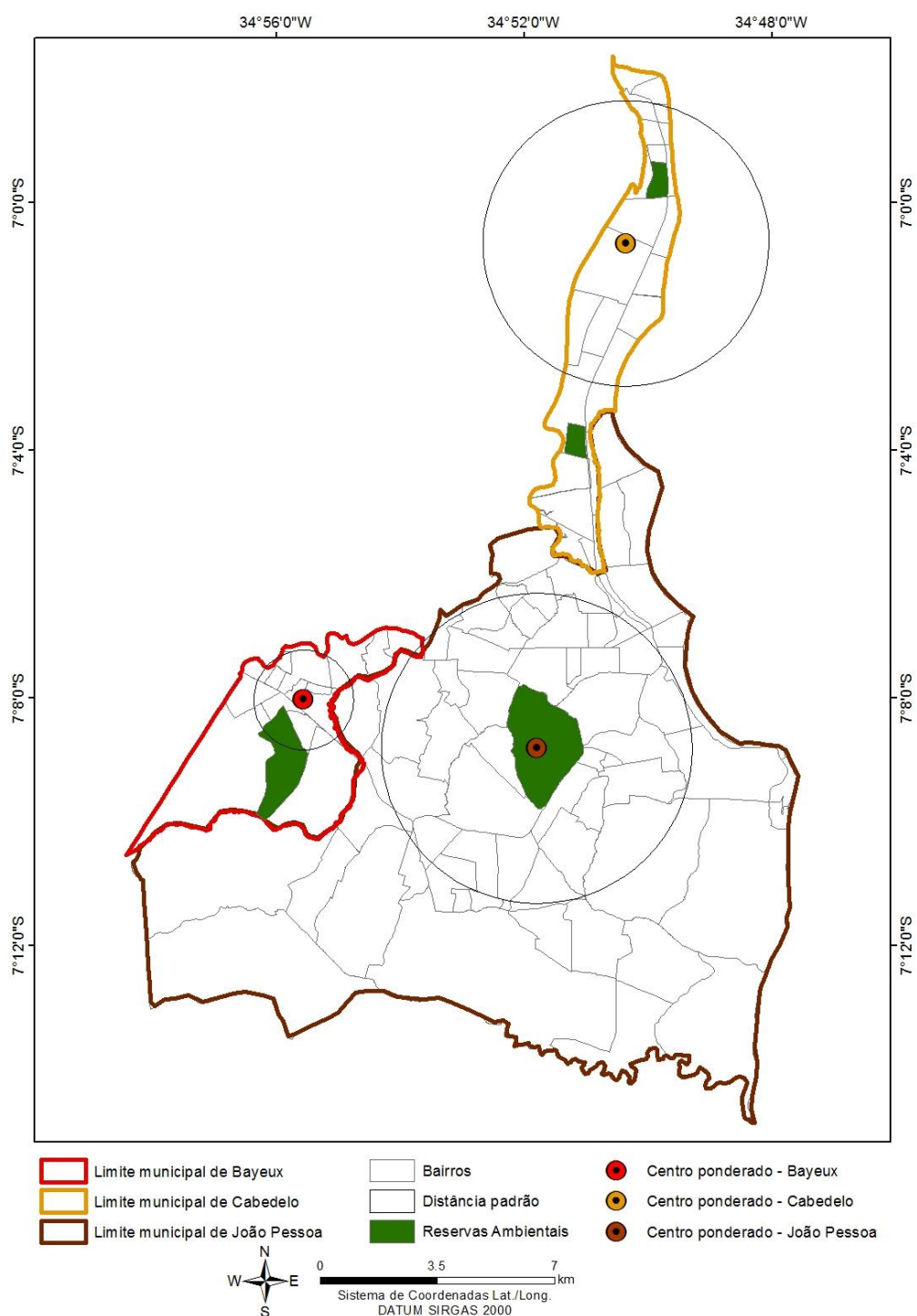
Uma propriedade locacional importante para esses valores de R_n e consequentemente para essa grande agregação de casos de dengue refere-se as questões climáticas, em especial, os altos índices pluviométricos e da umidade do ar registrados na área de estudo, proporcionando um ambiente favorável ao desenvolvimento do *Aedes Aegypti*, e com isso, grande difusão da dengue. A Figura 29 reforça a análise já citada, expondo com mais detalhes a distribuição espacial dos casos através da exibição ano a ano de toda série temporal.

Figura 29 – Distribuição espacial dos casos de dengue entre 2011 e 2014 na área de estudo



A partir da distribuição espacial dos casos de dengue nos municípios estudados apresentado na figura anterior, evidenciam-se as áreas de maior agrupamento em todo espaço geográfico analisado. Dessa maneira, entende-se os resultados do centro geográfico ponderado (C_g) e do raio padrão (l^2) expostos na figura a seguir, haja vista que esses indicadores estão associados aos espaços de maior quantidade de casos e o grau de dispersão da doença.

Figura 30 – Distância padrão e centro geográfico ponderado na área de estudo a partir dos casos de dengue entre 2011 e 2014



No que se refere à distância padrão (l^2), como esperado João Pessoa e Cabedelo apresentaram os maiores valores 4.621 e 4.253 m, respectivamente, e Bayeux 1.484 m. Esse valor para o município de João Pessoa está ligado à relação entre a dimensão territorial e a homogeneização da distribuição dos casos de dengue no espaço geográfico desse município.

Em relação aos municípios de Cabedelo e Bayeux, mesmo tendo dimensões territoriais semelhantes, os valores de l^2 foram bem diferentes devido a distintas formas do agrupamento dos casos da doença estudada. Esses resultados elucidam-se na medida que se observa a distribuição espacial dos casos de dengue em Cabedelo. Assim, percebe-se uma maior concentração de casos nas porções norte e sul, e menos na porção central, ou seja, percebe-se na porção central de Cabedelo agrupamentos de casos de dengue menos expressivos se comparado as outras localizações geográficas desse município.

Assim, essa menor ocorrência de casos na porção central de Cabedelo pode estar ligada a menor densidade populacional nessa localização geográfica, tornando o valor de l^2 elevado. Caso o agrupamento da doença tivesse concentrado em apenas uma porção de Cabedelo, o resultado da distância padrão se assemelharia ao de Bayeux, pois a distância entre os pontos mais distantes não seria tão grande.

Em Bayeux, o espalhamento dos casos apresentou-se de forma mais homogênea, porém, como esse município apresenta dimensão territorial bem inferior em relação à João Pessoa, o valor de l^2 também foi bem inferior em comparação aos outros municípios.

O centro geográfico ponderado (C_g), em João Pessoa localizou-se na sua área central, mais precisamente na coordenadas $34^\circ 51' 47,9''$ oeste e $7^\circ 8' 48,4''$ sul. Essa localização do C_g , remete-se a grande concentração dos casos de dengue nessa região – como já apresentado nos mapas de bairros com maior quantidade de casos de dengue e nos mapas de espacialização da dengue.

Alguns condicionantes – além dos fatores socioeconômicos – merecem destaque em relação a grande concentração de casos de dengue na área central de João Pessoa. Nesse sentido, percebe-se que os bairros de maior incidência são muito adensados e estão próximos ao Jardim Botânico Benjamim Maranhão, que devido a sua localização (muito próximo a

bairros adensados) e a sua característica fitofisionômica¹⁷ pode tornar-se favorável ao desenvolvimento do *Aedes Aegypti*, e, conseqüentemente, difusão da dengue.

Assim, na tentativa de buscar mais evidências, decidiu-se fazer análise *in loco* do entorno da reserva ambiental. A partir disso verificou-se a presença de famílias que moram – de forma irregular – às margens do jardim botânico e sobrevivem de materiais recicláveis, não existindo a mínima educação ambiental em relação à disposição desses materiais, como expõe a imagem abaixo.

Figura 31 – (a) parte externa da habitação e (b) parte interna da habitação



Fotos: Caio Américo P. de Almeida, outubro de 2016.

Com isso, a disposição inadequada de resíduos sólidos apresenta-se como um dos principais fatores para a disseminação da dengue na área central do município de João Pessoa. É importante considerar que tal análise efetuou-se apenas no entorno da reserva ambiental, portanto, para obtenção de mais evidências, seria necessário uma análise mais minuciosa nos bairros.

