

Ministério da Saúde

**FIOCRUZ**  
**Fundação Oswaldo Cruz**



ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA  
SERGIO AROUCA  
ENSP

JEFFERSON PEREIRA CALDAS DOS SANTOS

*ESTRATIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA O  
CONTROLE DA DENGUE NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO  
NO PERÍODO DE 2008 A 2014.*

Rio de Janeiro  
2018

JEFFERSON PEREIRA CALDAS DOS SANTOS

**ESTRATIFICAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA O CONTROLE  
DA DENGUE NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO NO PERÍODO DE  
2008 A 2014.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Epidemiologia em Saúde Pública, da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Ciências na Área de Epidemiologia em Saúde Pública.

Orientadora principal: Prof. Dra. Aline Araújo Nobre

Segunda orientadora: Prof. Dra. Nildimar Honório Rocha

Rio de Janeiro

2018

Catálogo na fonte  
Fundação Oswaldo Cruz  
Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde  
Biblioteca de Saúde Pública

S237e Santos, Jefferson Pereira Caldas dos.  
Estratificação de áreas prioritárias para o controle da dengue na cidade do rio de janeiro no período de 2008 a 2014 / Jefferson Pereira Caldas Dos Santos. -- 2018.  
150 f. : il. color. ; graf. ; mapas ; tab.

Orientadoras: Aline Araújo Nobre e Nildimar Honório Rocha.  
Tese (doutorado) – Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2018.

1. Dengue. 2. Risco. 3. Crescimento Demográfico. 4. Vulnerabilidade em Saúde. 5. Urbanização. 6. Análise Espacial. I. Título.

CDD – 22.ed. – 614.58852

Jefferson Pereira Caldas dos Santos

**Estratificação de áreas prioritárias para o controle da dengue na cidade do Rio de Janeiro no período de 2008 a 2014.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Epidemiologia em Saúde Pública, da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, na Fundação Oswaldo Cruz, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Ciências na Área de Epidemiologia em Saúde Pública.

Aprovada em: 17 de julho de 2018.

**Banca Examinadora**

Prof. Dr. Christovam Barcellos  
Fundação Oswaldo Cruz - Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde

Prof. Dra. Andréa Sobral de Almeida  
Fundação Oswaldo Cruz - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca

Prof. Dra. Maria de Fátima Rodrigues Pereira de Pina  
Fundação Oswaldo Cruz - Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde

Prof. Dra. Cláudia Torres Codeço  
Fundação Oswaldo Cruz - Programa de Computação Científica

Prof. Dra. Aline Araújo Nobre (Orientadora)  
Fundação Oswaldo Cruz - Programa de Computação Científica

Rio de Janeiro

2018



## DEDICATÓRIA

Dedico esta tese ao meu irmão **Alexandre Pereira Caldas dos Santos**, sem o qual este trabalho não seria possível, me guiando hoje e sempre. E a minha filha **Maria Saraiva Pereira Caldas** que me motiva diariamente a lutar por um mundo mais igualitário, solidário e diverso.

## AGRADECIMENTOS

**F**estejo em primeiro lugar e agradeço a vida no seu sentido mais complexo. Por ter tido a oportunidade de estar no onde e no quando, que tantas vezes me fizeram e farão feliz. Celebro a vida simplesmente por estar interagindo e evoluindo em conjunto de forma ativa e não passiva, lutando por um mundo mais com mais amor.

**O**s olhos que me velam desde a eternidade. São aos donos destes a quem dedico não só um agradecimento, mas sim reverência. Devoto o devido reconhecimento aos que me deram tudo, principalmente caráter, princípios e amor. Pais a vocês não devo só esta tese, mas sim toda a minha educação no sentido amplo da palavra. Através de vocês foi que me tornei Geógrafo e Biólogo, quando nos primeiros anos da minha vida entrei em contato com o mundo, através das nossas incríveis viagens de carro pelo país. O resto desta caminhada com certeza foi consequência destes primeiros momentos vividos e vivenciados. Aprendemos juntos e ao longo da vida e tenho certeza que continuaremos pela eternidade. Obrigado por tudo Hyeres Maria Pereira Caldas e Manoel dos Santos Filho desde ontem, até hoje e para o sempre.

**R**ápido demais você se foi mesmo sem nunca ter ido. Dizem que os bons se vão jovens, não sei se é verdade essa máxima, mas tenho certeza que no seu caso sim. Meu irmão te agradeço por tudo que me ensinou e continua ensinando ao meu lado. Com certeza aprendemos muito um com o outro desde sempre, sei que me guia e me ajuda diariamente na minha vida, sinto você todo o tempo e em todos os tempos. Este trabalho com certeza tem a sua mão e o seu coração. Alexandre Pereira Caldas dos Santos. Amo-te hoje e sempre e um dia haveremos de nos encontrar no mesmo plano.

**A**mor... Vanessa Saraiva Pereira Caldas que turbilhão de emoções foram esses 4 anos né? Logo no início a notícia repentina da vinda de Maria, casamento acelerado, gestação e parto da nossa Duduzinha no meio de uma obra. Sei que pior que o parto de nossa bebe foi o “parto” da construção do nosso hoje maravilhoso lar, mas que nos consumiu e por fim as gestações de nossas Teses, não menos traumáticas rs. E nessa caminhada toda você esteve junto comigo me apoiando, mesmo que em alguns momentos não percebesse. Vejo em você a beleza e a leveza das pessoas sublimes que precisa de muito pouco para rir e fazer rir. Obrigado por ser essa pessoa de uma energia maravilhosa a quem eu tanto amo. Te admiro diariamente pela filha, esposa, mãe, amiga e mulher que é. Obrigado por tudo e por ter sido escolhido por você para dividir nossas vidas. Te amo muito e você sabe o quão de você tem nesta nossa realização.

Maria meu amor agradeço a você por ter me dado outro sentido à vida e me fazer enxergar um mundo totalmente novo.

“... Sou eu que vou ser seu amigo,  
Vou lhe dar abrigo, se você quiser.  
Quando surgirem seus primeiros raios de mulher  
... A vida segue sempre em frente, o que se há de fazer...”

**T**oda a gratidão para a minha família que como muitos sabem é muito grande. Gostaria de destacar inicialmente, os três pilares do que entendo como minha família e que não por coincidência tiveram e ainda tem papel na minha formação, mesmo duas já não estando aqui. Destaco e agradeço eternamente ao meu Bisavô Paulo Antônio Pereira Caldas a quem devo a base da minha educação em geral e em especial a acadêmica. Obrigado pelas longas manhãs de estudo e por se interessar até hoje pelo meu progresso no mundo do conhecimento, seu apoio sempre foi e continua sendo fundamental. Além dele agradeço a minha bisavó Maria Moraes Rego e a minha tia bisavó Déa Moraes Rego mulheres que me criaram e me educaram e a quem devo quase tudo, orgulho de ser um dos seus “acadêmicos”.

**E** também não poderia deixar de agradecer aos meus amados avós Maria Tude Pereira Caldas e Ericsson Robusto Brum que fecham assim a minha base de vida. Desde sempre me criaram ensinando valores importantes da vida, como ser Vasco, gostar de mapas e principalmente saber viver em comunidade dividindo e amando os outros. Obrigado por tudo e principalmente por me amar e podem ficar tranquilos que já superei o fato de não terem me esperado para ir a Iguaba rs.

**M**uito importante na minha vida são os meus tios irmãos: Thiago Pereira Caldas Brum (irmão gêmeo), que me acompanha e me ensina diariamente ao longo destes 37 anos de união, te admiro muito pelo que é; ao meu tio caçula Daniel Pereira Caldas Brum a quem devoto grande admiração pelo coração que tem, além de ter que ter suportado minha ausência dos sambas rs e pôr fim ao meu tio irmão mais velho Ericsson Pereira Caldas Brum que durante boa parte da juventude nos servia de norte tanto para o bem como para o mau rs. Amo muito vocês e obrigado por estarem comigo nesta jornada, com certeza ela é muito melhor com vocês.

**E** mais uma vez venho agradecer ao meu grande Professor Paulo Sabroza e hoje posso dizer, obrigado amigo Paulo. Agradeço os ensinamentos de vida que com certeza me foram, são e serão muito mais importantes que os ensinamentos acadêmicos e olha estes que não foram poucos. Ao longo deste doutorado tive o privilégio de trabalhar com você num projeto com o MST, que só pela causa já valeu muito a pena. Contudo este trabalho me possibilitou algo muito maior e mais valioso que foi o convívio diário onde pude aprender cada vez mais e também construir uma relação de confiança e amizade com as quais tenho certeza posso contar. Obrigado mais uma vez aos ensinamentos no campo da saúde pública, com uma visão voltada verdadeiramente para o povo e para os que mais precisam. Também agradeço aqui ao professor Luciano Toledo, está pessoa que me abriu as portas sempre que necessário, me dando as oportunidades dentro da FioCruz e oferecendo até hoje estrutura para o desenvolvimento dos meus estudos. Hoje além de professor e amigo é meu compadre espero continuar aprendendo com você em novas empreitadas ao longo da vida, para que eu possa continuar aprendendo. Obrigado Luciano por ser também meu mestre no sentido mais amplo da palavra. LabMep hoje e sempre.

**R**eferencial para mim no que diz respeito a grupo de pesquisa e trabalho agradeço a todos do Projeto ArboAlvo pelo auxílio e pelo convívio. Uma equipe de pessoas competente e do bem e que me ajudaram muito a entender a questão da dengue de forma mais abrangente. Não vou citar nomes pois são muitos, mas quero que saibam que todos tem contribuição importante neste trabalho.

! Em especial gostaria de registrar aqui a minha gratidão as minhas orientadoras Aline Araújo Nobre e Nildimar Honório Rocha. Ambas acreditaram em mim e não esmoreceram frente as dificuldades de orientar um aluno envolvido em muitos projetos e com muitos ideais, sei que não é fácil. Nil obrigado por ter aberto as portas para mim no doutorado e mesmo distante pelo pós-doc nunca deixou de acompanhar de forma carinhosa e com ternura. Aline a você o meu muito obrigado de todo o meu coração, você foi muito importante nesta jornada. Você aceitou me orientar num momento complicado da minha vida, mesmo não me conhecendo ainda muito bem. Sou muito grato por ter me acompanhado nesta jornada que foi muito rica em troca de visões e conhecimentos. Fui privilegiado por ter tido duas orientadoras que além de ótimas pesquisadoras são ótimas pessoas. Também agradeço a minha primeira orientadora Marília Sá por ter me aberto as portas e pelas palavras no início do trabalho, que me ajudaram muito a refletir e a melhorar naquilo que entendi como correto.

! Realização é a palavra que descreve o sentimento que é trabalhar com amigos e pessoas de pensamento fantásticos, agradeço a sorte de poder participar de uma equipe assim. A equipe que falo hoje se denomina territorial, mas já trabalhamos juntos faz tempo rs. Obrigado Alexandre, Heitor e Hermanos por me fazerem uma melhor pessoa e um melhor pesquisador. Cada um à sua maneira são pessoas que eu admiro muito e que procuro aprender sempre e espero que possamos continuar a trilhar nossos caminhos juntos sempre que possível pois com certeza é um enorme prazer trabalhar e realizar com vocês. E se tudo der certo na defesa teremos uma boa oportunidade para comemorar com força e conversar e debater a vida na forma que mais gostamos.

! Agradeço também Victor Villas Boas e a Helen duas pessoas que moram no meu coração e participaram de maneira importante na minha formação enquanto pessoa e como pesquisador. Mesmo não estando mais trabalhando no dia-dia juntos me ensinaram e ensinam até hoje o valor da amizade e do companheirismo.

! Agradeço ao Marcus Vinícius Ferreira o coordenador de Vigilância Ambiental em Saúde da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro pela colaboração neste trabalho sem a qual não seria viável a realização do estudo.

! E por fim agradeço a banca que irá avaliar este trabalho, pela disposição e atenção dispensada. Desde já agradeço a colaboração de vocês. Obrigado

! Não poderia deixar de agradecer a Fundação Oswaldo Cruz e a Escola Nacional de Saúde Pública e a população do meu PAÍS que foi quem pagou para eu tivesse acesso a essa oportunidade de aprender e crescer. Espero poder retribuir a esse alto investimento que o país e a população fizeram na minha pessoa através da aplicação do conhecimento obtido na melhora da situação de saúde de nossa população. Agradeço também a FioCruz pela bolsa concedida a mim que possibilitou a minha permanência no curso me desenvolvendo e crescendo cientificamente.

*“Não quero nunca renunciar à liberdade deliciosa de me enganar.”*  
(Che Guevara)

*“Os poderosos podem matar uma, duas ou três rosas, mas jamais conseguirão deter a primavera inteira.”*  
(Che Guevara)

*“Por um mundo onde sejamos socialmente iguais, humanamente diferentes e totalmente livres.”*  
(Rosa Luxemburgo)

## LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS, QUADROS E TABELAS

### TESE

Figura 1: Diferentes formas de manifestação clínica do vírus da dengue. ....	24
Figura 2: Desenho esquemático do vírus do dengue. ....	26
Figura 3: Ciclo de vida do <i>Ae. Aegypti</i> . ....	28
Figura 4: Área de risco para a dengue no mundo em 2011. ....	31
Figura 5: Global evidencia consensual, risco e carga de dengue em 2010. ....	32
Figura 6: Cartograma dos casos de febre amarela no Rio de Janeiro em 1896. ....	34
Figura 7: Cronologia da introdução de sorotipos de dengue no Brasil. ....	35
Figura 8: Difusão do vírus do dengue a partir do Rio de Janeiro, 2001-2006. ....	38
Figura 9: Modelo teórico da dinâmica da transmissão do dengue. ....	44
Figura 10: Exemplo hipotético da varredura espaço-temporal do método Scan. ....	55
Figura 11: Mapa de localização da cidade do Rio de Janeiro. ....	62
Figura 12: Área total e área ocupada. ....	67
Figura 13: Área ocupada e área residencial. ....	68
Figura 14: Geocodificação e vetorização das áreas dos pontos estratégicos. ....	70
Gráfico 1: Número de casos de dengue no Brasil de 1994 até 2014. ....	37
Gráfico 2: Curva de incidência anual da dengue no município do Rio de Janeiro, 1986 a 2014. ....	39
Quadro 1: Atividade do dengue no Brasil entre 1845 e 2010. ....	36
Quadro 2: Macro e Micro-determinante do dengue. ....	42
Quadro 3: Lista dos indicadores construídos com base na ocupação do território. .	66

## MANUSCRITO I

Figura 1: Mapa de localização e densidade populacional da cidade do Rio de Janeiro .....	82
Figura 2: Mapa dos centroides dos bairros pelo método geométrico e reajustados com base na densidade populacional e na área ocupada .....	85
Figura 3: Evolução da taxa de incidência de dengue e sorotipos circulantes na cidade do Rio de Janeiro, período de 2008 a 2014. ....	87
Figura 4: Mapa dos clusters das notificações de dengue na população de até 5 anos, Rio de Janeiro, período de 2008 a 2014. ....	90
Figura 5: Mapa dos clusters das notificações de dengue na população acima de 5 anos, Rio de Janeiro, período de 2008 a 2014. ....	91
Tabela 1: Série histórica da sorologia de dengue na cidade do Rio de Janeiro, período de 2002 a 2014. ....	86
Tabela 2: Análise de clusters de casos notificados de dengue na cidade do Rio de Janeiro, período de 2008 a 2014. ....	89

## MANUSCRITO II

Figura 1: Mapa de localização da cidade do Rio de Janeiro com suas divisões político-administrativas. ....	108
Figura 2: Matrizes de vizinhança com base na área total e na área ocupada da cidade do Rio de Janeiro. ....	111
Figura 3: Mapa da distribuição das armadilhas de oviposição (ovitrampas) no município do Rio de Janeiro. ....	116
Figura 4: Espacialização dos componentes resultantes da análise de componentes principais. ....	121
Figura 5: Mapa de receptividade ao dengue versus taxa incidência média de dengue e índice de densidade de ovos de Aedes. ....	123
Tabela 1: Indicadores territoriais, suas estatísticas descritivas e fonte de dados. .	118
Tabela 2: Carga dos indicadores, autovalor e variância explicada da Análise de Componentes Principais. ....	120
Tabela 3: Coeficiente de correlação de Spearman entre o índice de receptividade, a taxa de incidência de dengue e o índice de densidade de ovos (IDO) de Aedes aegypti nos bairros do Rio de Janeiro. ....	124



## RESUMO

**Introdução:** As arboviroses como o dengue, chikungunya e Zika são consideradas graves problemas de saúde pública mundial. A cidade do Rio de Janeiro apresenta altos índices de incidência de dengue ao longo dos anos e tem importância histórica no quadro nacional de manutenção e dispersão desta endemia. As estratégias de combate e controle do dengue tem se caracterizado pelo emprego de recursos de maneira universal no território, sem priorizar áreas com maior risco ou receptividade. As evidentes limitações dos programas de controle desta arbovirose em reduzir ou controlar o avanço das epidemias, de forma sustentada no tempo, justifica a busca de metodologias que delimitem áreas prioritárias para a intervenção. Buscando desta maneira a racionalização dos gastos e otimização dos resultados dos programas.

**Metodologia:** No presente estudo foram utilizados dados de incidência de dengue; dados populacionais e de infraestrutura urbana; infestação vetorial medidos por ovitrampas; dados territoriais e ambientais e imagens de satélite. Existem diferentes metodologias para a estratificação do território em áreas prioritárias para a intervenção. Para tal, foram utilizadas as metodologias de detecção de *clusters*, áreas de maior risco, baseada na estatística Scan e a análise baseada em multicritério para a definição de áreas de maior receptividade ao dengue. **Resultados:** As áreas de maior risco não coincidiram espacialmente quando analisados ano a ano e entre as duas populações avaliadas. Os *clusters* foram definidos mais em função do estoque de susceptíveis. A distribuição espacial das áreas de receptividade ao dengue foi heterogênea no município do Rio de Janeiro. As áreas que apresentaram maior receptividade ao dengue ficaram concentradas em regiões de expansão urbana não consolidada com menor infraestrutura urbana e serviços. Tanto as áreas de maior risco persistente quanto as áreas de maior receptividade foram definidas na região de transição da zona Norte e Oeste. **Discussão:** Os dados obtidos demonstram a importância em utilizar as janelas de oportunidade que os anos epidêmicos e de entrada de novos sorotipos possibilitam para a estratificação de áreas, seja de risco ou receptividade ao dengue. Com efeito, os estudos de dengue de base territorial devem ter uma preocupação especial com a descrição do território. Incorporando indicadores que reflitam de maneira fidedigna o território em função do seu uso e ocupação do solo.

**Palavras-Chave:** Dengue; Risco; Receptividade; Expansão urbana; Rio de Janeiro

## ABSTRACT

**Introduction:** The Arboviruses such as dengue, chikungunya and Zika are considered serious global public health problems. The city of Rio de Janeiro shows high rates of incidence of dengue fever over the years and has historical importance in the national framework of maintenance and dispersion of this endemic disease. Combat strategies and control of dengue has been characterized by the use of universal way resources in the territory, without prioritizing areas with higher risk or receptivity. The obvious limitations of this arbovirose control programs in reducing or controlling the spread of epidemics, in a sustained manner in time, justifies the search for methodologies that defines priority areas for intervention. Seeking the rationalization of expenses and optimization of the results of the programmes. **Methodology:** In the present study we used data of incidence of dengue fever; population data and urban infrastructure; vector infestation measured by ovitraps; territorial and environmental data and satellite images. There are different methodologies for the stratification of the territory in priority areas for intervention. To this end, we used the methods of detection of clusters, areas of higher risk, based on the Scan statistics and analysis based on multi-criteria for defining areas of greater receptivity to dengue. **Results:** The highest risk areas not coincided spatially when analyzed each year and between the two populations evaluated. The clusters were defined more as a function of susceptible stock. The spatial distribution of the areas of receptivity to the dengue fever was heterogeneous in Rio de Janeiro. The areas that presented greater receptivity to dengue fever were concentrated in areas of urban sprawl not consolidated with smaller urban infrastructure and services. Both the areas of increased risk persisted as the areas of greater receptivity were set in the transition region of the North and West. **Discussion:** The data obtained demonstrate the importance of using the opportunity windows that year and entry of new epidemic serotypes allow for stratification of risk, areas or receptivity to dengue. Indeed, studies of dengue territorial base should have a special concern with the description of the territory. Incorporating indicators that reflect reliable way the territory depending on your use and occupation of the land.

**Keywords:** Dengue; Risk; Receptivity; Urban sprawl; Rio de Janeiro

# Sumário

<b>1. Apresentação</b> .....	16
<b>2. Introdução</b> .....	18
<b>3. Referencial Teórico Conceitual</b> .....	21
<b>3.1. Urbanização e Saúde</b> .....	21
<b>3.2. Dengue</b> .....	24
3.2.1. Dengue no Mundo e no Brasil .....	29
<b>3.3. Modelo Teórico-Conceitual dos Determinantes do Dengue</b> .....	40
<b>3.4. Variáveis e indicadores</b> .....	44
<b>3.5. Risco</b> .....	46
<b>3.6. Receptividade e vulnerabilidade</b> .....	47
<b>3.7. Análise Espacial</b> .....	50
3.7.1. Geoprocessamento .....	51
<b>3.8. Análise de Conglomerados</b> .....	53
3.8.1. Método de Varredura Espacial de Kulldorf (Satscan).....	54
3.8.1.1. Estatística Scan: Espaço - Temporal .....	54
<b>3.9. Análise de Componentes Principais</b> .....	55
<b>3.10. Análise Multicritério</b> .....	56
<b>4. Justificativa</b> .....	59
<b>5. Objetivos</b> .....	60
<b>6. Materiais e Métodos</b> .....	61
<b>6.1. Descrição da Área de Estudo</b> .....	61
<b>6.2. Fonte dos dados</b> .....	63
<b>6.3. Construção dos indicadores</b> .....	64
<b>6.4. Definição das Áreas de Risco com o SatScan</b> .....	72
<b>6.5. Definição das Áreas de Receptividade</b> .....	73
<b>7. Aspectos Éticos</b> .....	76
<b>8. Resultados</b> .....	77
<b>8.1. Manuscrito 1:</b> .....	77
<b>8.2. Manuscrito 2:</b> .....	103
<b>9. Considerações finais</b> .....	132
<b>10. Bibliografia</b> .....	136

## 1. Apresentação

O presente estudo assume como pressuposto que o dengue é uma doença cuja produção e reprodução está relacionada a determinantes biológicos, ambientais, socioeconômicos e territoriais. A dinâmica ambiental bem como a reprodução social e econômica dos grupos populacionais, tem sua expressão mais tangível no território principalmente ao nível local.

O dengue é atualmente considerado a mais importante arbovirose transmitida por mosquitos ao homem, em função da sua morbidade e mortalidade (Gubler & Kuno 1997). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2011), a prevalência global do dengue cresceu exponencialmente nas últimas décadas. O dengue é a arbovirose com maior incidência mundial com estimativas de 390 milhões de casos anuais. As taxas de incidência de dengue no mundo vêm aumentando juntamente com a expansão geográfica das áreas de transmissão (Bhatt et al., 2013).

A crescente incidência e a expansão geográfica do dengue sugerem limitações das atuais estratégias de controle, principalmente do seu vetor primário, o *Aedes aegypti*. Na maioria dos países, os programas de controle focam apenas no combate ao vetor esquecendo dos outros determinantes. Os programas ainda apresentam limitações para implementar uma cobertura nacional, principalmente por conta da deficiência na estrutura e a falta de recursos humanos e financeiros (Horstick et al. 2010). Além disso, os altos custos dos poucos programas de controle relativamente bem-sucedidos - até 24 USD / habitante / ano (Baly et al. 2009) tem demonstrado dificuldades quanto à sua sustentabilidade financeira dos mesmos.

Na prática, em vez de atuar com uma vigilância contínua de prevenção proativa, muitos países aplicam apenas ações de controle reativas para o dengue, a partir da detecção de um surto ou epidemia. No entanto, a eficácia desta estratégia é muito duvidosa, já que atua somente na mitigação da magnitude das epidemias e não na prevenção. Dessa forma, há claramente uma necessidade de repensar as estratégias de controle desta arbovirose (Eisen 2010). Sendo assim, propomos que as estratégias de estratificação do território em áreas prioritárias, sirvam para as ações de controle de acordo com os riscos ou receptividade para a transmissão do dengue.

Sabe-se que o padrão de transmissão do dengue é determinado pela combinação de fatores que envolvem o hospedeiro humano, o vírus, o vetor, o ambiente físico e social. Nesse sentido, faz-se necessário uma abordagem que integre os parâmetros entomológicos, epidemiológicos, socioeconômicos, ambientais e territoriais.

A cidade do Rio de Janeiro e sua região metropolitana são áreas onde historicamente as epidemias de dengue ocorrem de maneira sucessivas. Esta região do país tem e teve papel importante na maioria das grandes epidemias de dengue no país assim como na introdução e dispersão de novos sorotipos (Fares et al., 2015).

A tese é apresentada em formato de coletânea, da qual fazem parte dois manuscritos em formato de artigo científicos:

Manuscrito I - Definição de áreas persistente de maior risco para o dengue através da detecção de *clusters* espaço-temporais para populações com diferentes mobilidades e imunidade na cidade do Rio de Janeiro, período de 2008 a 2014;

Manuscrito II - Um olhar sobre o espaço urbano habitado: uso e ocupação do solo, ilhas de calor e urbanização como determinantes da receptividade territorial a dengue na cidade do Rio de Janeiro.

Os artigos apresentados ao longo do texto articulam-se de forma que, no primeiro, realizou-se a definição de áreas de risco para o dengue baseado na identificação de *clusters* persistentes através da estatística Scan. Utilizando somente dados da incidência dos casos notificados, informação que o poder público local tem acesso de maneira mais efetiva. O segundo artigo, também de delineamento ecológico, buscou analisar e descrever o território em função da sua receptividade ao dengue. Foi baseado na construção e utilização de indicadores que levaram em consideração o território efetivamente ocupado do município. Posteriormente foram reduzidos a dimensões através da análise de componentes principais e estas integradas pela análise multicritério.

## 2. Introdução

Doenças transmitidas por artrópodes, como o dengue, chikungunya e Zika, representam importantes doenças infecciosas emergentes e reemergentes, consideradas graves problemas de saúde pública mundial. Os vírus dengues (DENV) são endêmicos em grande parte da América Latina desde os anos 1980. Já o vírus chikungunya (CHIKV) vem provocando ondas epidêmicas que se sobrepõe geograficamente àquelas de DENV na África, Oceano Índico, Ásia, Europa e Américas (Reiskind et al., 2010; Vega-Rúa et al., 2014; Honório et al., 2015). O vírus Zika, apesar de sua descoberta há décadas e circulação endêmica principalmente na África, recentemente emergiu nas ilhas do Oceano Pacífico até atingir a América do Sul e o Brasil em 2014 (Gatherer & Kohl, 2015; Zanluca et al., 2015). Os três são arbovírus transmitidos entre humanos em meio urbano e periurbano pelas mesmas espécies de mosquitos, *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) e *Aedes albopictus* (Skuse, 1894).

Neste cenário complexo de três arboviroses distribuídas espacialmente e temporalmente no território brasileiro, o dengue continua sendo considerado a mais importante arbovirose transmitida por mosquitos ao homem, em função da sua morbidade e mortalidade (Gubler, 1997; Gluber et al., 2004; Gurugama et al., 2010).

O dengue é a arbovirose de maior incidência no mundo, sendo endêmica em todos os continentes exceto a Europa (Barreto et al., 2008). É considerada a principal doença reemergente, com uma grande parcela da população mundial vivendo em áreas de risco de transmissão (Machado et al., 2009). Sendo assim um grave problema de saúde pública a nível global. As mais novas estimativas globais sugerem que a incidência anual de dengue fique na casa dos 390 milhões de casos. Destes apenas 96 milhões serão notificados nos sistemas de informação de saúde e desses 40.000 resultarão em mortes (Bhatt et al., 2013).