Em relação à Cabedelo, o C_g também concentrou-se na área central, com localização mais precisa na coordenada 34° 50' 21,3" oeste e 7° 0' 39" sul. A “atração” do C_g nessa direção é o resultado da concentração dos casos de dengue nos extremos Norte e Sul desse município, pois são essas áreas (como já verificado) que apresentam os indicadores socioeconômicos mais favoráveis para difusão da dengue.

¹⁷ Reserva ambiental com espécies vegetais típicas da mata atlântica, apresentando alta densidade e folhas do tipo latifoliadas.

Portanto, os bairros que mais se destacaram em toda a série histórica foram: Renascer e Parque Esperança (na porção sul), com 14,7% dos casos de dengue, Centro e Camalau (na porção norte) concentrando 23,8% dos casos.

O Cg de Bayeux ficou mais a leste do limite territorial desse município na coordenada 34° 55' 33,7" oeste e 7° 8' 1,7" sul. Esse fato está associado à localização geográfica (na porção leste) dos bairros com maior quantidade de casos de dengue: Comercial Norte, Mario Andreazza e Imaculada, que registraram 35,7% dos casos da doença de todo o município no período estudado.

Para esclarecer a maior ocorrência de casos nesses bairros, também efetuou-se análise *in loco*, com isso, constatou-se que a posição do centro geográfico ponderado em Bayeux tem forte associação, como em João Pessoa, à falta de educação ambiental da população – também constatado no estudo de Tauil (2001), Silva *et al.* (2003) e Roseghini (2013) – e também a ineficácia da gestão pública no que se refere à limpeza do município, como apresentado na Figura 32.

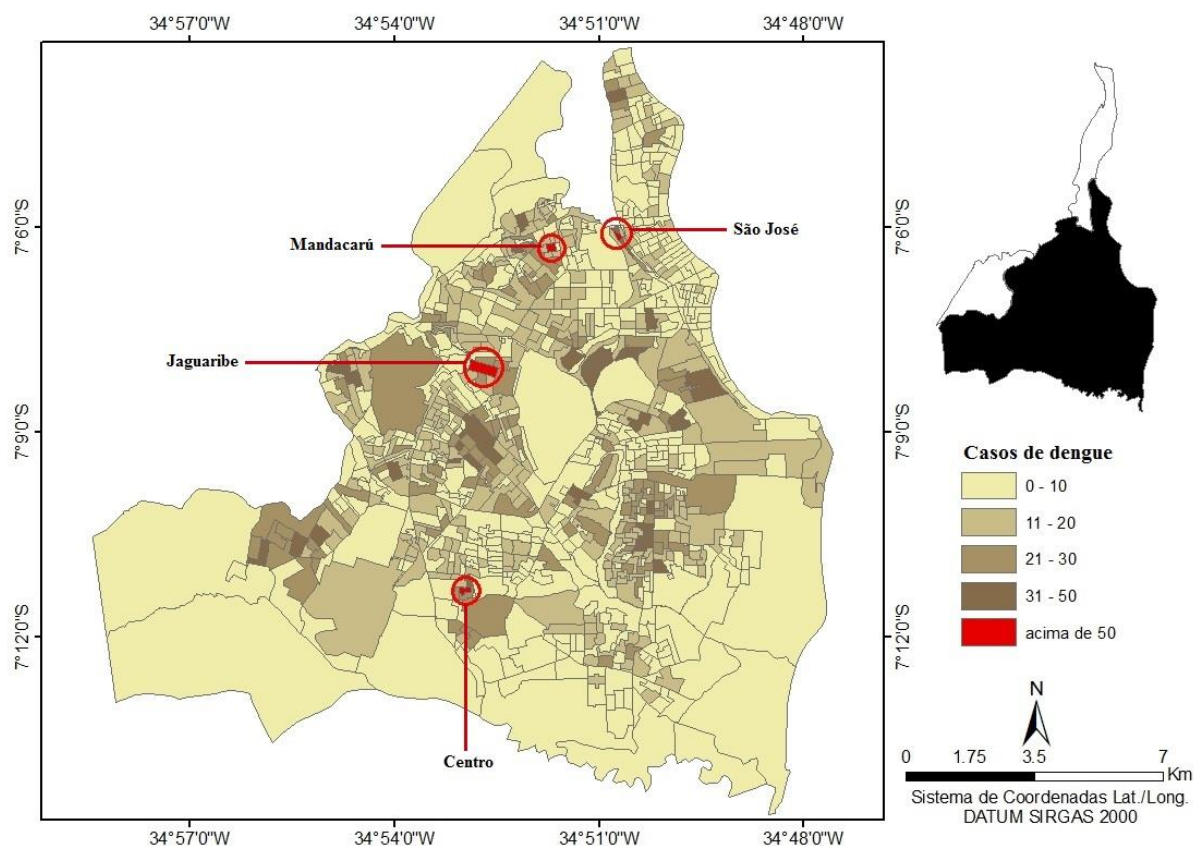
Figura 32 – Descarte inadequado de lixo as margens de um tributário do Rio Paraíba no bairro Imaculada, Bayeux - PB



Fotos: Caio Américo P. de Almeida, outubro de 2016.

Com isso, o descarte inadequado de lixo se destaca como fator basilar para a disseminação da dengue. Portanto, para melhor evidenciar a problemática da dengue, as próximas figuras deste subitem tornam-se de suma importância para o aprofundamento da análise espacial dessa doença, na medida em que elas expõem de forma minuciosa, através dos setores censitários, os locais de maior quantidade de casos dessa doença expondo as áreas de maior risco na área de estudo desta pesquisa.

Figura 33 – Setores censitários com maior quantidade de casos de dengue no município de João Pessoa



Os setores que apresentaram maior quantidade de casos em João Pessoa foram: 250750705000408 no Grotão; 250750705000026 em Jaguaribe; 250750705000296 em Mandacarú; e 250750705000487 no São José.

O setor 250750705000408 no bairro do Grotão, como exposto na Figura 34, é formado por pequenos edifícios. Constatou-se que esse setor ainda está em plena expansão no que se refere ao número de residências, por esse motivo, e possivelmente por falta de conscientização ambiental, os responsáveis pelas obras descartam os restos de materiais (tralhas, latas, baldes e ferramentas inutilizáveis) das construções em terrenos baldios.

Figura 34 – Descarte inadequado de resíduos sólidos em terrenos baldios no bairro do Grotão



Fotos: Caio Américo P. de Almeida, outubro de 2016.

O setor 250750705000026, em Jaguaribe, está localizado na parte central de João Pessoa, próximo aos bairros de maior quantidade de casos de toda área de estudo (Oitizeiro, Cristo Redentor e Cruz das Armas), além disso, esse setor possui alta concentração populacional.

Nesse setor, como apresentado na Figura 35, também há um grande terreno baldio no qual foram encontrados garrafas, sacos plásticos e carcaças de carros abandonados, ademais, existe uma praça com vários materiais que servem de lixeiro e vasos de plantas – pneus, garrafas pet e baldes – favoráveis ao desenvolvimento do mosquito transmissor da dengue.

Figura 35 – Carcaças de carros, lixo e recipientes favoráveis ao desenvolvimento do *Aedes* em Jaguaribe



Fotos: Caio Américo P. de Almeida, outubro de 2016.

No que se refere ao setor 250750705000296, em Mandacarú, após análise minuciosa no intuito de encontrar recipientes convencionais (garrafas, sacos, pneus e tralhas) ao desenvolvimento do *Aedes*, constatou-se carcaças de carros espalhadas por toda a área – que

pode estar associadas a uma oficina de funilaria localizada nesse setor (Figura 36), com isso, essas carcaças podem estar ligadas a grande quantidade de casos de dengue nessa área, pois essas carcaças de carros tem grande potencial para acúmulo de água.

Figura 36 – Carcaças de carros em Mandacaru



Fotos: Caio Américo P. de Almeida, outubro de 2016.

O setor 250750705000487 está em um dos bairros mais pobres de João Pessoa (São José), e possui uma densidade demográfica de 20.818 hab./km², ou seja, uma das maiores de toda área de estudo. Além disso, a população não possui educação ambiental adequada e acaba descartando o lixo e armazenando materiais de forma inadequada (Figura 37).