O dengue é classificado como uma enfermidade febril aguda, e que possui um grande espectro de manifestações clínicas, desde as mais brandas até as mais graves. Têm sua etiologia ligada a um vírus com quatro sorotipos distintos (DENV-1,

DENV-2, DENV-3 E DENV-4). Sendo considerada a arbovirose mais adaptada aos seres humanos (Gluber et al., 2004). O *Ae aegypti* é o principal vetor do dengue no Brasil e no mundo, é predominantemente encontrado em ambientes urbanos, enquanto o *Ae. albopictus* é considerado vetor potencial na transmissão, podendo estar presente em áreas rurais, periurbanas e urbanas (Ayllon et al., 2018). Ambas as espécies vivem próximas ao homem e são adaptadas aos domicílios humanos e necessitam de criadouros contendo água para a manutenção da sua prole (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; Naish et al., 2014).

A transmissão do dengue é essencialmente urbana, visto que é neste ambiente onde se encontram todos os fatores fundamentais para a sua ocorrência: o homem, o vírus, o vetor e, principalmente, as condições ecológicas, econômicas e culturais favoráveis ao estabelecimento da cadeia de transmissão (Marzochi et al., 1994). O complexo ambiente urbano onde, a alta adaptabilidade do *Ae. aegypti*, crescimento populacional, o aumento no fluxo de pessoas e mercadorias, além das rápidas mudanças climáticas são fatores que dificultam o trabalho de controle e prevenção das epidemias de dengue (Braga & Valle, 2007, Gubler, 2011; Bouzid et al., 2014).

O *Ae. aegypti* já foi considerado erradicado do Brasil, contudo a falta de ações coordenadas e contínuas dos programas de controle e erradicação possibilitou novas incursões do vetor e o seu reestabelecimento no território nacional (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994). O processo de reinfestação no Brasil pelo *Ae. aegypti* foi bastante impulsionado pelo processo de urbanização acelerado e descontrolado, ao qual o país e outros países em desenvolvimento passaram nas décadas de 70, 80 e 90. O crescimento urbano experimentado não foi acompanhado de serviços básicos, criando assim novos nichos ecológicos para o vetor primário nas áreas urbana. Em conjunto com o processo de urbanização, a globalização aumentou muito o fluxo de pessoas e materiais pelo território ajudando na dispersão do vetor e de pessoas infectadas para as mais diferentes áreas do país e do mundo (Braga & Valle, 2007).

Desde a reinfestação pelo *Ae. aegypti* na década de 70 e posteriormente o aparecimento das primeiras epidemias até os dias atuais, o Brasil apresenta epidemias e surtos de dengue (Barreto & Teixeira, 2008). A cidade do Rio de Janeiro e sua região metropolitana são áreas onde historicamente as epidemias de dengue ocorrem de maneira sucessivas. Esta região do país teve e tem papel importante na



maioria das grandes epidemias de dengue, assim como na introdução e dispersão de novos sorotipos (Osanai et al., 1983; Nogueira et al., 1990; Fares et al., 2015).

As estratégias de combate e controle do dengue no Brasil tem se caracterizado pelo emprego dos recursos de maneira universal no território sem priorizar as ações nas áreas com maior risco ou receptividade. Apesar de existirem metodologias tanto para se estratificar o território em áreas de intervenção prioritária, com maior risco ou maior receptividade para o dengue.

As metodologias que buscam por regiões de maior risco são denominadas métodos de detecção de *clusters*. Estes são definidos como uma região onde o risco de ocorrência de um fenômeno é mais alto quando comparado ao restante das demais áreas. Existem vários métodos de detecção de *clusters*, dentre estes a estatística Scan, que tem recebido destaque por além de delimitar os conglomerados espacialmente também atribui significância estatística via simulação de Monte Carlo (Kulldorff, 1997).

As áreas de maior receptividade podem ser estratificadas através da agregação diversos planos de informações ou dimensões através da metodologia de multicritérios, que gera um mapa síntese com as áreas de maior receptividade. O método multicritério se torna particularmente adequado a esse tipo de problema em que são consideradas diferentes dimensões ou critérios a serem analisados em conjunto (Câmara et al., 2003).

Nesse sentido, a tese aponta para a necessidade de abordagens integradas que possam delimitar áreas de intervenção prioritárias para a vigilância e controle do dengue, com vistas a otimizar os recursos disponíveis no território, incluindo de forma integrada a análise de parâmetros entomológicos (Sanchez et al. 2010), epidemiológicos (Barbazan et al., 2002), demográficos (Yoon et al., 2012), comportamentais (Stoddard et al., 2009) e ambientais / territoriais (Vanwambeke et al., 2009), visando a estratificação do território de acordo com o risco e a receptividades de transmissão para o dengue (Eisen, 2010).



### **3. Referencial Teórico Conceitual**

#### **3.1. Urbanização e Saúde**

A saúde das populações que vivem o modo de vida urbano está exposta a influências globais, nacionais e locais em rede de determinantes interligados. O cerne dessa proposição é que os ambientes sociais, econômicos, ambientais e territoriais definem o contexto urbano. Estes são modulados por fatores proximais e distais por diferentes atores em várias escalas (Caiaffa et al., 2015).

A urbanização pode ser caracterizada como resultado da mudança do modo de vida rural para o viver de modo urbano. Este é entendido como o meio de vida da cidade, isto é, dotado de urbanidade com hábitos típicos da vida em ambientes urbanos (Sposito et al., 1988). Demograficamente o processo de urbanização muitas vezes é entendido como sendo o momento histórico quando uma determinada região passa a ter um percentual maior de população urbana do que rural. Esta visão quantitativa não leva em consideração os processos socioespaciais que levam áreas específicas possuírem características urbanas mesmo estando dentro de áreas rurais e vice e versa (Sabroza et al, 2006).

A intensidade do processo de urbanização no mundo variou muito no tempo e no espaço. Contudo, é inegável que com o avanço da industrialização e da globalização no século XIX o processo se intensificou e de forma acelerada. Grandes contingentes populacionais foram atraídos do campo para trabalharem nas indústrias que estavam florescendo nas cidades (Sabroza et al., 2006).

No Brasil o processo de industrialização se inicia na década de 20 e 30 do século XX, contudo é a partir dos anos 50 que o processo de urbanização passa a ficar descontrolado. Este processo já na década de 60 produziu um quadro de periferização, que se estendeu pelo menos por mais 40 anos (Jacobi et al., 2004). Em 1950, cerca de 36% da população (18,7 milhões de pessoas) residia em áreas definidas como urbanas. Em 2010 a população urbana chegou a 84% (160,9 milhões de pessoas) (IBGE, 2011).

Na maior parte dos países mais desenvolvidos a urbanização compreendeu um processo que percorreu um longo caminho histórico, ocorrendo de forma menos

abrupta que aquele verificado nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil. Além disso, no país o crescimento urbano aconteceu sem planejamento estatal seguindo a lógica do capital imobiliário ampliando assim o número e o tamanho de agrupamentos residenciais com baixa infraestrutura, mais conhecidos popularmente como favelas (Costa & Monte-Mor, 2002).

O poder público apenas reordenava os espaços de moradia e trabalho visando a redução da exposição das elites dominantes a lugares insalubres seguindo assim uma visão bem higienista. Essa visão de controle dos espaços públicos tinha como justificativa a redução da mortalidade, contudo a principal função foi a manutenção da força de trabalho e a “higienização” dos espaços de interesse do capital dentro das cidades. Esta política ficou conhecida como polícia médica e foi um importante instrumento do movimento sanitário.

O modelo de desenvolvimento atual norteia os processos produtivos e os padrões de consumo, que são os dínamos da organização socioespacial e geradores de pressões ao ambiente, atuando como produtores de desigualdades e iniquidades, no que tange ao acesso aos serviços, inclusive aos de saúde (Sabroza et al., 1992).

O espaço urbano se configura fragmentado e disperso onde se pode distinguir diferentes usos com conteúdo sociais diferenciados. Grande parte das cidades hoje em dia se configura como um grande mosaico com diferentes realidades socioambientais. Neste contexto vale destacar o exposto por Mendonça (2004), quando salienta que:

*“O espaço urbano se produz a partir de imensas contradições, que fazem com que, na cidade, convivam o melhor e o pior da sociedade. Assim, além da riqueza, do acesso privilegiado a informação dos fluxos financeiros, dentre outros, observam-se também as mais fortes manifestações de violência, pobreza e exclusão, apontando para gravidade das questões de ordem socioeconômica e ambiental que imperam neste espaço.”*

As populações urbanas mais vulneráveis vivem por um lado os impactos socioambientais gerados pela modernidade, simbolizada pela urbanização, porém ainda não tem acesso as benfeitorias da mesma. Convivem ainda com problemas sanitários típicos do subdesenvolvimento, agravados pelos impactos gerados pelo

“desenvolvimento acelerado”, sem ao menos estarem inseridos nos circuitos de desenvolvimento (Harpham & Vaughan, 1988).

O conceito de endemias deve ser entendido como "a expressão no nível coletivo do processo saúde enfermidade, produto de um conjunto estruturado de processos determinantes de uma doença, em unidades particulares de uma formação econômico-social" e expressas no território (Sabroza et al., 1991).

O perfil epidemiológico e a situação de saúde das populações foram e são impactados pelas transformações decorrentes do processo de urbanização acelerada, não consolidada e sem planejamento. O Brasil foi um dos países que realizou a transição epidemiológica num menor espaço de tempo. Resultado da velocidade em que aconteceu o processo de urbanização da sociedade brasileira e do efeito da implementação do Sistema Único de Saúde (Sabroza et al., 2006).

No caso do dengue que é um agravo urbano, o aumento da população nas cidades de forma não planejada é considerado um dos fatores que contribuíram para a reemergência deste agravo nas cidades do país. Os fatores bioecológicos necessários a proliferação e manutenção do *Ae. aegypti* são observados em abundância nos espaços urbanos modernos. Este fato muito se deve ao modelo de desenvolvimento e de urbanização contemporâneo e estruturas sociais complexas (Teixeira et al., 2002).

As cidades brasileiras em sua maioria apresentam um déficit muito elevado em termos de infraestrutura urbana. Associado a este quadro, temos o modo de vida urbano baseado no consumismo, que produz uma grande quantidade de recipientes descartáveis, entre plásticos, latas e outros materiais, que sem o destino adequado, também contribui para a proliferação do vetor primário no meio urbano (Tauil, 2001).

Em virtude da complexidade da dinâmica bioecológica dos mosquitos vetores e da vida em sociedades urbanas, associada à grande irregularidade de investimentos nos programas de controle e vigilância de endemias, o vetor encontrou um nicho propício para se estabelecer e proliferar no território urbano das cidades brasileiras de forma ostensiva (Tauil, 2001). As cidades brasileiras além de oferecer boas condições para a proliferação do *Ae. aegypti* devido à falta de infraestrutura, também potencializam o processo de manutenção e dispersão do dengue no território por conta do adensamento populacional e pela mobilidade da população.

### 3.2. Dengue

O dengue é considerado uma enfermidade febril aguda, e que possui um grande espectro de manifestações clínicas, desde as que apresentam uma evolução benigna, gerando apenas uma série de desconfortos decorrente do processo infeccioso/febril chamada de Dengue Clássica(DC), até quadros que apresentam mais severidade, como o Dengue Com Complicação (DCC), Febre Hemorrágica do Dengue (FHD) e a Síndrome de Choque do Dengue (SCD). Seu agente etiológico é um vírus, com quatro sorotipos distintos (Brasil, 2016). Não possui ainda nenhuma droga eficaz no combate ao agente etiológico, ficando o tratamento resumido ao cuidado e mitigações das sintomatologias.

A Figura 1 apresenta uma representação esquemática explicativa das diferentes formas de manifestações do vírus do dengue e o nível de severidade.

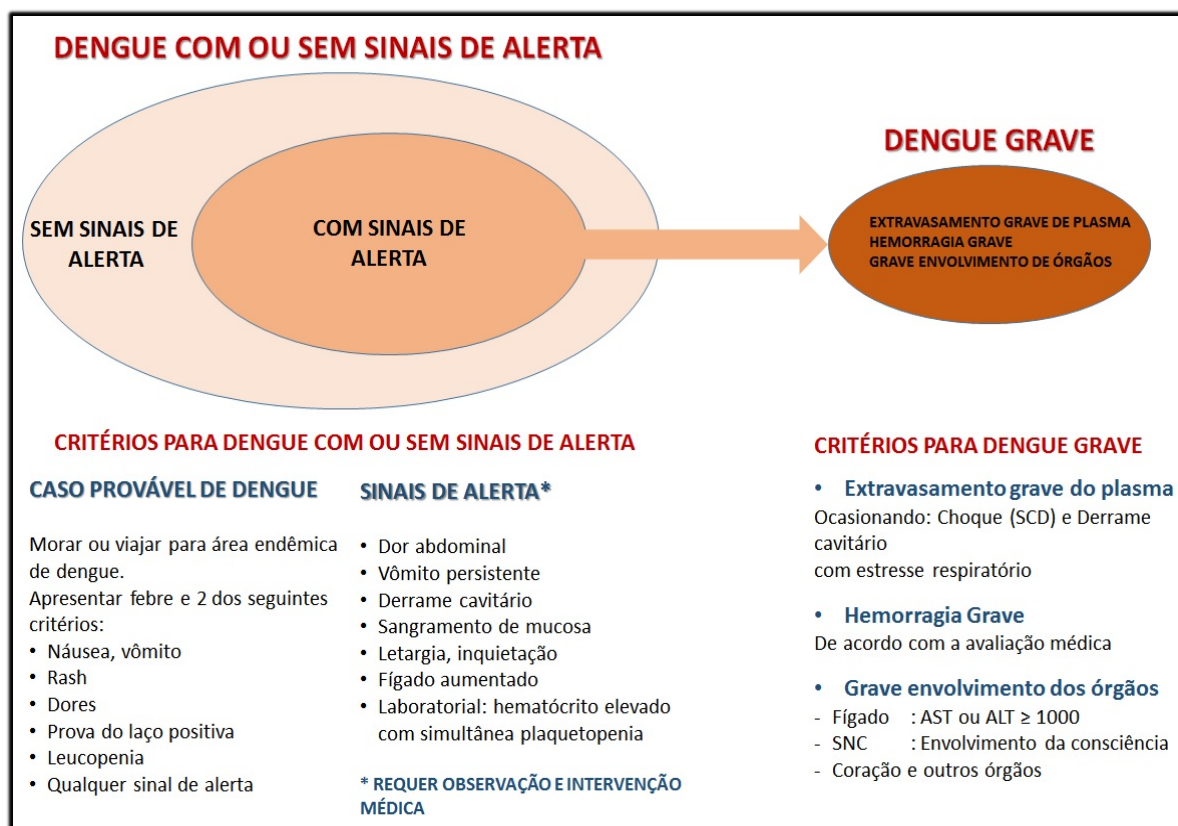


Figura 1: Diferentes formas de manifestação clínica do vírus do dengue.

Fonte: Adaptação de Organização Mundial da Saúde (2009).

Organizado por Jefferson Pereira Caldas dos Santos

Na maioria dos casos de dengue, os sintomas são leves, como estado febril indiferenciado, sendo classificado como um quadro oligossintomático (poucos sintomas) acarretando em subnotificações, por este não serem detectado pelos profissionais de saúde (Gubler et al., 1997).

As formas mais graves da doença podem ter como desfecho o óbito, caso não sejam realizadas a tempo as intervenções médicas necessárias para reversão do quadro grave da doença (Tauil, 2001). Infecções sequenciais por distintos sorotipos favorecem o aparecimento do quadro grave do dengue (Donalisio et al., 1999).

O dengue é considerado a arbovirose (virose transmitida por artrópodes) mais adaptada aos seres humanos, tendo como nicho principal da circulação dos vírus: as áreas urbanas, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais do planeta. Mesmo em menor escala ainda é registrado ciclos enzoóticos florestais, contudo se pensa que os mesmos não têm muita importância para os processos epidemiológicos do dengue nas áreas urbanas (Gubler, 2004).

Os vírus dengues pertencem ao gênero *Flavivirus* e família *Flaviviridae* (Figura 2). Este possui até o momento 4 sorotipos biologicamente e antigenicamente distintos, são eles: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4, contudo eles se relacionam sorologicamente (Henchal & Putnak, 1990). Ambos os sorotipos são capazes de produzir tanto o quadro de dengue clássico como o dengue grave. A infecção por cada um dos sorotipos gera uma imunidade duradoura para o sorotipo causador da infecção e transitória para os demais, o que chamamos de imunidade cruzada (Gubler, 1998).

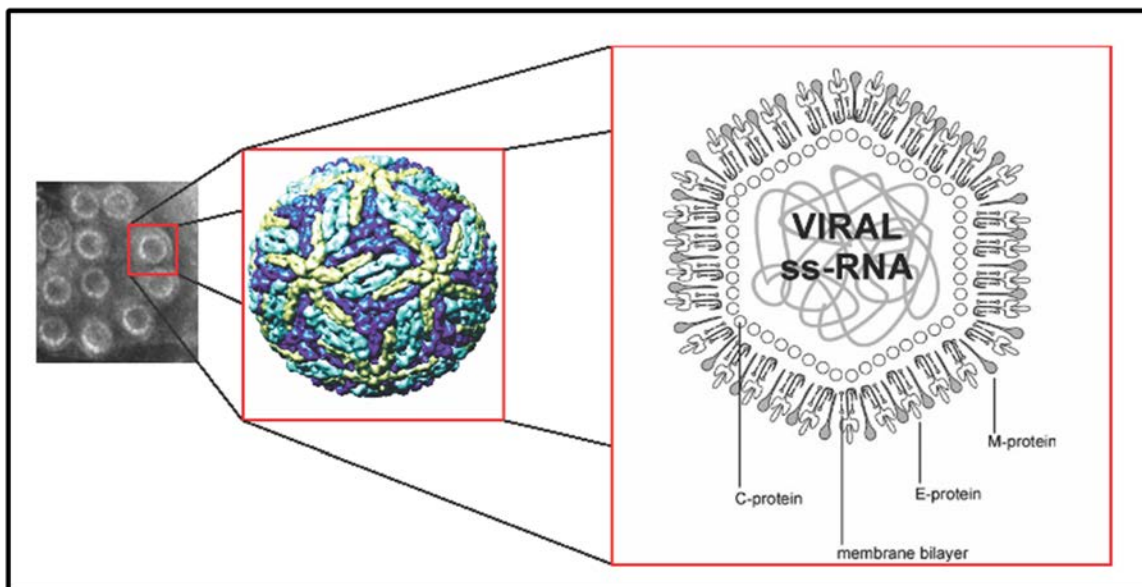


Figura 2: Desenho esquemático do vírus do dengue.

Fonte: Atlas of dengue viruses morphology and morphogenesis, 2000.

Organizado por Jefferson Pereira Caldas dos Santos

Como toda arbovirose o vírus da dengue necessita de um mosquito vetor para infectar o homem ou um outro animal. Esta característica biológica por si só já confere uma complexidade muito grande ao processo epidemiológico do dengue já que estão envolvidos diretamente no processo três atores: o homem, o vetor e o vírus.

O vírus do dengue é transmitido para o homem por meio dos mosquitos vetores: *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. O *Aedes aegypti* é o principal vetor do dengue no Brasil e na escala global, sendo o maior responsável pelo ciclo urbano endêmico/epidêmico do dengue. Apesar da importância do *Aedes albopictus* na transmissão do dengue na Ásia, no Brasil esta espécie é secundária, sendo classificada com um vetor potencial (Gubler et al., 1997).

O *Aedes aegypti* também possui a capacidade de transmitir outros agentes etiológicos como os: da febre amarela urbana, da Zika e da Chikungunya. Esta característica do vetor impõe aos gestores públicos um quadro epidemiológico complexo com a co-circulação dos Vírus Dengue (DENV), Vírus Chikungunya (CHIKV) e Vírus Zika (ZIKV) quadro esse que não pode ser negligenciado. A co-circulação destes três agravos que apresentam sintomatologia compartilhadas



acabam por aumentar as dificuldades nas notificações dos mesmos, podendo alguns estarem subestimados e outros superestimados (Fares et al., 2015).

O *Aedes aegypti* tem sua origem provável no continente africano onde ainda é encontrado se alimentando e reproduzindo em áreas florestais, inclusive sem a presença humana. Segundo Barreto e Teixeira (2008) foi no continente africano também que esta espécie se tornou antropofílica, ou seja, passou a ter uma grande predileção pela espécie humana como fonte de sua alimentação. Como consequência desta predileção ocorreu o processo de domiciliação deste vetor *Ae. aegypti* aos meios antropotizados, em especial as residências humanas. O processo de domiciliação por parte do *Ae. aegypti* possibilitou que este vetor transformasse as cidades e aglomerações humanas no seu habitat preferencial.

Sua difusão se dá principalmente pela forma passiva, ou seja, seus ovos que são muito resistentes a falta de água (mais de um ano) são transportados de forma passiva de um local para outro infestando assim novas áreas. Sua capacidade de voo é limitada quando comparada com outras espécies, porém estudos já observaram dispersão ativa até 800 metros de distância (Reiter et al., 1995; Honório et al., 2003).

A Figura 3 apresenta o ciclo de vida do *Ae. Aegypti*. O período de incubação do vírus é modulado por fatores climáticos tais como: temperatura, umidade e precipitação. Esta característica contribui com sazonalidade ao processo epidêmico do dengue, com picos de transmissão nos períodos mais quentes e úmidos do ano. Nessas condições o tempo de incubação extrínseca do vírus diminui e a reprodução do vetor aumenta. Desta maneira temos um quadro com uma maior densidade de vetores e com menor tempo de incubação do vírus, fatores que agem favoravelmente para a ocorrência de epidemias mais explosivas (Kuno, 1995; Horta, 2013).

Além dos fatores ecológicos, que favorecem o desenvolvimento e infecção do vetor, outros aspectos de cunho social tais como: a estocagem de água e o deslocamento de população das áreas rurais para os centros urbanos com população adensada (urbanização), influenciam também no padrão de ocorrência da enfermidade.

Esta espécie de mosquito está altamente adaptada às condições ecológicas presentes nos ambientes domésticos e no peridomicílio. O *Ae. aegypti* utiliza as condições ambientais e materiais geradas pelo nosso modo de vida urbano para se

reproduzir e desenvolver de maneira muito eficiente. Os resíduos gerados e não coletados, que acumulam água, assim como a alta densidade populacional, são alguns dos exemplos de situações encontradas em centros urbanos brasileiros que facilitam e propiciam o desenvolvimento do vetor, além dos condicionantes ambientais como temperatura e pluviosidade (Viana & Ignotti, 2013).

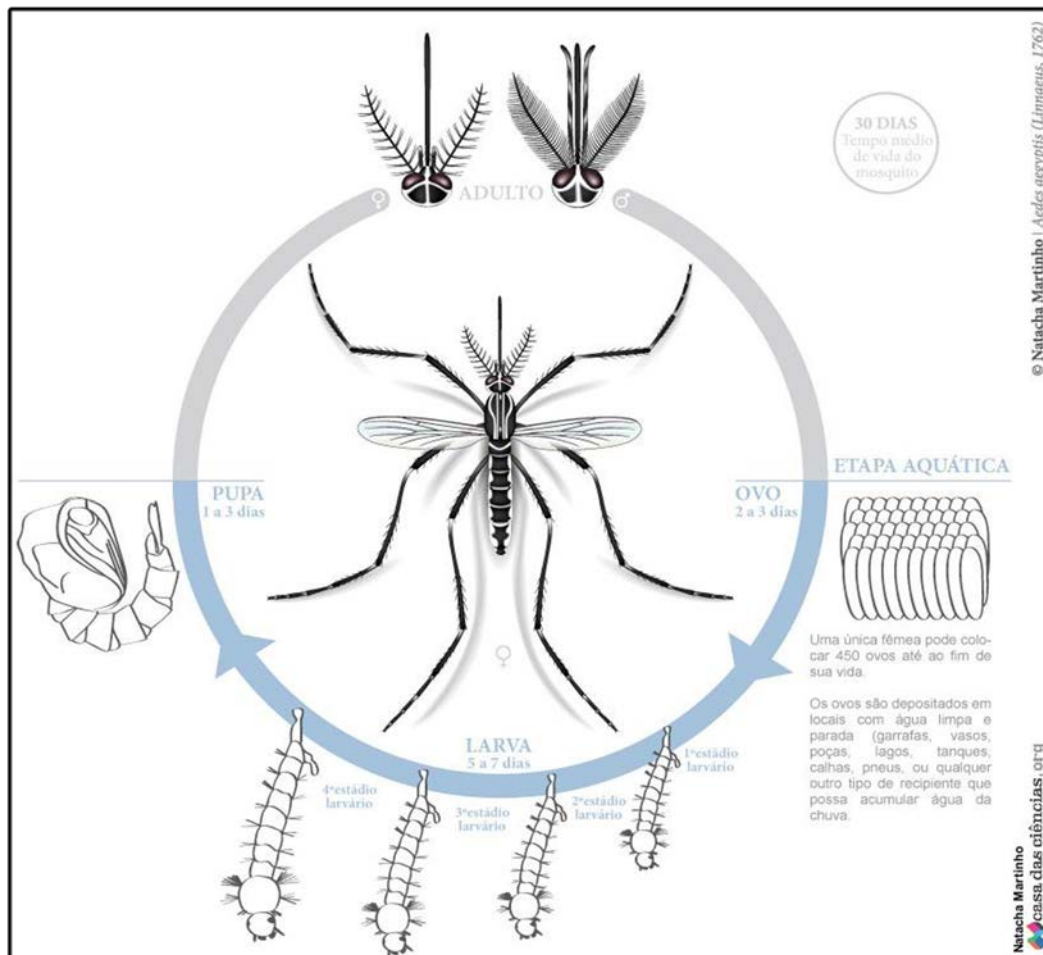


Figura 3: Ciclo de vida do *Ae. Aegypti*.

Fonte: Adaptado de <http://imagem.casadasciencias.org/images/mosquito2.jpg>

A base alimentar deste vetor são as seivas de plantas, porém as fêmeas precisam se alimentar de sangue para a obtenção de proteínas essenciais para o desenvolvimento e maturação dos seus ovos (Brasil, 2001). Elas têm o hábito hematófago, de se alimentar de sangue, no período diurno e dentro dos domicílios (endofagia) onde estão mais protegidos contra seus predadores naturais.

Contudo com o crescente uso de iluminação artificial e com a mudança de hábito dos seres humanos que estão ficando cada vez mais ativos até de madrugada,



já começam a ser relatados eventos de alimentação noturna em ambientes domésticos com iluminação artificial (Gubler, 1998; OMS, 2011).

O *Ae. albopictus* possui valências ecológicas, fisiológicas e de comportamento diferentes das do *Ae. aegypti*. Donalisio (1999) descreve uma maior adaptabilidade desse vetor aos ambientes externos tais como nas áreas rurais e nas franjas florestais. Geralmente é encontrado em áreas com vegetação mais abundante, sendo mais difícil ser encontrado em áreas urbanas desprovidas de vegetação de maior porte. Contudo estudo mais recentes indicam que esta espécie está num de processo de domiciliação, sendo cada vez mais encontrado em ambientes urbanos e domésticos (Consoli & Lourenço-de-Oliveira, 1994; Ayllón et al., 2018).

Ambos os vetores são espécies que podem dividir as mesmas áreas geográficas e locais de oviposição sem perder a diferenciação específica. Algumas pesquisas relatam que pode existir uma competição entre os dois vetores. Tendo no *Ae. aegypti* o mais bem-sucedido em áreas urbanas, enquanto o *Ae. albopictus*, em áreas florestais e rurais (Pontes, 1994; Braks et al., 2003).