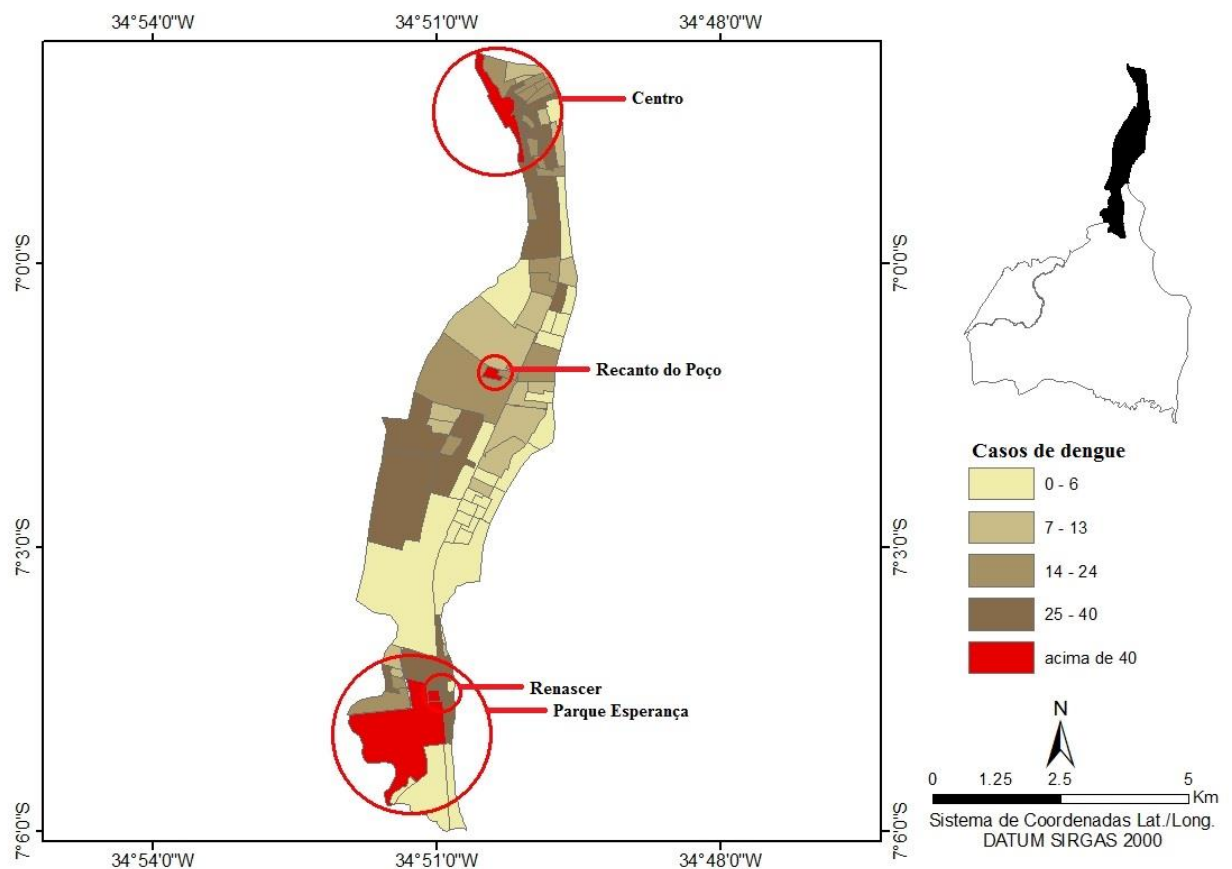
Figura 37 – (a) materiais armazenados e (b) lixo descartado de forma inadequada no bairro São José



Fotos: Caio Américo P. de Almeida, outubro de 2016.

A Figura 38 mostra os setores de maior concentração de casos de dengue no município de Cabedelo. É importante destacar que os valores das classes que apresentam os setores com maior quantidade de casos de dengue foram menores na comparação com a Figura 32 que representa o município de João Pessoa, pois houve grande diferença na quantidade absoluta de casos de dengue entre esses municípios.

Figura 38 – Setores censitários com maior quantidade de casos no município de Cabedelo



Assim, os setores 250320905000007 no Centro, 250320905000063 no Recanto do Poço, 250320925000009 no Renascer e 250320925000007 no Parque Esperança foram os mais representativos na incidência da dengue

No bairro do Centro o setor 250320905000007 – lembrando que esse setor foi atribuído ao bairro do Centro devido a inserção da maior parte de sua área nesse bairro – revelou grande quantidade de lixo que os caminhoneiros jogam nos terrenos baldios e ruas quando estão esperando a carga ou descarga de seus caminhões no porto de cabedelo.

Também merece destaque o local e a forma inadequada de armazenamento de materiais recicláveis dos catadores informais. Esses fatos comprovam-se na figura abaixo.

Figura 39 – (a) materiais armazenados e (b) lixo descartado de forma inadequada no Centro



Fotos: Caio Américo P. de Almeida, outubro de 2016.

A principal evidência para maior proliferação da dengue no setor 250320905000063 no Recanto do Poço está relacionada a ineficácia da coleta de lixo, com isso, os moradores acabam despejando os resíduos sólidos na rua ou em terrenos baldios próximos, como exposto pela Figura 40.

Figura 40 – Resíduos sólidos jogados na rua e em terreno baldio no Recanto do Poço



Fotos: Caio Américo P. de Almeida, outubro de 2016.

No setor 250320925000009 no Renascer, percebeu-se que a maior causa da grande quantidade de casos está relacionada aos coletores de lixo externos das residências, os quais são constituídos de tonéis, ou seja, objeto muito favorável ao desenvolvimento do *Aedes Aegypti*.

Com isso, ressalta-se que de acordo com a Fiocruz (2011) os principais criadouros do *Aedes*, isto é, os mais perigosos, são os grandes reservatórios como: caixas d'água, galões e

tonéis. Por isso, alerta-se para que os cuidados com os reservatórios de maior porte como os da Figura 41, sejam redobrados, pois são neles que o vetor da dengue encontra melhores condições para se desenvolver de ovo a adulto.

Figura 41 – Coletores de lixo no bairro Renascer



Fotos: Caio Américo P. de Almeida, outubro de 2016.

O setor 250320925000007, no Parque Esperança, apesar de possuir poucas residências e baixa densidade demográfica apresentou grande quantidade de casos de dengue devido, como na maioria dos setores, à disposição inadequada de resíduos sólidos e a ineficácia do órgão responsável pela limpeza do setor. A Figura 42 demonstra essa situação.