### 3.2.1. Dengue no Mundo e no Brasil

A dispersão global de dengue tem como ponto de partida a expansão global do *Ae. aegypti* levando a doença para várias partes do mundo, ainda nos séculos XVIII e XIX, período de expansão da indústria naval e do comércio entre continentes (Gubler, 2002).

Os mosquitos vetores assim como os vírus foram transportados pelos continentes por meio dos navios mercantes da época. Nestas embarcações havia água doce armazenada, que servia de criadouro para os mosquitos, mantendo o ciclo de transmissão do agravo durante as longas viagens. Assim quando os navios e as tripulações, infectadas, aportavam nas cidades portuárias ocorria a rápida disseminação da doença pelo fato das cidades já se encontrem infestadas anteriormente pelo *Ae. aegypti* (Gubler, 2002).

Os primeiros surtos de dengue foram reportados no final do século XVIII e as primeiras notificações de epidemias ocorreram em 1779 e 1780 na Ásia, África e América do Norte. No século seguinte, quatro grandes epidemias assolaram o Caribe e o sul dos Estados Unidos.

Antigamente havia longos intervalos entre as epidemias, provavelmente devido à dificuldade de introdução de novos sorotipos do vírus causador da doença, em decorrência do lento transporte marítimo e do menor fluxo de pessoas pelo mundo.

A incidência das epidemias, ao longo da história, geralmente está associada à introdução ou a reintroduções de sorotipos diferentes dos que a população já se encontrava imunizada (Maciel et al., 2008).

Desde então ocorreram mudanças ecológicas, ambientais e sociais que favoreceram uma maior e mais rápida dispersão da doença. Alguns dos principais dinamos dessas alterações são: o crescimento populacional; a urbanização não planejada associada a desigualdade social e a inequidade no acesso à saúde; o aumento nos fluxos de pessoas pelo mundo e as mudanças climáticas (Fares et al., 2015). Estas características aceleram o deslocamento geográfico da doença para novas áreas através do processo de introdução e reintrodução de sorotipos e dos vetores em novas áreas.

O dengue é a arbovirose de maior incidência no mundo, sendo endêmica em todos os continentes, exceto a Europa (OMS, 2013). Caracteriza-se como a principal doença reemergente, com grande parcela da população mundial vivendo sob o risco de contraí-la, quase 40%. A alta incidência, o elevado número de casos e o deslocamento para novas áreas geográficas, principalmente as tropicais, fazem com que ela se configure como um grave problema de saúde pública em escala global (Machado et al., 2009).

Nos últimos 50 anos a incidência de dengue no mundo aumentou trinta vezes e esta expansão potencializa o problema, que pode vir a se tornar uma pandemia. O dengue já é uma doença endêmica em 100 países do mundo, incluindo quase todas as nações da América Latina e o Sudeste Asiático; entre 50 e 100 milhões de pessoas contraem a doença anualmente; 500 mil delas sofrem com a versão mais grave, conhecida como hemorrágica; e cerca de 22 mil morrem (OMS, 2013) (Figura 4).

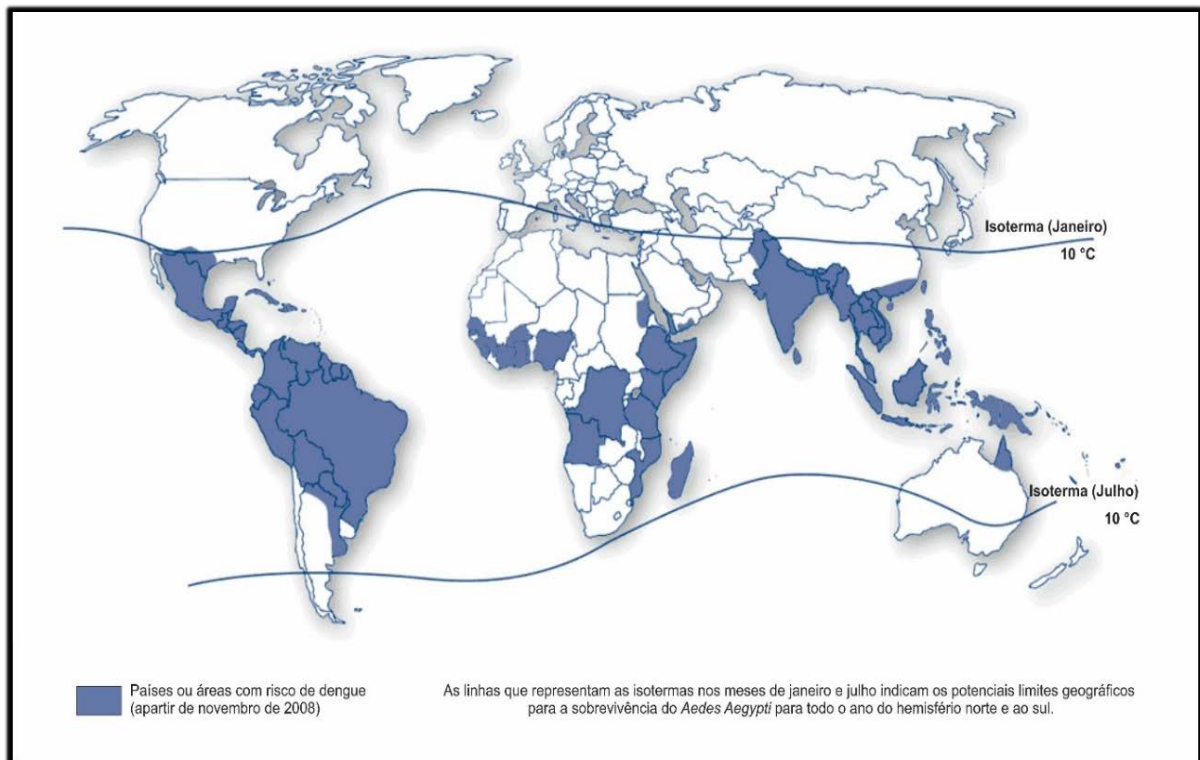


Figura 4: Área de risco para a dengue no mundo em 2011.

Fonte: Adaptado de Organização Mundial da Saúde, 2013

Organizado por Jefferson Pereira Caldas dos Santos

Através de novas abordagens de modelagem, Bhatt et al., estimaram que 390 milhões de infecções por dengue (assintomáticas e sintomáticas) ocorreram em 2010, um número três vezes maior que a estimativa feita pela OMS em 2009 e 2013. Neste mesmo estudo foi apresentado três mapas globais, tendo como base a modelagem feita para o ano de 2010. O primeiro classificando as áreas quanto a evidencia da presença do dengue nestas áreas, o segundo mostrando as áreas de risco de dengue no mundo com a resolução espacial de 25 Km<sup>2</sup> e o terceiro uma estimativa de casos de dengue sintomáticos (Figura 5).

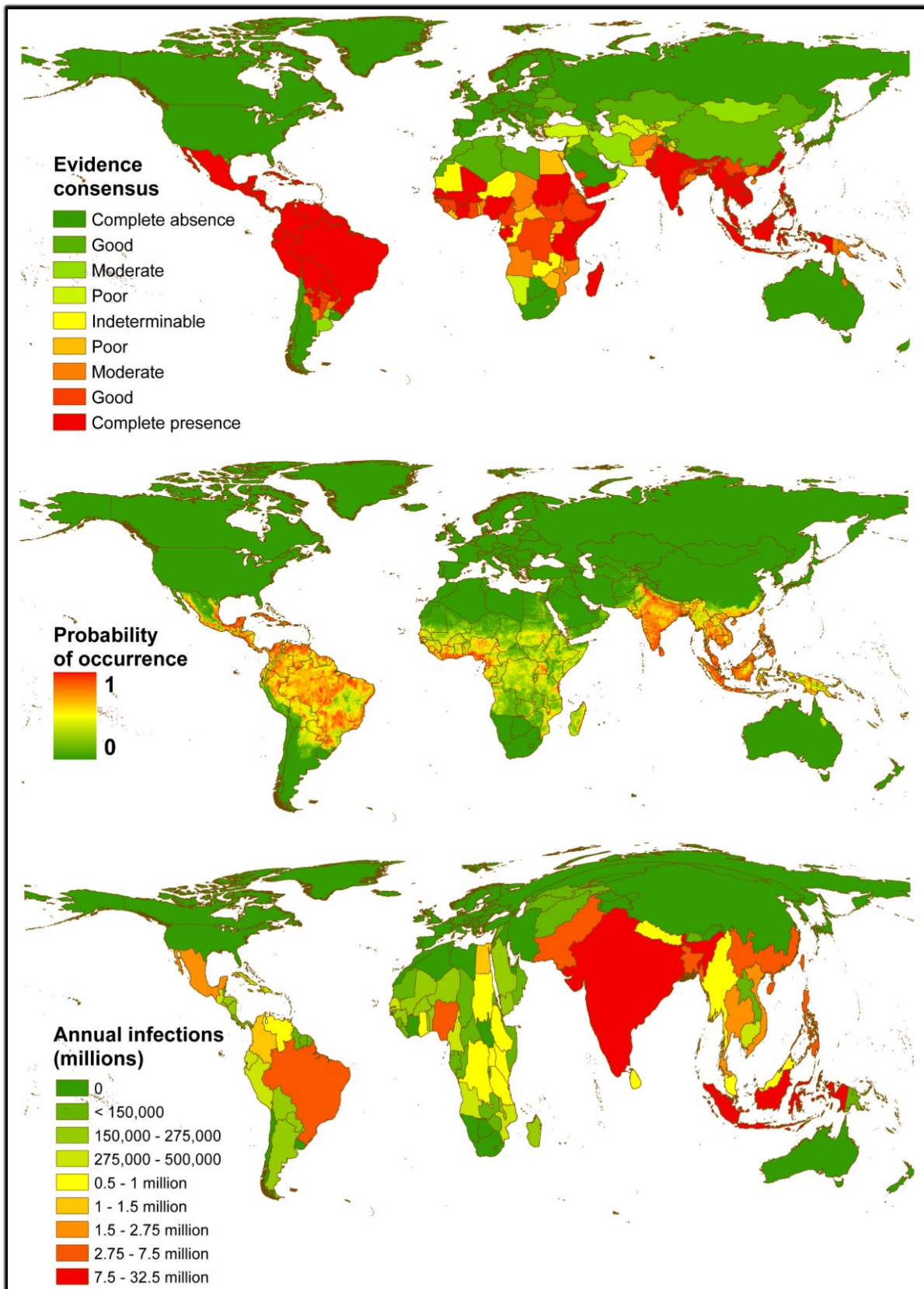


Figura 5:Global evidencia consensual, risco e carga de dengue em 2010.

Fonte: <http://nrs.harvard.edu/urn-3:HUL.InstRepos:11878919>

A expansão do principal vetor do dengue, o *Ae. aegypti*, no Brasil tem início por volta dos anos de 1850 e 1899 quando ainda o país era imperial. A evidência que corrobora esta afirmação é a expansão da febre amarela urbana no território brasileiro, inclusive na cidade do Rio de Janeiro (Figura 6). A via de propagação do vetor neste período eram as rotas de navegação marítima e fluvial, levando a ocorrência de epidemias de febre amarela urbana em quase todas as províncias (Brasil, 2001).

Desde 1846, há relatos de epidemias de dengue no Brasil, como as ocorridas em São Paulo e Rio de Janeiro, no período de 1846 a 1853, mas as primeiras citações na literatura científica datam de 1916, na cidade de São Paulo, em 1917 na cidade de Santa Maria no Rio Grande do Sul e em Niterói no ano de 1923 pelo médico Antônio Pedro (Cordeiro, 2008; Marzochi et al., 1994; Tauil, 2001; Vasconcelos, 1999).

O relato de casos de dengue ocorridos na cidade fluminense de Niterói seriam os últimos registrados em território nacional por quase 60 anos, até a reemergência em 1981-1982 fato esse corroborado por Tauil (2001), Teixeira, Barreto e Guerra (1999), Pontes e Ruffino-Netto (1994) e Donalisio (1999). Em 1928, um navio francês com casos suspeitos esteve em Salvador, Bahia, mas não houve circulação do vírus na população dessa capital (Barreto et al., 2008).

O *Ae. aegypti* foi considerado erradicado do Brasil nos períodos de 1955 a 1967 e de 1972 a 1976, resultado do programa continental de erradicação do vetor liderado pela Organização Pan-Americana de Saúde/OPAS. O programa foi marcado por investidas isoladas e sem continuidade o que veio a resultar em novas incursões do vetor através das desprotegidas fronteiras geográficas e o seu reestabelecimento no território com o passar do tempo.

O processo de reinfestação pelo *Ae. aegypti* foi imensamente dinamizado pelo processo de urbanização acelerado e descontrolado, ao qual o Brasil e outros países em desenvolvimento passaram nas décadas de 70, 80 e 90. Processo este que como já explicitado anteriormente, aumentou consideravelmente os nichos ecológicos para o vetor *Ae. aegypti* se alimentar e reproduzir de maneira muito eficaz (Braga & Valle, 2007).