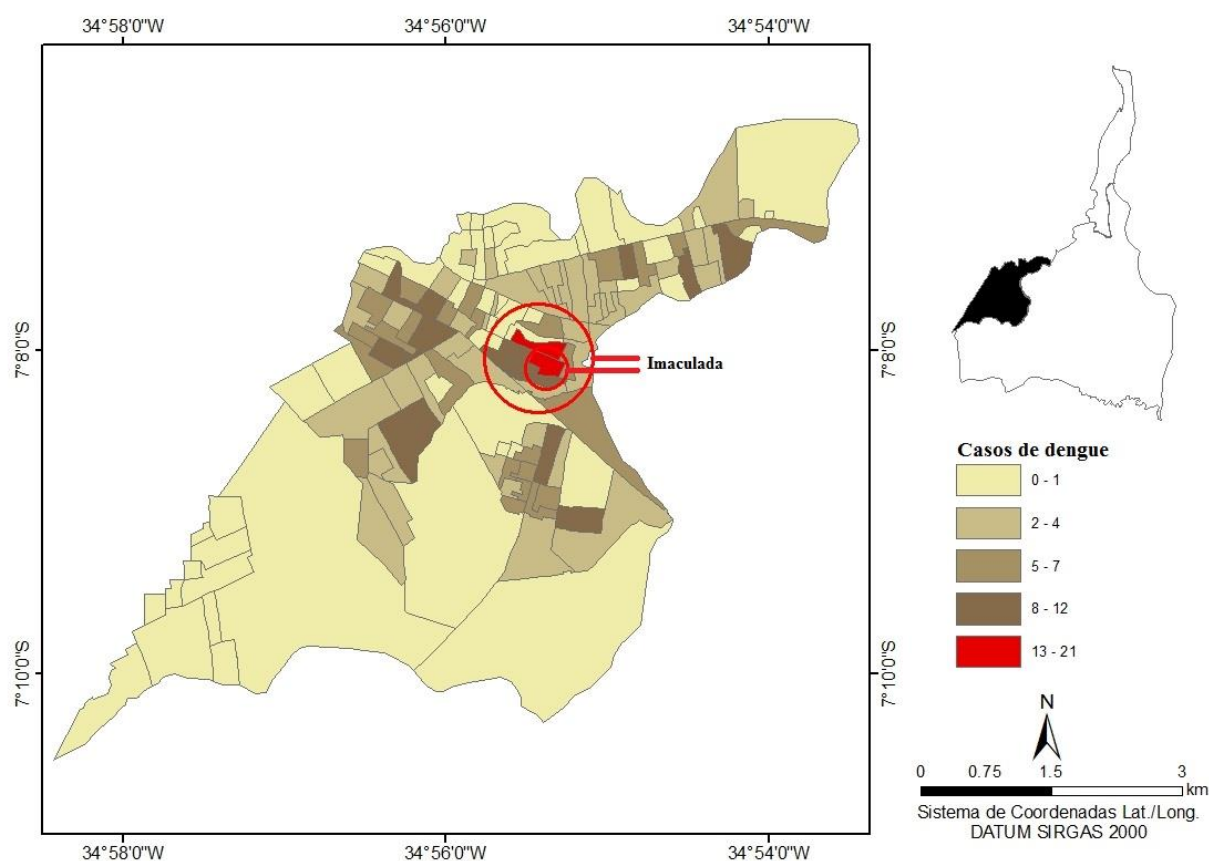
Figura 42 – Resíduos sólidos descartados de forma inadequada no Parque Esperança



Fotos: Caio Américo P. de Almeida, outubro de 2016.

A Figura 43 apresenta as áreas de maior quantidade de casos de dengue em Bayeux. Os setores 250180705000012 e 250180705000013 são os mais representativos, ambos localizados no bairro Imaculada que concentrou a maior quantidade de casos em toda série histórica para esse município.

Figura 43 – Setores censitários com maior quantidade de casos de dengue no município de Bayeux



Após análise *in loco* nos dois setores (Figura 44), percebeu-se que o grande problema, possivelmente, está na educação ambiental da população e deficiência da limpeza urbana. Em todas as ruas (sem exceção) foi constatado lixo descartado de forma inadequada, variando desde garrafas e sacos de lixo nas calçadas, bem como tralhas, pneus, latas, recipientes de vidros e diversos tipos de matérias plásticas nas ruas e calçadas.

Após conversa com alguns moradores na tentativa de explicar o porquê do descarte de lixo por toda parte, entendeu-se que realmente é uma prática comum e faz muitos anos que eles vivem dessa forma. Inclusive, afirmaram que há coleta de lixo, porém, a empresa responsável só retira os sacos de lixo fechados e “organizados”.

Com isso, os materiais (maiores) provenientes de alguma reforma, limpeza geral da residência e troca de móveis, ficam dispostos no meio da rua durante meses e até anos. Para a intensificação dessa problemática ambiental também deve-se considerar os diversos tipos de pequenos recipientes que ficam dispostos por todas as ruas e calçadas do setor. Com esses fatos evidencia-se o principal motivo do grande problema da dengue no bairro da Imaculada, mais especificamente nos setores 250180705000012 e 250180705000013.

Figura 44 – Resíduos sólidos descartados de forma inadequada no bairro da Imaculada



Fotos: Caio Américo P. de Almeida, outubro de 2016.

Nessa perspectiva, a educação ambiental dos moradores dos bairros dos municípios estudados, a qual está associada ao descarte inadequado do lixo, corroboram para a difusão da dengue. Além disso, as mudanças demográficas ocorridas nos países subdesenvolvidos, ou em desenvolvimento como é o caso do Brasil, consistiram em intensos fluxos migratórios para as periferias urbanas, cujo sistema público de planejamento não é adequado para atender às necessidades dos migrantes (SILVA *et al.*, 2003). Com isso, destaca-se o saneamento básico, particularmente a coleta de lixo, como insuficiente ou inadequada nas periferias das cidades. A figura 45 evidencia esse fato.

Figura 45 – Resíduos sólidos descartados de forma inadequada a) Parque Esperança, b) Recanto do Poço, c) Imaculada e d) São José



Organização: Caio Américo P. de Almeida.

Portanto, a insuficiência do planejamento público associado à educação ambiental da população, criam potenciais condições para o desenvolvimento do principal mosquito vetor da dengue, por consequência, acarreta sérios problemas de saúde pública.

6.5 Intensidade da distribuição dos casos de dengue

Para melhor análise dos resultados, os mapas de densidade Kernel foram organizados em 4 classes, cujos intervalos de classe foram definidos pelo método de quebra natural (*natural breaks*), o qual as separa de acordo com a mudança de comportamento dos dados e agrupa os subconjuntos que possuem características semelhantes.

É importante ressaltar que tendo em vista os anos epidêmicos (2011 e 2012) e não epidêmicos (2013 e 2014), decidiu-se produzir mapas com intervalos de classe diferentes, pois dessa forma consegue-se obter resultados mais precisos para cada ano de ocorrência dos casos de dengue, além disso possibilita-se identificar áreas de alta ocorrência da doença em todos os anos da escala temporal pesquisada.

Tabela 7– Intervalos de classe da densidade Kernel

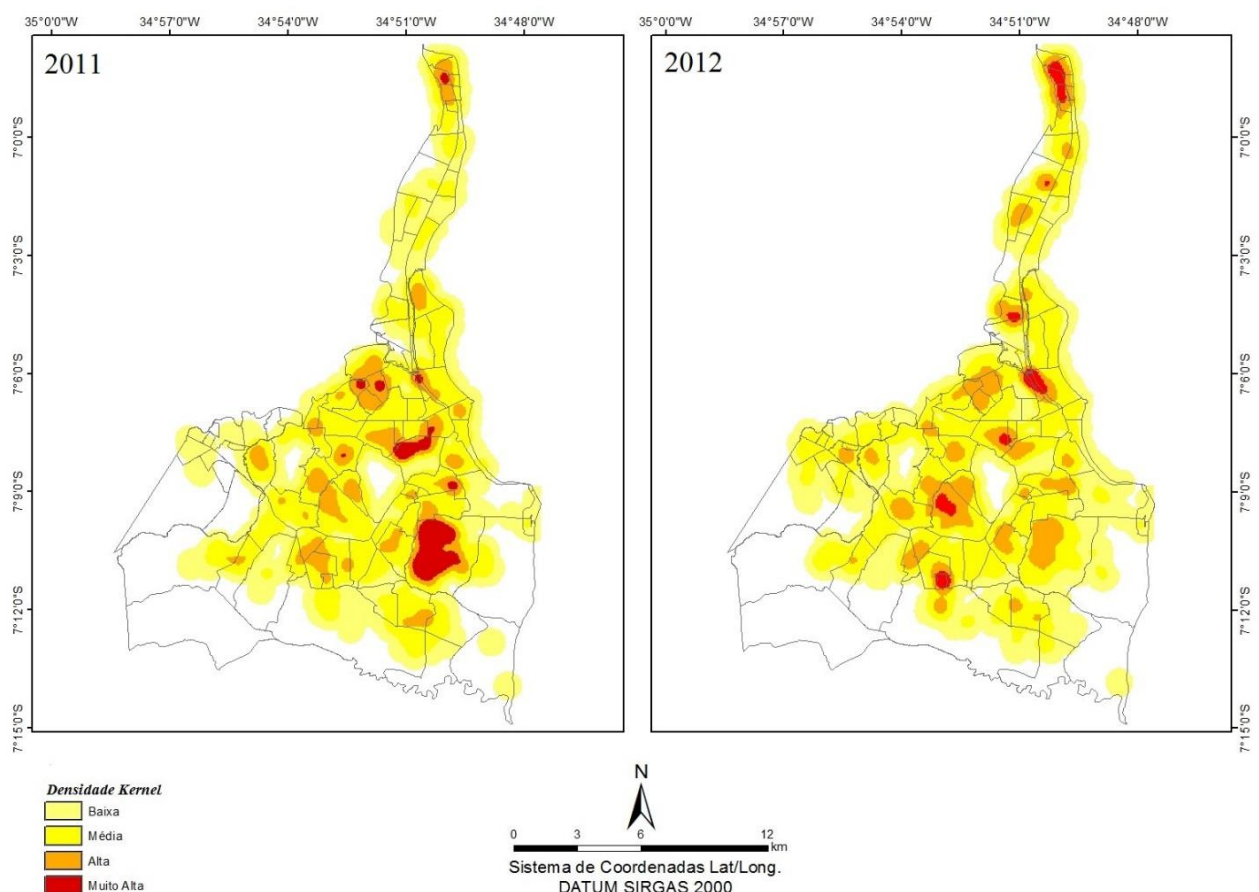
<i>Classe</i>	<i>Intervalos de Classe (casos/km²)</i>	
	2011/2012*	2013/2014**
Baixa	1 – 10	1 – 5
Média	11 – 50	6 – 25
Alta	51 – 100	26 – 50
Muito Alta	101 – 290	51 – 80

(*) Anos epidêmicos. (**) Anos não epidêmicos.

Organização: Caio Américo P. de Almeida.

A Figura 46 apresenta a imagem gerada a partir da densidade Kernel, a qual identifica as áreas com maior concentração dos casos de dengue por quilômetro quadrado (km²). Pode-se observar nessa figura os locais com alta concentração de ocorrências, representados por manchas vermelhas, também chamadas de “hot spots” (pontos quentes).

Figura 46 – Distribuição espacial dos casos de dengue entre 2011 e 2012 a partir do Estimador Kernel



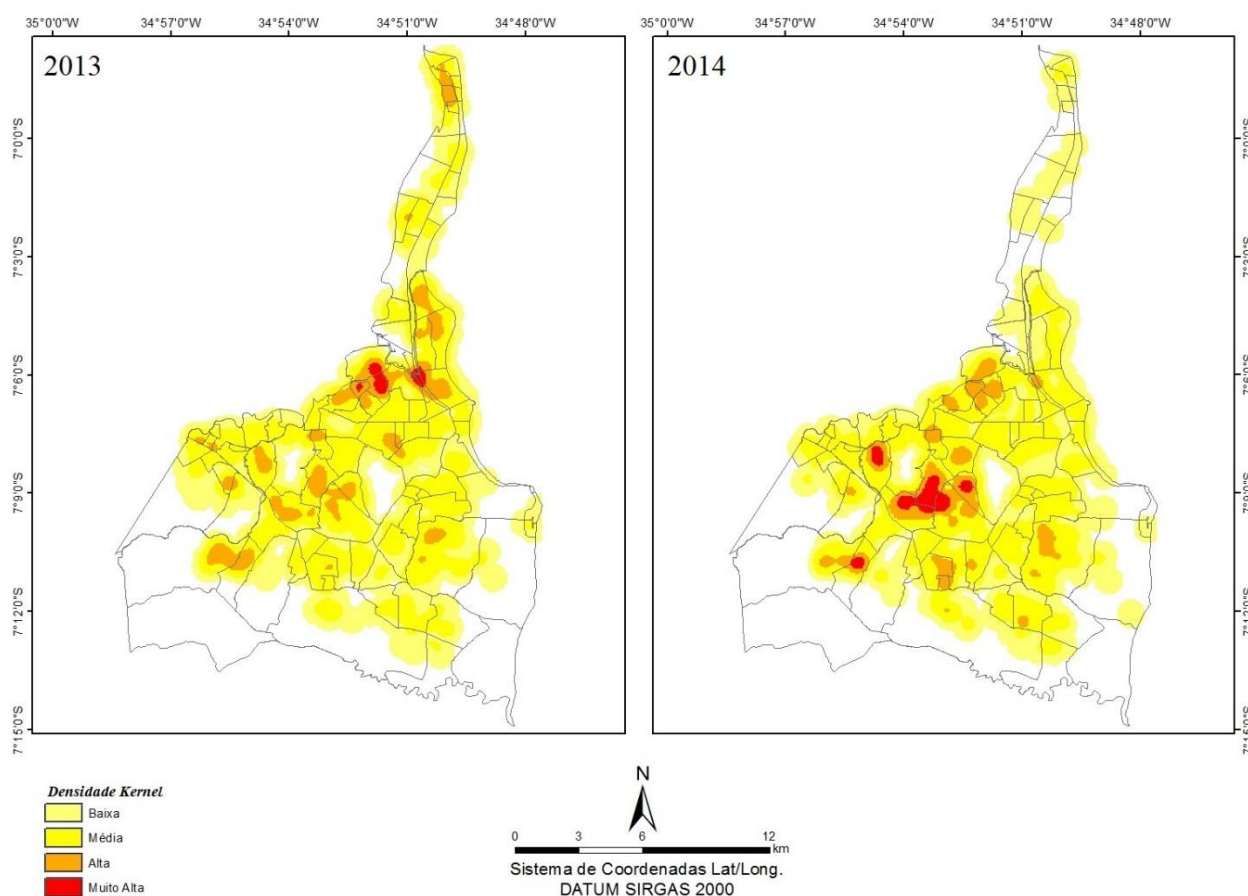
Com isso, os pontos quentes localizaram-se no município de João Pessoa, nos bairros Mangabeira, Bancários, Castelo Branco, Miramar, São José, Mandacarú e Jaguaribe (2011) e

Grotão, Cristo Redentor, Torre e São José (2012), sendo os bairros Mangabeira e São José os mais expressivos. Em Cabedelo foram identificados os pontos quentes apenas em 2011 no bairro do Centro e em 2012 nos bairros Ponta de Matos, Centro, Camalau, Renascer e Recanto do Poço, sendo que o bairro do Centro apresentou grande porção do seu espaço geográfico inserido na classificação muito alta.

Nos outros anos da série histórica (2013 e 2014) houve deslocamento dos pontos quentes para porção oeste da área de estudo, isso está ligado a maior concentração de casos nessas áreas como já apresentado nos mapas de incidência.

Em 2013 os pontos quentes concentraram-se nos bairros São José, Alto do Ceu, Mandacarú e Padre Zé, e em 2014 nos bairros Alto do Mateus, Varjão, Cruz das Armas, Cristo Redentor, Oitizeiro e Bairro das Indústrias, todos localizados no município de João Pessoa.

Figura 47 – Distribuição espacial dos casos de dengue entre 2013 e 2014 a partir do Estimador Kernel



Um dos fatores que explica a maior concentração de pontos quentes nos primeiros dois anos do período estudado está ligado a maior ocorrência dos casos de dengue nesses anos, por exemplo, em 2011 foram 36,4%, e em 2012 foi de 36,5% do total dos casos de todos os anos.

Também é importante destacar que os bairros que apresentaram alta densidade de ocorrência, possuem elevada densidade demográfica. Por exemplo, no município de João Pessoa os bairros São José e Mangabeira possuem respectivamente 20.817 e 7.142 habitantes por quilômetro quadrado. No município de Cabedelo o bairro do Centro possui 10.503 hab/km² (IBGE, 2010). Esse fato pode ser explicado pela Figura 48, onde percebe-se grande número de residências em praticamente todo limite territorial dos bairros apresentados.

Figura 48 – Representação dos bairros: (a) Centro, em Cabedelo, (b) São José, em João Pessoa e (c) Mangabeira, em João Pessoa



Fonte: Google Earth.
Organização: Caio Américo P. de Almeida.

Com isso, pode-se relacionar a alta ocorrência da dengue à densidade de domicílios e moradores nos bairros, pois permitem inferir no sentido de que nas áreas mais adensadas tendem a ocorrer maior número relativo de casos. Assim, os municípios com altas taxas de urbanização são susceptíveis a maior proliferação da dengue. Nesta direção, Costa e Natal

(1998) também afirmam que o adensamento populacional é um fator de risco para a ocorrência de dengue.

A Figura 49 mostra os principais pontos quentes em 2012 (bairro São José e Grotão em João Pessoa e Centro em Cabedelo). Nesses locais, constatou-se descarte inadequado de resíduos sólidos que estão ligados ao modo de vida dos habitantes desses bairros

Figura 49 – Resíduos sólidos descartados de forma inadequada nos bairros (a) São José em João Pessoa, (b) Grotão em João Pessoa e (c) Centro em Cabedelo



Fotos: Caio Américo P. de Almeida, outubro de 2016.