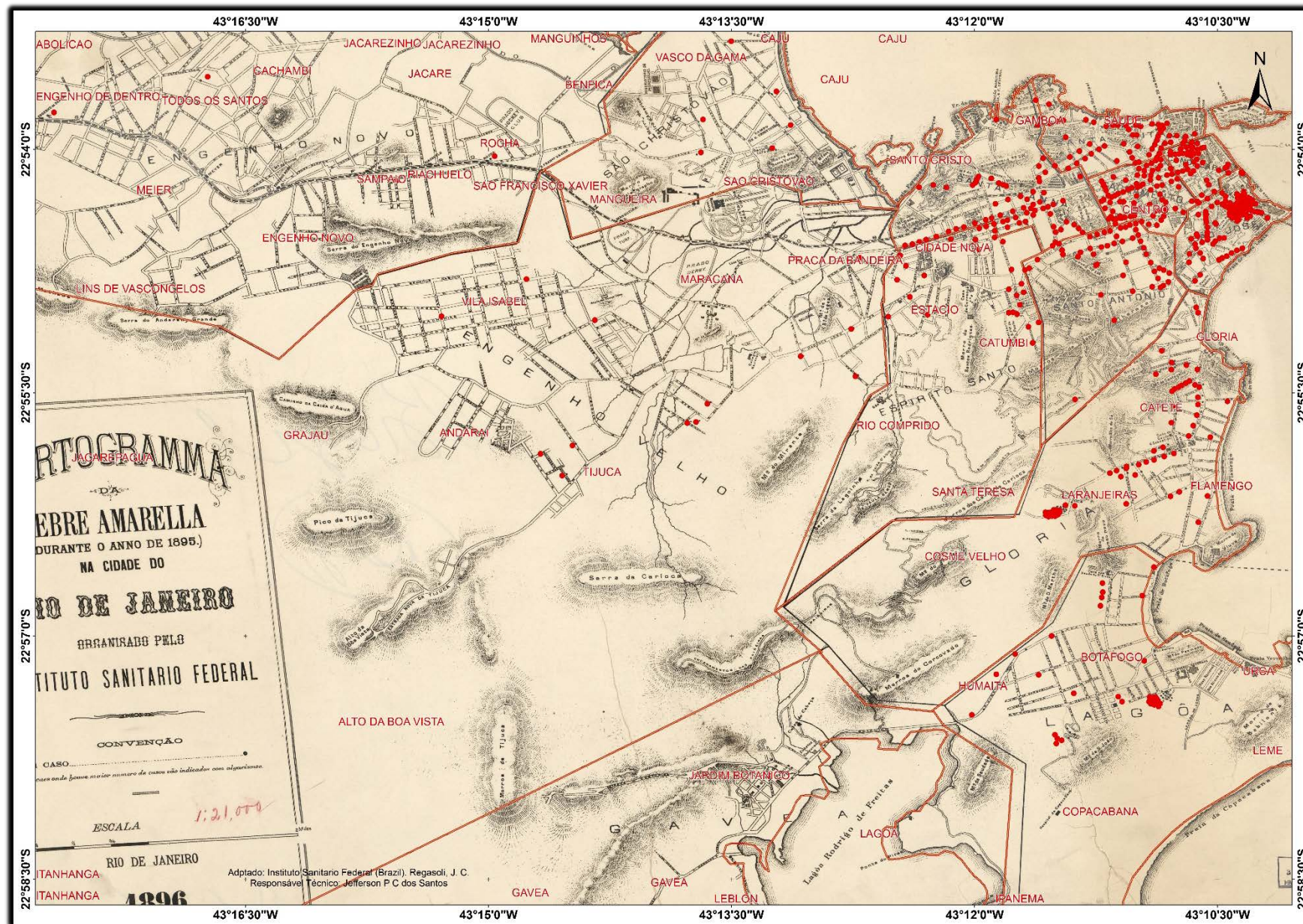


Figura 6: Cartograma dos casos de febre amarela no Rio de Janeiro em 1896.

Fonte: Regasoli, J. C. Rio de Janeiro: Instituto Sanitário Federal, 1896.

Adaptado por Jefferson Pereira Caldas dos Santos

As primeiras evidências da ocorrência de uma epidemia após a erradicação ocorreram no ano de 1981 quando casos foram reportados em áreas urbanas brasileiras. Os primeiros casos foram notificados em Roraima e foram causados pelos sorotipos DENV-1 e DENV-4. Contudo o ressurgimento do dengue só recebeu destaque e atenção em 1986-1987 quando o DENV-1 é introduzido na cidade do Rio de Janeiro infectando mais de um milhão de indivíduos (Quadro 1 e Figura 7) (Fares et al., 2015).

A primeira identificação do sorotipo DENV-2 ocorreu em 1990 no Estado do Rio de Janeiro e posteriormente se espalhou por todo o país (Quadro 1 e Figura 7). A introdução deste sorotipo no país teve provavelmente a África como origem do vírus (Fares et al., 2015).

O sorotipo DENV-3 foi notificado primeiramente no Estado do Rio de Janeiro no ano de 2000 e também foi o responsável por uma das maiores epidemias de dengue já registrada no Estado do Rio de Janeiro no ano de 2002 (Quadro 1 e Figura 7) (Fares et al., 2015).

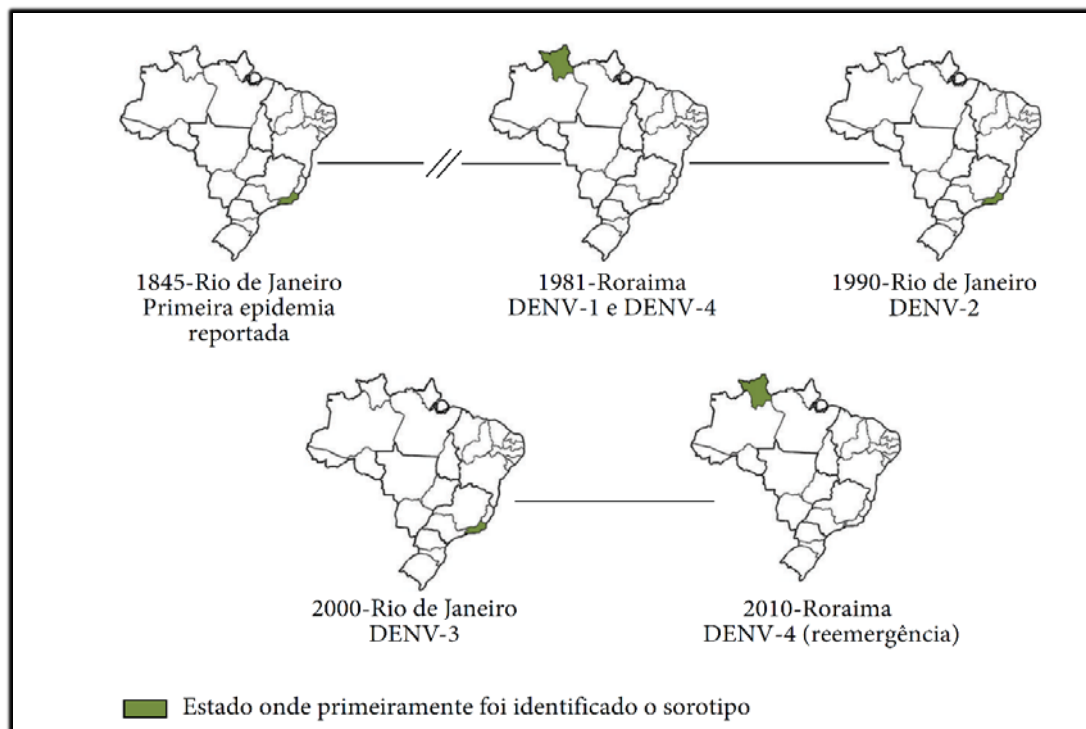


Figura 7: Cronologia da introdução de sorotipos de dengue no Brasil.

Fonte: Adaptado de Fares et al., 2015

Organizado por Jefferson Pereira Caldas dos Santos



Quadro 1: Atividade do dengue no Brasil entre 1845 e 2010.

Anos	Atividade Reportada	Dengue Sorotipo	Local
1845	1st epidemia de dengue reportada	Desconhecido	Rio de Janeiro
1981	1st epidemia de dengue no Brasil depois da reinfestação <i>Ae. aegypti</i>	DENV-1 DENV-4	Roraima
1986-1987	Epidemia	DENV-1	Rio de Janeiro
1990	Primeira notificação do DENV-2 no Brasil	DENV-2	Rio de Janeiro
1990-2000	DENV- 1 e 2 contribuindo para severas surtos	DENV-1 DENV-2	Sudeste e Nordeste
2000	Primeira notificação do DENV-3 no Brasil	DENV-3	Rio de Janeiro
2002	Um das maiores surtos desde a emergência do vírus no Brasil	DENV-3	Rio de Janeiro
2000-2007	Brasil responsável por 60% das notificação de todo o mundo	DENV-1 DENV-2 DENV-3	Todos os Estados
2007-2008	Surto intenso com alto números de casos graves e fatais	DENV-2	Rio de Janeiro
2009	Surto grande	DENV-2	Espírito Santo
2010	Surto severo	DENV-1 DENV-2 DENV-3 DENV-4	21 Estados brasileiros
2010	Reemergência do DENV-4	DENV-4	Roraima, Amazonas, Amapá, Pará, São Paulo, and Rio de Janeiro

Fonte: Adaptado de Fares et al., 2015

Organizado por Jefferson Pereira Caldas dos Santos

Desde a reinfestação pelo *Ae. aegypti* e posteriormente o aparecimento das primeiras epidemias até os dias atuais, o Brasil é palco de sucessivos e constantes eventos epidêmicos de dengue. É observado ao longo do tempo uma tendência de aumento na incidência de casos, sendo assim um grave problema de saúde pública no país, consumindo volumosos recursos financeiros, materiais e humanos (Gráfico 1).

Em 2017, segundo dados do Ministério da Saúde, foram notificados 252.054 casos suspeitos de dengue no país, distribuídos nos 27 estados da federação (Ministério da Saúde, 2018).



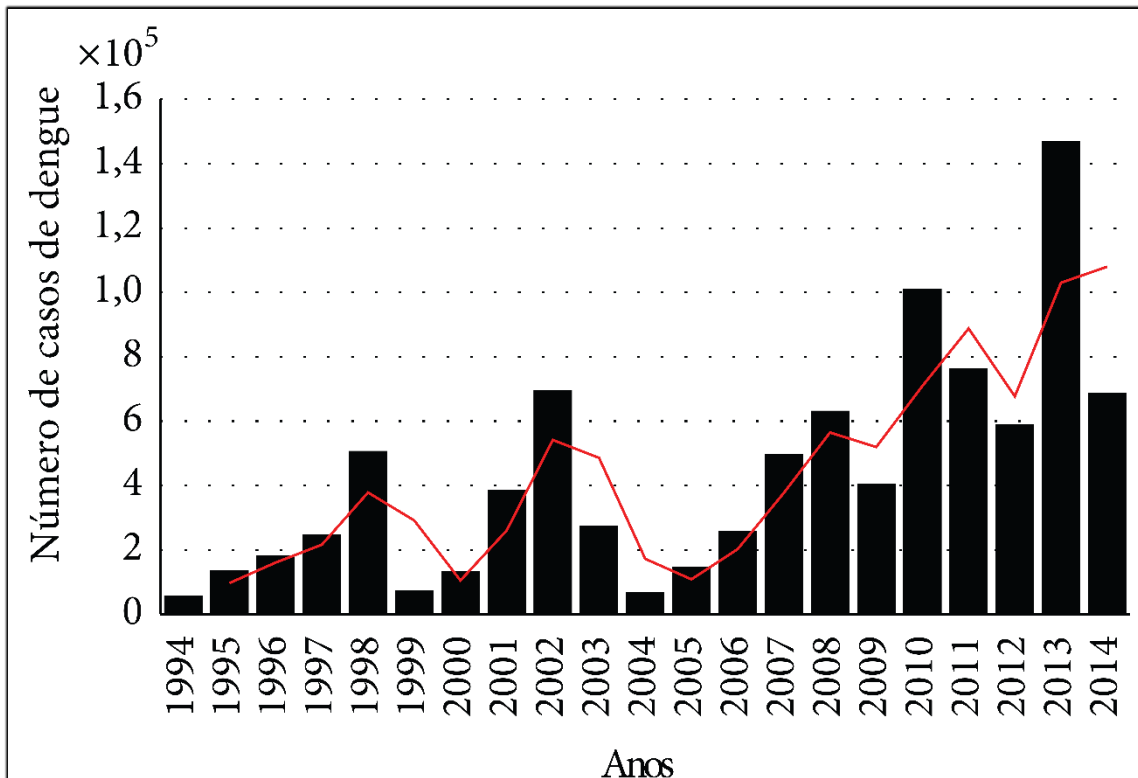


Gráfico 1: Número de casos de dengue no Brasil de 1994 até 2014.

Fonte: Adaptado de Fares et al., 2015

Organizado por Jefferson Pereira Caldas dos Santos

A cidade do Rio de Janeiro e sua região metropolitana são áreas onde historicamente as epidemias de dengue ocorrem de maneira sucessivas, como já descrito anteriormente. Esta região do país teve e tem papel importante na maioria das grandes epidemias de dengue no país assim como na introdução e dispersão de novos sorotipos (Fares et al., 2015).

Esta importância pode ser explicada pela centralidade que a cidade do Rio de Janeiro possui em relação ao Brasil desde a época que era a capital da colônia, do império e da república. Mesmo com a perda do status de capital federal a cidade não perdeu a centralidade a nível nacional e internacional. A mesma é tida como a capital cultural do país e tem aportes anuais de milhares de turistas de todo mundo. A centralidade da cidade do Rio de Janeiro não só atraiu grandes fluxos populacionais no processo de urbanização não planejada do país, como também atraiu e atrai populações que não se fixam em seu território, como os turistas (Catão, 2011) (Figura 8).