Portanto, fica claro que fatores socioambientais como densidade demográfica e resíduos sólidos descartados a céu aberto podem estar associados a maior proliferação do *Aedes Aegypti*, e, conseqüentemente, maior disseminação da dengue.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da emergência na busca da mitigação da ocorrência dos casos de dengue devido ao aumento das epidemias ocorridas nos últimos anos, trabalhos como este tornam-se cada vez mais necessário, pois produzem uma quantidade significativa de dados e resultados que poderão ser aproveitados *a posteriori*.

Nessa perspectiva, este trabalho atingiu os objetivos almejados contribuindo com resultados significantes e produzindo quantidade considerável de dados e informações que se utilizados junto à esfera pública, ajudarão no combate à dengue.

Em relação as condições socioambientais, elas estão diretamente associadas a maior ou menor disseminação da dengue, pois essas condições interferem principalmente na reprodução e desenvolvimento do mosquito *Aedes Aegypti*.

A investigação climática apontou que elementos meteorológicos como precipitação e umidade do ar também possuem forte correlação na propagação do vírus da dengue nos municípios de João Pessoa, Bayeux e Cabedelo, tendo em vista que o vetor dessa doença desenvolve-se em locais que possuem água parada.

Porém, não houve relação dos casos de dengue com a temperatura (muitos estudos constataam essa relação), esse fato pode estar associado a baixa amplitude térmica, pois as temperaturas da área de estudo, sazonal e diariamente, são sempre elevadas. Além disso, no mês de março os índices de precipitação e umidade do ar não significaram aumento de casos como nos outros meses analisados.

Nessa perspectiva, análises climáticas episódicas seriam mais precisas nos resultados da relação clima/dengue. Mas, é importante considerar que apenas as condições climáticas não são determinantes para difusão da dengue, pois é preciso haver habitat ideal para reprodução do mosquito transmissor.

Assim, fatores socioambientais como descarte inadequado de lixo, carcaças de carros e recipientes dispostos de forma favorável ao desenvolvimento do *Aedes*, residências sem coleta de lixo e desassistidas pelos órgãos públicos, aliado às circunstâncias climáticas, nesta pesquisa, tornaram-se os principais responsáveis para a ocorrência dos casos de dengue.

Com isso, a dengue apresentou-se muito adaptável ao espaço urbano e neste estudo, naqueles onde há forte adensamento populacional, população de baixa renda, pessoas que

carecem de educação ambiental e espaços onde existem baixa atuação dos serviços públicos, principalmente no que diz respeito à coleta de lixo.

Tais conclusões só foram possíveis devido as técnicas de estatística espacial atreladas ao uso de geoprocessamento. Assim, a combinação entre resultados numéricos, utilização de sistemas de informações geográficas e representação cartográfica, permitiu o melhor entendimento da difusão da dengue na área de estudo.

É importante ressaltar que o uso do geoprocessamento foi fundamental, pois contribuiu enormemente para o cruzamento dos dados do Sinan (casos de dengue) e IBGE (informações socioeconômicas por setor censitário), com isso, evidenciou-se os locais de risco.

Outra contribuição basilar do geoprocessamento foi a identificação dos setores com maior quantidade de casos, sendo possível análise *in loco*, e conseqüentemente, percepção de importantes evidências para alta proliferação da dengue naqueles locais. Assim, essa técnica apresentou-se com grande potencial para diminuição da ocorrência dos casos de dengue, devido à rapidez do procedimento e à exposição detalhada dos locais de maior risco. É importante salientar que essa técnica pode ser utilizada para quaisquer enfermidades, desde que as mesmas estejam georreferenciadas, por conseguinte, essa técnica apresenta-se com grande relevância para saúde pública.

Portanto, as técnicas apresentadas neste trabalho mostram-se relevantes no combate à dengue, porém a mitigação dessa doença apenas irá efetivar-se mediante a conscientização da população no que se refere à educação ambiental.

8. REFERÊNCIAS

ACOSTA, P. O. A.; ZEIDLER, J. D.; SOUZA, D.; CORDEIRO, J. S. Dengue infection in Boa Vista, Roraima, Brazil, 1999-2002. In: XVII National Meeting of Virology, 2006, Campos de Jordão, São Paulo. **Virus Reviews&Research**. Campos de Jordão, SP: Sociedade Brasileira de Virologia, v. 11. p. 136-136, 2006.

ALMEIDA, A. S.; MEDRONHO, R. A.; VALENCIA, L. I. O.; Spatial analysis of dengue and the socioeconomic context of the city of Rio de Janeiro (Southeastern) Brazil. **Revista Saúde Pública**, Rio de Janeiro, RJ. v. 43, n.4, p. 1-8, 2009.

ALEIXO, N. C. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. Percepções e riscos: abordagem socioambiental do processo saúde-doença. **Mercator**. Fortaleza. v. 10, n. 22, p. 191 – 208, 2011

ARAÚJO, J. R. de; FERREIRA, E. F.; ABREU, M. H. N. G. Revisão sistemática sobre estudos de espacialização da dengue no Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. São Paulo. v. 11, n.4, p. 145 – 151, 2008

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Perfil do Município de João Pessoa, PB**. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso em: 15 de novembro de 2015.

_____. **Perfil do Município de Bayeux, PB**. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso em: 15 de novembro de 2015.

_____. **Perfil do Município de Cabedelo, PB**. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso em: 15 de novembro de 2015.

AYOADE J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 10ª ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 2004. 332p.

_____. J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 14 ed. São Paulo: DIFEL, 2010. 350p.

AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, S. A.; AYRES, L. L. **Bioestat. 5.0: aplicações estatísticas nas áreas biológicas e médicas**. Belém: Sociedade Mamirauá. Brasília CNPq. 2007.

BAILEY, T. C.; GATRELL, A. C. **Interactive spatial data analysis**. 1ª ed. Harlow Essex, England: Longman Scientific & Technical. New York, NY: J. Wiley, 1995.

BARCELLOS, C.; SILVA, A. S.; ANDRADE, A. L. S. S. **Análise de Dados em Forma de Pontos**. In: Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Introdução à Estatística Espacial para Saúde Pública. 1ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

BARCELLOS, C.; PUSTAI, A. K.; WEBER, M. A.; BRITO, M. R. V. Identificação de locais com potencial de transmissão de dengue em Porto Alegre através de técnicas de geoprocessamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. Junho, 2005.

BARRERA, R.; DELGADO, N.; JIMÉNEZ, M.; VLLALOBOS, I.; ROMERO, I. Estratificación de una ciudad hiperedémica em dengue hemorrágico. **Revista Panamericana de Salud Publica**. Washington. v. 8, p. 255-233, 2000.

BERGAMASCHI, R. B. **A Geografia dos Acidentes de Trânsito na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) – ES, entre 2005 e 2013**. Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFES, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia de Vigilância em Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014, 812p.

_____. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde**. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/dengue>. Acessado em novembro de 2016.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: UNICAMP, 1996.

CATÃO, R. C. **Dengue no Brasil: abordagem geográfica em escala nacional**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

CARVALHO, M. G. F. **Estado da Paraíba: classificação geomorfológica**. João Pessoa, Ed. Universitária/Funape, 1982.

CARVALHO, M. S. **Aplicação de métodos de análise espacial na caracterização de áreas de risco a saúde**. Tese de Doutorado em Engenharia Biomédica, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1997.

CARVALHO, P. F. B.; BARROSO, L. C.; ABREU, J. F. Uma proposta para o ensino introdutório da quantificação em Geografia com o uso do software Matlab. **Cadernos de Geografia**. v.13, n.20, p. 09-20, 2003.

CARVALHO, M. S.; CRUZ, O. G.; SOUZA, W. V.; MONTEIRO, A. M. V. **Conceitos Básicos em Análise de dados Espaciais em Saúde**. In: Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Introdução à Estatística Espacial para Saúde Pública. 1ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Característica da população e dos domicílios: resultado do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <http://loja.ibge.gov.br/censo-demografico-2010-caracteristicas-da-populac-o-e-dos-domicilios-resultados-do-universo.html>. Acesso em: dezembro de 2016.

CONSOLI, R.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1994.

COSTA, D. M. P. **Co-circulação dos vírus da dengue tipos 1,2 e 4 nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, 2013.** Natal – RN. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. Natal – RN, 2013.

COSTA, A. I. P. da; NATAL, D. Distribuição espacial da dengue e determinantes socioeconômicos em localidade urbana no Sudeste do Brasil. **Revista Saúde Pública.** São Paulo. v. 32, n. 3, p.232-236, 1998.

CPTEC/INPE. **Imagem do Satélite Meteorológico geoestacionário GOES 12, IR 4, 12 GTM.** Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/home/novoSite/index.jsp>. Acesso em: 10 de junho de 2016.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil.** 19ª ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

DIAS, M. A. F. S; ROZANTE, J. R; MACHADO, L. A. T. **Complexos Convectivos de Mesoescala na América Do Sul.** In: CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J; DIAS (orgs). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo/SP, Oficina de Texto. 2009.

DONALISIO, M. R; GLASSER, C. M. Vigilância epidemiológica e controle da dengue. **Revista Brasileira de Epidemiologia.** v. 5, n.3, p. 259-271, 2002.

FERREIRA, M. C. **Procedimento Metodológico para Modelagem Cartográfica e Análise Regional de Epidemias de Dengue em Sistema de Informação Geográfica.** Tese de Doutorado. Instituto de Geociências – Unicamp, 2003.

_____. **Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento.** São Paulo: Editora Unesp, 2014.

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. **Revista Brasileira de Climatologia.** v.1, n. 1, p.15-28, 2005.

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz. **Conheça o comportamento do mosquito Aedes aegypti e entenda a razão que leva este pequeno inseto a ser taxado desta forma.** 2011. Disponível em: <http://www.ioc.fiocruz.br/dengue/textos/oportunista.html>. Acesso em: dezembro de 2016.

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. **The American Journal of Tropical Medicine Hygiene.** v. 53, p. 489-506, 1995.

FLAUZINO, R. F.; SOUZA, S. R.; OLIVEIRA, R. M. Dengue, geoprocessamento e indicadores socioeconômicos e ambientais: um estudo de revisão. **Revista Panamericana de Salud Pública.** v. 25, n. 5, p. 456-461, 2009.

FUNCEME. **Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre o Nordeste.** Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/areas/tempo/saiba-mais/sistemas-atmosfericos-atuantes-sobre-o-nordeste> Acessado em 22 agosto de 2016.

GLASSER C. M.; GOMES A. C. Clima e sobreposição da distribuição de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* na infestação do Estado de São Paulo. **Revista Saúde Pública**. v. 36, p. 166-72, 2002.

GOMES FILHO, M. F.; SOUZA, E. P.; BECKER, C. T. Sistemas convectivos de mesoescala com precipitação intensa na Paraíba: Um Estudo de Caso. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 11, n.1, p. 36 – 43, 1996.

GUBLER, D. J. The global emergence/resurgence of arboviral diseases as public health problems. **Archives of medical research**, México. v. 33, n. 4, p. 330-342, 2002a.

_____. D. J. Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health, social and economic problem in the 21st century. **Trends Microbiology**. v. 10, n. 2, p. 100-103, 2002b.

_____. D. J. Commentary: Ashburn PM, Craig CF. Experimental Investigations Regarding the Etiology of Dengue. **The Journal of Infectious Diseases**. v. 189, n. 9 p. 1744–1783, 2004.

GUIMARÃES, M. **Cartografia ambiental da região de Vitória da Conquista – BA**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências – USP. 1999.

GUZMÁN, M. G.; GARCÍA, G.; KOURÍ, G. El dengue y el dengue hemorrágico: prioridades de investigación. **Revista Panamericana de Salud Pública**. v. 19, n. 3, p. 204-215, 2006.

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

LEITE, M. E. Análise da correlação entre dengue e indicadores sociais a partir do SIG. **Hygeia**. v. 6, n. 11, p. 44 – 59, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/> acessado em janeiro de 2016.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Manual de Observações Meteorológicas**. 3ª ed. Brasília/DF: INMET, 1999.

MAGALHÃES, G. B. **Clima e saúde: relação entre os elementos atmosféricos e a dengue na região metropolitana de fortaleza**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia/UFC. Fortaleza – CE, 2011.

_____. G. B. **Comportamento Espaço-temporal da Dengue e sua Relação com os Elementos Atmosféricos e Socioeconômicos em Fortaleza/CE**. Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Geografia/UFC. Fortaleza – CE, 2015.

MAGALHÃES, A. F. M. M.; SANTOS, S. M.; GRACIE, R.; BARCELLOS, C. **Sistema de Informações Geográficas em saúde**. In: Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Abordagens espaciais na saúde pública. 1ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

MACHADO, P. J.; OLIVEIRA, R. M.; SOUZA-SANTOS, R.; Análise espacial da ocorrência de dengue e condições de vida na cidade de Nova Iguaçu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cad. de Saúde Pública**. Rio de Janeiro. v. 25, n. 5, p. 1025 – 1034, 2009.

MAZETTO, F. A. P. **Análise da Qualidade de vida urbana através do indicador saúde (doenças transmissíveis): o exemplo de Rio Claro-SP**. Dissertação de mestrado, área de concentração em organização do espaço; UNESP – IGCE. Rio Claro(SP) 1996.

MENDONÇA, F. 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. Editora da UFPR.

_____. Clima, tropicalidade e saúde: uma perspectiva a partir da intensificação do aquecimento global. **Revista Brasileira de Climatologia**. v.1, n.1, p. 97-110, 2005.

_____. Aquecimento Global e suas manifestações regionais e locais – Alguns indicadores da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. n.2, p. 71-86, 2007.

_____. Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos- a contingência climática. **Mercator**. Fortaleza. v. 9, n.1, p. 153 – 163, 2010.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206p.

MEDRONHO, R.A.; BLOCH, K.V.; LUIZ, R.R.; WERNECK, G. L. **Epidemiologia**. 2 ed. São Paulo: Atheneu. 2008. 790p.

MONDINI, A.; CHIARAVALLOTI NETO, F.; GALLO Y SANCHES, M.; LOPES, J. C. C. et al. Análise espacial da transmissão de dengue em cidade de porte médio do interior paulista. **Revista de Saúde Pública**. São Paulo. v. 39, n. 3, p. 444-451, 2005.

MONDINI, A.; CHIARAVALLOTI NETO, F. Variáveis socioeconômicas e a transmissão da dengue. **Revista de Saúde Pública**. v. 41, n. 6, p. 923 – 930, 2007.

MOURA, M. O. **Anomalias das Temperaturas Extremas do Ar em Fortaleza: correlação com a morbidade hospitalar por doenças cardiovasculares**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFPB. 2013.

MONTEIRO, J. B. CHOVER, MAS CHOVER DE MANSINHO: **desastres naturais e chuvas extremas no Estado do Ceará**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia/UECE. 2011,

MOLLION, L. C. B; BERNARDO, S.O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**. Rio de janeiro. v.17, n.1, p. 1-10, 2002.

MOURA, A. S.; ROCHA, R. L.; **Endemias e epidemias: dengue, leishmaniose, febre amarela, influenza, febre maculosa e leptospirose**. Belo Horizonte: Nescon/UFGM, 2012. 78p.

MUSTAFA, M. S.; RASOTGI, V.; JAIN, S.; GUPTA, V. Discovery of fifth serotype of dengue virus (DENV-5): A new public health dilemma in dengue control. **Medical Journal Armed Forces India**, v.71, n.1, p. 67–70, 2015.

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. **Geographic Information System**. Disponível em: <http://www.srh.noaa.gov/bmx/?n=gis>. Acessado em agosto de 2016.

NEVES, D. P.; MELO, A. L.; GENARO, O.; LINARDI, P. M. **Parasitologia humana**. 9ª ed. São Paulo: Atheneu, 1998.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

NOGUEIRA, M. J.; SILVA, B. F. A.; BARCELOS, S. M.; SCHALL, V. T. Análise da distribuição espacial da gravidez adolescente no município de Belo Horizonte – MG. **Rev. Brasileira de Epidemiologia**. v. 12, n.3, p. 297 – 302, 2009.