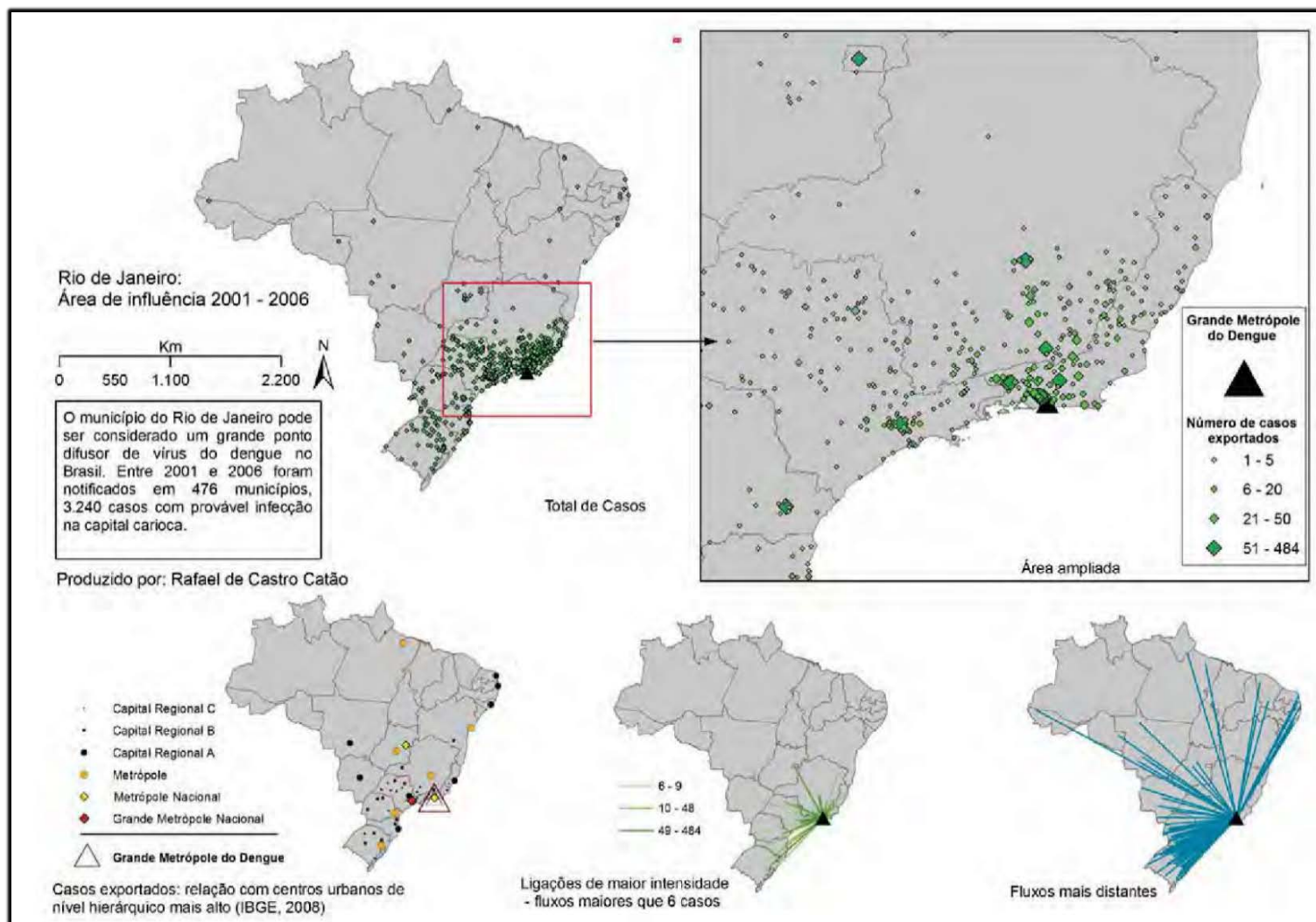


Figura 8: Difusão do vírus do dengue a partir do Rio de Janeiro, 2001-2006.

Fonte: Catão, 2011.

O processo de urbanização descontrolado como descrito anteriormente, cria condições para uma maior receptividade do território a proliferação do vetor e também aumenta a vulnerabilidade das populações ao agravo. Os fluxos populacionais advindos da atividade turística da cidade atribuem a esta uma potencialidade de dispersão e introdução de novos sorotipos. E por fim as características e condições geoambientais bem peculiares e diversificadas da cidade do Rio de Janeiro para termos um quadro complexo para o controle do dengue.

Desde os anos de 1986, quando ocorreu a introdução do DENV-1 na cidade do Rio de Janeiro o dengue se apresenta como um grave problema de saúde pública no município. Sucessivas epidemias ao longo dos anos vêm assolando o município e com um preocupante viés de alta nas taxas de incidência.

Foram observadas epidemias em 1991, 1995, 1998, 2002, 2008 e 2012 sendo as últimas três com taxas acima dos 2000 casos por 100.000 habitantes (Gráfico 2).

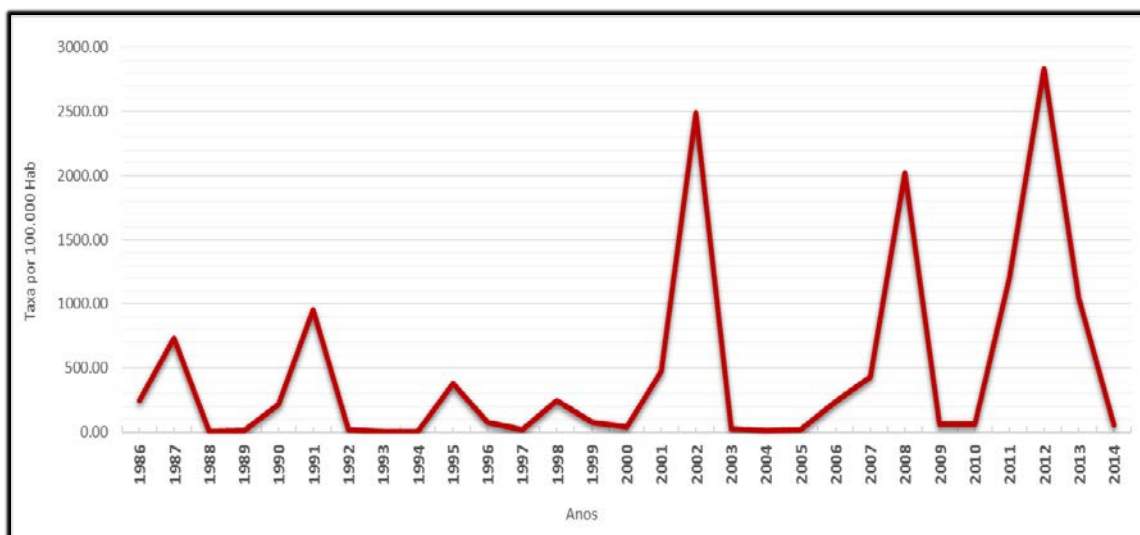


Gráfico 2: Curva de incidência anual do dengue no município do Rio de Janeiro, 1986 a 2014.

Fonte: Secretaria Municipal de Saúde (SMS, 2017)

Confecção: Jefferson Pereira Caldas dos Santos

### 3.3. Modelo Teórico-Conceitual dos Determinantes do Dengue

O estudo dos determinantes socioambientais para o dengue vem sendo tema de vários trabalhos acadêmicos tanto no nível nacional quanto no internacional. Contudo, não há consenso nos resultados encontrados nos mais diversos trabalhos, principalmente em relação aos determinantes indicativos das condições de vida das populações (Faluzino et al., 2009).

Vários autores apontam relações positivas e outros tantos apresentam relações negativas entre as condições de vida e ambientais com a ocorrência do dengue. Essas diferenças podem ser resultado das variadas escalas espaciais utilizadas nos estudos (setor censitário, bairro, distritos, cidades e outros), podem ser por conta da qualidade dos dados utilizados e pela forma com que foram agregados ou trabalhados (Flauzino et al., 2009).

O nível da agregação espacial nos estudos que tratam dos fatores associados ao dengue é uma questão muito importante. Dependendo do nível de agregação da informação, esta pode ficar homogeneizada quando a escala geográfica de agregação for muito grande ou pode produzir um mosaico com grande variação de informações quando a escala geográfica é pequena. Portanto a escolha da escala espacial de agregação é um fator determinante no resultado do estudo (Flauzino et al., 2009).

“A dinâmica da transmissão dos vírus do dengue é determinada pela interação do ambiente, do agente, da população de hospedeiros, e de vetores, que existem juntos num habitat específico”. Muitos fatores atuam ativamente neste processo de interação de maneira que a distribuição do dengue no território aconteça de forma desigual (Catão, 2011).

Os fatores determinantes podem ser classificados em macro e micro determinantes ou distal e proximal, respectivamente. Estas classificações são em função da escala de atuação, se influem indiretamente ou diretamente sobre o desfecho.

Os macro-determinantes ou distais são aqueles mais relacionados com fatores que atuam a nível coletivo em uma determinada área. Os fatores ambientais que modulam a existência ou não do vetor, tais como: latitude,

altitude, temperatura, umidade relativa do ar e outros são exemplos deste tipo de determinante assim como os fatores relacionado a produção do espaço habitado (Opas, 1994).

Os micro-determinantes ou proximais são aqueles que atuam no nível individual seja ela do vetor (principalmente *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*), do hospedeiro (imunes ou susceptíveis) ou do agente etiológico (os quatro sorotipos do vírus do dengue). Podemos citar como exemplo deste tipo de determinantes: a imunidade do hospedeiro, a taxa de viremia do vírus e a densidade de fêmeas adultas (Opas, 1994).

No guia da Opas de 1994 foi apresentado um quadro com os principais determinantes da transmissão do dengue, classificados em macro e micro determinantes (Quadro 2).

Quadro 2: Macro e Micro-determinante do dengue.

Macro-determinantes de transmissão do dengue: Fatores ambientais e sociais de risco	Micro-determinantes da transmissão do dengue: hospedeiro, agente e vetor.
<p><b>Ambientais</b></p> <p>Latitude: 35° Norte a 35° Sul;                      Altitudes: Inferior a 2200 m;                      Faixa de temperatura do ambiente: de 15° a 40° Celsius;                      Umidade relativa do Ar: de moderada a alta.</p> <p><b>Sociais</b></p> <p><b>Densidade Populacional:</b> de moderada a alta.</p> <p><b>Padrões de Assentamento:</b> Urbanização não planejada e alta densidade de assentamento.</p> <p><b>Habitação:</b> Paredes laterais inadequadas ou ausentes, e bocas de lobo e calhas entupidas com entulhos.</p> <p><b>Abastecimento de Água:</b> água armazenada em casa com mais de sete dias; domicílios sem abastecimento de água encanada, disponibilidade intermitente; tonéis, caixas d'água e tanques destampados.</p> <p><b>Coleta de resíduos sólidos:</b> recipientes de armazenagem não adequados; Coleta inadequada ou ausente; pequenos contêineres descartados com menos de 50 litros, pneus, pilhas de pneus e sucatas de automóveis.</p> <p><b>Status socioeconômico</b></p> <p><b>Períodos de inatividade durante o dia no domicílio</b></p> <p><b>Crenças e conhecimento sobre o dengue</b></p>	<p><b>Fatores individuais</b></p> <p><b>Do hospedeiro</b></p> <p>Sexo;                      Idade;                      Status imunológico;                      Condições específicas de saúde;                      Ocupação.</p> <p><b>Do agente etiológico</b></p> <p>Nível da viremia</p> <p><b>Do vetor</b></p> <p>Densidade de fêmeas adultas;                      Abundância e tipos de locais de produção do mosquito (criadouros);                      Frequência de alimentação;                      Hospedeiro preferencial;                      Disponibilidade de hospedeiros;                      Suscetibilidade inata à infecção.</p>

Fonte: Catão, 2011

A visão transescalar e multidimensional defendida pelo geógrafo francês Paul Vidal de La Blache serviu como um dos embasamentos teóricos na construção do modelo teórico proposto neste estudo. Neste contexto vale salientar um trecho do seu pensamento:

*“A ideia de que a Terra é um todo, no qual as partes estão coordenadas, proporciona à Geografia um princípio de método cuja fecundidade aparece melhor à medida que se amplia a sua aplicação. Se nada existe isoladamente no organismo terrestre, se em todo lugar repercutem as leis gerais, de modo que não se possa tocar uma parte sem provocar todo um encadeamento de causas e de efeitos, a tarefa do geógrafo toma um caráter diferente daquele que às vezes lhe é atribuído. Qualquer que seja a fração da Terra que estude, ele não pode nela se fechar. Um elemento geral se introduz em todo estudo local. Não há de fato área em que a fisionomia não dependa de influências múltiplas e longínquas das quais importa determinar o local de origem.”*

*Paul Vidal de La Blache, 2009[1896]*

Neste estudo é apresentado um modelo teórico que busca contemplar a complexidade das relações necessárias para o estabelecimento de uma epidemia de dengue. A principal categoria de análise é o espaço geográfico, entendido como “um conjunto indissociável de sistemas e objetos e sistemas de ações” (...) “um conjunto de fixos e fluxos que interagem” (Santos, 1988).

O modelo busca apresentar de forma esquemática a transescalaridade e multidimensionalidade das interações entre o hospedeiro (homem), vetores (*Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*) e agente etiológico (DENV) dentro do espaço geográfico. O conceito de determinantes proximal e distal se aplica neste modelo, tendo os determinantes do macrocontexto ambiental sendo os mais distais, seguidos pelos do macrocontexto territorial, microcontexto domiciliar e os proximais sendo representados pelos determinantes ligados diretamente ao hospedeiro, ao vetor e ao agente etiológico (Figura 9).



No nosso entendimento o Espaço Natural: macrocontexto ambiental é o suporte para o Espaço Social: macrocontexto territorial e microcontexto domiciliar. É no Espaço geográfico que se dá a interação dos três elementos envolvidos diretamente no processo de transmissão do dengue: vetor, vírus e hospedeiro.