NORMILE, D. **First New Dengue Virus Type in 50 Years**. Sciencelnsider. 2013. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/news/2013/10/first-new-dengue-virus-type-50-years> Acessado em: 22 de agosto de 2016.

OPAS – ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. **Control de vectores com posterioridad a los desastres naturales**. Washington: OPAS, 1982.

PEREIRA, M. D. B. **A chuva na cidade de João Pessoa: uma abordagem genética**. Monografia. Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN) – UFPB, 2014.

PATZ, J. A.; MARTENS, W. J. M.; FOCKS, D. A.; JETTEND, A. H. Dengue Fever Epidemic Potential as Projected by General Circulation Models of Global Climate Change. **Environmental Health Perspectives**. v. 6, n. 3, p. 147 – 153, 1998.

PEITER, P. C.; BARCELLOS, C.; ROJAS, L. B. I.; GONDIM, G. M. M.; **Espaço geográfico e epidemiologia**. In: Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Introdução à Estatística Espacial para Saúde Pública. 1ª ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CABEDELO. **História da cidade**. Disponível em: <http://www.cabedelo.pb.gov.br/>. Acessado em: 01 de novembro 2016.

REBELO, J. M. M.; COSTA, J. M. L.; SILVA, F. S.; PEREIRA, Y. N. O.; SILVA, J. M.; Distribuição de *Aedes Aegypti* e do dengue no estado do Maranhão, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**. v. 15, n. 3, p.477 – 86, 1999.

REITER, P. Climate change and mosquito-borne disease. **Environmental Health Perspectives**. Vol. 109, supplement, p. 141 – 161, 2001.

REY, L. **Bases da parasitologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

RESENDES, A. P. C. **Sensoriamento remoto e modelagem espacial nos estudos dos processos endêmicos-epidêmicos em áreas urbanas: o caso da dengue no município de**

Niterói – estado do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. 2010.

RIVERA, A.H.; RODRÍGUEZ, A.P. Actualización en aspectos epidemiológicos y clínicos del dengue. **Revista Cubana de Salud Pública.** v. 36, n.1, p. 149-164, 2010.

ROSA, F. S. Impactos da Informática na Cartografia. In: **Simpósio Internacional sobre Novas Tecnologias Digitais em Geografia e Cartografia.** LEMADI, São Paulo, 1996.

ROSEGHINI, W. F. F. **Clima urbano e dengue no centro-sudoeste do Brasil.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFPR, 2013.

ROUQUAYROL, M. Z. **Epidemiologia e saúde.** Rio de Janeiro: MEDSI, 1999.

SANTOS, M. **O espaço vivido: os dois circuitos da economia urbana nos países subdesenvolvidos.** Rio de Janeiro: ed. Francisco Alves. 1979.

_____. **A urbanização brasileira.** Editora Hucitec, ed. 2. São Paulo, 1994.

_____. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção.** São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS, S. M.; PINA, M. F.; CARVALHO, M. S. **Conceitos básicos de sistema de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde.** Brasília: Organização Pan-americana de Saúde / Ministério da Saúde, 2000.

SANTOS, S. L. dos. **Avaliação das Ações de Controle da Dengue: aspectos críticos e percepção da população.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Saúde Coletiva – FIOCRUZ. Recife – PE, 2003.

SCANDAR, S. A. S. **Análise espacial da distribuição dos casos de dengue e a relação com fatores entomológicos, ambientais e socioeconômicos no município de São José do Rio Preto – SP - Brasil.** Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública – USP. São Paulo – SP. 2007.

SCHATZMAYR, H. G. **Aspectos Históricos da Dengue e de seus vetores.** In: SOUZA, L. J. de. (org.). **Dengue: diagnóstico, tratamento e prevenção.** 2º ed. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2008.

SILVA, A. A. da; MIRANDA, F. C.; FERREIRA, J. R.; ARAÚJO, E. J. A. Fatores sociais e Ambientais que podem ter contribuído para a proliferação da dengue em Umuarama, estado do Paraná. **Health Sciences.** Maringá. v. 25, n. 1, p. 81 – 85, 2003.

SILVA, J. S.; MARIANO, Z. F.; SCOPEL, I. The influence of the urban climate in the proliferation of the mosquito *Aedes aegypti* in Jataí (GO) in the perspective of the medical geography. **Hygeia.** v. 2, n. 5, p. 33-49, 2008.

SILVA, L. L. **Precipitações Pluviais da Pré-Estação Chuvosa no Período Chuvoso e suas Influências na Produtividade Agrícola da Paraíba.** Dissertação de Mestrado. Campina Grande-PB. Programa de Pós-graduação em Meteorologia/UFCG. 2007.

SILVEIRA JÚNIOR, J. C. **Pontos e linhas, pontes e retalhos: as experiências de implantação de tecnologias no domínio geográfico na vigilância vetorial para a dengue, em Recife e Santa Cruz do Capibaribe – PE. Recife – PE.** Tese de doutorado. Fundação Oswaldo Cruz. Centro de Pesquisa Ageu Magalhães. 2010.

SILVA, A. M.; SILVA, R. M.; ALMEIDA, C. A. P; CHAVES, J. J. S.; Modelagem Geoestatística dos Casos de Dengue e da Variação Termopluviométrica em João Pessoa, Brasil. **Revista Sociedade & Natureza.** Uberlândia. v.27, n .1, p. 157 – 169, 2015.

SNOW, J. **Sobre a Maneira de Transmissão da Cólera.** Rio de Janeiro/São Paulo: ABRASCO/HUCITEC. 1999.

SOUSA, C. F. **Dinâmica climática e as chuvas no Nordeste Brasileiro no eixo Barra do Corda/MA- Natal/RN (relações com o fenômeno *EL Niño*).** (Tese de Doutorado). São Paulo: FFLCH/USP- Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, 1998.

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 Congresso da Federação Latino-Americana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia. Brasília, DF. 1998.

SOUZA, M. S. de. **Análise da estrutura urbana.** In: DANTAS, E. W. C.; SILVA, J. B. da; COSTA, Maria Clélia Lustosa (Org.). De cidade à metrópole: (trans)formações urbanas em Fortaleza. Fortaleza: Edições UFC, 2009. p.13-86.

TAYLOR, P. J. **Quantitative Methods in Geography: An Introduction to Spatial Analysis.** Boston: Houghton Mofflin Co. 1977.

TAUIL, L. P. Urbanização e ecologia do dengue. **Cadernos Saúde Pública.** Rio de Janeiro. v. 17, suplemento, p. 99-102, 2001.

_____. Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública.** v. 18, n. 3, p. 867-871, 2002.

VASCONCELOS, P. F. C; LIMA, J. W.; TRAVASSOS DA ROSA, A.P.A.; TIMBÓ, M.J.; TRAVASSOS DA ROSA, L.S.; LIMA, H.R.; RODRIGUES S.J.; TRAVASSOS DA ROSA, J.S. Epidemia de dengue em Fortaleza, Ceará: inquérito soro-epidemiológico aleatório. **Revista de Saúde Pública.** v.5, n. 32, p. 447-54, 1998.

WATTS, D. M.; BURKE, D. S.; HARRISON B. A.; WHITMIRE, R. E. Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. **The American Journal of Tropical Medicine Hygiene.** v. 36, n.1, p. 143-452, 1987.

WILLIAN, P. The Analysis of Spatial Characteristics of Karst Terrains. In: CHORLEY, R. (Ed.). Spatial Analysis in Geomorphology. **London: Harper & Row.** 1972. p. 135-66.

WHITEHORN, J.; SIMMONS, C.P. The pathogenesis of dengue. **Vaccine.** v. 29, n.42, p. 7221-7228, 2011.

WHO – World Health Organization. **Dengue Control**. [Internet]. Disponível em: <http://www.who.int/denguecontrol/en/index.html/>. Acessado em 29/08/2015.

_____. **Global alert and response**. Disponível em: <http://www.who.int/entity/csr/alertresponse/en/>. Acessado em 22/08/2016.

WMO – World Meteorological Organization. **Guindace to Meteorological Instruments and Methods of Observation**. World Meteorological Organization N°8, 5th edition, Geneva Switzerland, 1983.