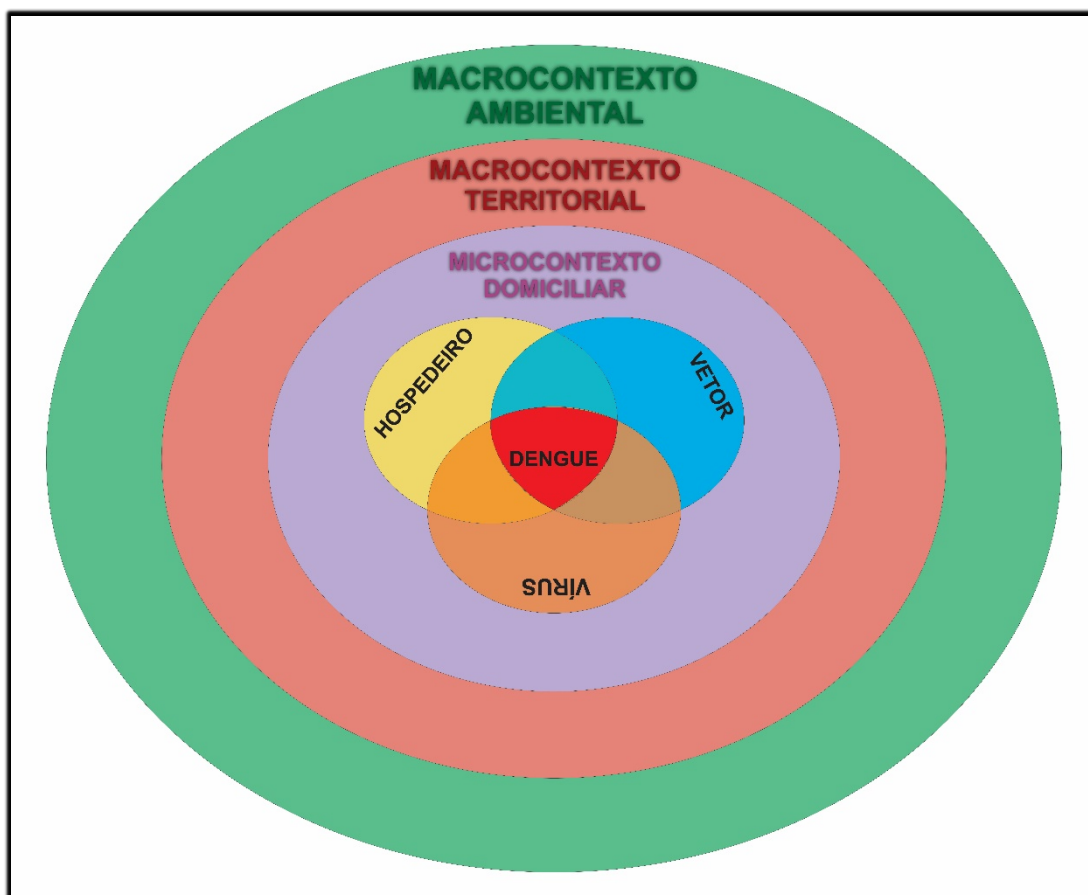


Figura 9: Modelo teórico da dinâmica da transmissão do dengue.

Confeção: Jefferson Pereira Caldas dos Santos

### 3.4. Variáveis e indicadores

Grande parte dos estudos que se propõe a trabalhar com os determinantes socioambientais do dengue, agregam as variáveis que se pretende associar ao desfecho do estudo, no caso o dengue, na forma de indicadores simples ou compostos. Os indicadores constituem importantes instrumentos para auxiliar o processo de planejamento de políticas públicas, monitoramento e avaliação das mesmas, assim como para as tomadas de decisões.



Para que possam ser úteis nestes processos devem simplificar tanto a complexidade social, econômica, política e ambiental nos contextos locais, regionais e globais, a partir de dados previamente selecionados da realidade. Assim, portanto, estes não abrangem a totalidade da realidade, mas permitem que nos aproximemos da mesma (RIPSA, 2008).

No artigo *“Dengue, geoprocessamento e indicadores socioeconômicos: um estudo de revisão”* feito por Flauzino et al (2009) é apresentado uma análise sobre os trabalhos que abordaram dengue através do uso de geoprocessamento e indicadores socioeconômicos. Neste trabalho foram selecionadas 22 publicações sendo que 6 utilizaram inquérito sorológicos como fonte dos dados e 16 utilizaram dados secundários (Flauzino et al., 2009).

Os estudos baseados em inquéritos sorológicos utilizaram as variáveis e indicadores: sexo, idade, densidade populacional, situação/estado civil e condições de moradia (indicadores demográficos); instrução e renda (socioeconômicos); instalação sanitária de água e esgoto e, lixo (cobertura de serviços); presença de inservíveis, ou sejam detritos que não podem ser reutilizados (ambientais) para análise dos determinantes do dengue (Flauzino et al., 2009).

Nos estudos baseados em dados secundários as variáveis e indicadores utilizadas foram: sexo, idade, densidade demográfica, situação civil, razão de dependência [...], razão de sexos [...], e condições de moradias ([indicadores] demográficos); instrução, renda, índice de pobreza e favelas (socioeconômicos); instalação sanitária de água e esgoto, coleta de lixo (de cobertura de serviços), índice de infestação e criadouros do vetor, borracharias, cemitérios, ferro-velho (ambientais e operacionais); índice pluviométrico, umidade relativa e temperatura (climáticos/meteorológicos); e ano, mês e estações climáticas no momento do estudo (temporais) (Flauzino et al., 2009).

A maioria dos estudos que se propõe a estudar os fatores associados ao dengue focam nos dados referentes à qualidade ambiental do território, na qualidade das habitações, na disponibilidade de serviços de infraestrutura sanitária/urbana e nos indicadores socioeconômicos (Flauzino et al., 2009).

Contudo na maioria destas abordagens as condições materiais de onde se vive e de quem vive em determinado lugar, não retratam de maneira precisa

o território já que não levam em consideração a forma de uso e ocupação do espaço.

### **3.5. Risco**

A humanidade desde sempre conviveu com mensurações dos riscos aos quais os homens estavam expostos. Buscando sempre uma maneira de se proteger da morte, de um agravo, de uma tempestade e outros perigos. A prática de fugir e evitar perigos ou riscos sempre esteve associada a possibilidade de ocorrência de um evento adverso ou não desejáveis pelo sujeito ou por um grupo social (Maciel & Telles, 2000).

O conceito de 'risco', contudo é uma abstração recente, nasce na modernidade. Está associada com as relações que os sujeitos e as coletividades estabelecem com os acontecimentos que podem ocorrer no futuro. O que o conceito de "risco" moderno traz de novo é uma ressignificação das situações de perigo, com uma clara intenção de prever e controlar sempre que possível seus determinantes. O conceito de risco é fundamental na epidemiologia, sendo este central na cultura moderna. Tem importância crescente tanto na dimensão científica quanto cultural na sociedade contemporânea. Se busca através da análise do risco reduzir as incertezas no processo de tomada de decisão (Czeresnia, 2004).

O risco epidemiológico faz parte de um arcabouço teórico metodológico pautado nos avanços das técnicas estatísticas, que permitem o monitoramento e a regulação na área da saúde. Mesmo com todo o rigor metodológico na aferição de medidas, de dados e de complexos modelos analíticos a redução da realidade está presente nestes estudos. Inevitavelmente dimensões importantes do fenômeno estudado acabam por não ser consideradas, impondo limites que devem ser considerados na sua aplicação (Czeresnia, 2004).

Sobre o conceito de risco utilizado nos estudos de dengue a OPAS diz:

*“O risco é um conceito utilizado para medir a probabilidade de um evento futuro com consequências negativas como uma infecção pelo vírus do dengue ou um surto. A probabilidade depende da presença de uma ou mais características ou determinantes do evento. A dinâmica da transmissão dos vírus do dengue é determinada pela interação do ambiente, do agente, da população de hospedeiros, e de vetores, que existem juntos num habitat específico. A magnitude e a intensidade da interação irão definir a transmissão de dengue em uma comunidade, região ou país.” (OPAS, 1994).*

### **3.6. Receptividade e vulnerabilidade**

O uso do conceito de receptividade do território neste trabalho é baseado no campo da geografia e da saúde pública. Nesta perspectiva, a concepção de espaço relacional supera a visão estática e biológica do adoecimento. Busca a compreensão da historicidade, da dinâmica social, econômica, ambiental e territorial que interferem na receptividade dos territórios aos agravos.

A união dos determinantes naturais, sociais e territoriais numa visão de totalidade, possibilita a definição de estratégias de prevenção, enfrentamento e cuidado mais efetivas em saúde. O território deve ser analisado sobre uma perspectiva integradora, ou seja, mediante a análise de todas as suas acepções (Faria & Bortolozzi, 2009). Segundo Costa e Teixeira (1999):

*“O espaço geográfico apresenta-se para a epidemiologia como uma perspectiva singular para melhor apreender os processos interativos que permeiam a ocorrência da saúde e da doença na coletividade.”*

A inserção do pensamento geográfico contribuiu para que a Epidemiologia Social aprofundasse a visão onde o processo saúde-doença é interpretado de maneira coletiva e não individual. Segundo Granda & Breilh (1989):

*“[...] do ponto de vista da Epidemiologia, o processo saúde-doença é a síntese do conjunto de determinações que operam numa sociedade concreta, produzindo, nos diferentes grupos sociais, o aparecimento de riscos ou potencialidades características, por sua vez manifestos na forma de perfis ou padrões de doença ou saúde.”*

Segundo Porto (2007):

*“Numa visão integrada e contextualizada, a compreensão e a intervenção sobre os processos que geram vulnerabilidades são fundamentais na proposição de estratégias de prevenção de riscos, de promoção da saúde e da justiça ambiental. Mais que os aspectos técnicos dos riscos em si e os processos físicos e biológicos dele decorrentes, em contextos vulneráveis, são as vulnerabilidades presentes na sociedade que representam uma ameaça maior à saúde, tanto individual quanto coletiva.”*

A vulnerabilidade espacial da população humana é determinada por fatores tais como: escolaridade, renda, acesso à informação, densidade populacional, poder político, tipo e localização das habitações, dentre outros. Nessa perspectiva a noção de vulnerabilidade se encontra diretamente relacionada a capacidade dos grupos de terem uma resposta positiva mediante algum evento adverso (Rodriguez et al., 2001).

O conceito de receptividade e vulnerabilidade dos sistemas socioambientais vem sendo proposto no sentido de ampliar nossa interpretação dos atuais perfis epidemiológicos. Possibilitando uma maior capacidade de resposta aos desafios advindos dos processos de mudanças que se colocam nos contextos sociais e ambientais. Estas mudanças se expressam de maneira

desigual no território, sendo traduzido em diferentes níveis de receptividade para cada porção do espaço habitado a ser analisado e diferentes níveis de vulnerabilidade das populações (Sabroza et al., 2007).

O modo de vida de uma população assim como a sua organização espacial são elementos importantes na distribuição e na frequência da maioria dos agravos a saúde e não é diferente com o dengue. Desta maneira temos por exemplo um espectro exponencial de formação e manutenção de criadouros propícios para a proliferação do vetor.

É fato que quando a densidade de vetores é muito alta as condições de renda da população não determinam de maneira direta o surgimento de novos casos, que vão ocorrer em toda a cidade. Contudo são nos períodos não epidêmicos que as condições socioeconômicas, mesmo que de maneira indireta, acabam por determinar que as áreas mais carentes de qualidade ambiental, de moradia e saneamento sejam endêmicas para o dengue (Marzochi et al., 1994).

As vulnerabilidades e as receptividades territoriais fazem parte de maneira indissociável do processo saúde-doença, e vão além do próprio conceito de risco, pois aborda questões da capacidade de resiliência individuais, coletiva e contextuais do espaço geográfico. A vulnerabilidade é qualificação de como determinado grupo social de um determinado território é exposto e responde ao risco. Já a receptividade territorial é a capacidade de um determinado território oferecer condições que propicie ou aumente o risco.

A territorialização se dá no movimento, no fluxo das saberes e práticas que são continuamente construídos e reconstruídos a partir da dinâmica social (Haesbaert, 2009). É necessária uma aproximação as realidades vividas pelos sujeitos e a caracterização dos seus territórios para se entender o que os torna menos ou mais vulneráveis e ou receptivos perante a um risco. E assim auxiliar na busca por alternativas de intervenção e controle de um agravo a saúde (Mattos Almeida et al., 2007).

### 3.7. Análise Espacial

A análise espacial possibilita uma abordagem integradora e holística, pois através da síntese no espaço geográfico das mais diversas informações provenientes de diferentes áreas do conhecimento. Permitindo o melhor entendimento dos processos complexos, das interconexões entre os elementos e o caráter dinâmico da paisagem (Druk et al., 2004).

Compreender a distribuição espacial de dados constitui, hoje em dia, um grande desafio para a elucidação de questões centrais em diversas áreas do conhecimento, seja em saúde, ambiente, geologia, urbanismo, planejamento entre outras. Estes estudos têm-se tornado cada vez mais frequentes devido à disponibilidade de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (Câmara et al., 2003).

Além da percepção visual da distribuição espacial de um determinado problema, é muito útil traduzir os padrões existentes com considerações objetivas e mensuráveis, como por exemplo, áreas com expansão da incidência de algum agravo. A análise espacial mensura propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita. Ou seja, a ideia central é incorporar o espaço à análise que se deseja fazer (Câmara et al., 2003).

As tecnologias de análise e processamento de dados no contexto geográfico (Geoprocessamento) tem sido ferramenta fundamental por possibilitar a análise espacial de aspectos diversificados e relevantes. Auxiliando na realização da análise da situação de saúde e de suas tendências: distribuição de doenças e agravos, localização dos serviços, condições socioeconômicas, riscos, receptividades e vulnerabilidades, entre outros (Druck et al., 2004).

Análise espacial em saúde também se refere ao estudo quantitativo da distribuição das doenças ou serviços de saúde, na qual o objeto de estudo é definido geograficamente (Gesler, 1986). Métodos estatísticos são utilizados para descrever e explicar tais dados, frequentemente, buscando relações com outros dados espacialmente definidos (Gatrell & Bailey, 1996).

Os métodos de análise espacial podem ser categorizados em três classes (Gatrell & Bailey, 1996):

a) Visualização: neste método, o mapeamento de eventos de saúde é a ferramenta primária, podendo variar desde uma simples distribuição pontual de incidência de doenças, até superposições complexas de mapas de incidência de doenças com determinadas variáveis ambientais, sociais, econômicas de interesse.

b) Análise exploratória de dados: método utilizado para sumarizar e descrever padrões de mapas e relações entre mapas. Algumas técnicas exploratórias terão a forma de gráficos (histogramas, scatter plots, dentre outros.), enquanto outros serão de natureza cartográfica. Em muitas situações, o mapeamento associado à análise exploratória será suficiente para o trabalho de análise espacial.

c) Modelagem: consiste na construção de um modelo baseado na distribuição dos dados. A partir deste modelo, pode-se testar formalmente uma hipótese ou estimar relações, como por exemplo, entre a incidência de uma determinada doença e variáveis ambientais e/ou sociais. Devido ao fato da incidência de uma doença numa região estar provavelmente correlacionada à incidência de regiões vizinhas, não se pode necessariamente utilizar os modelos estatísticos usuais, que assumem independência entre os eventos.

### 3.7.1. Geoprocessamento

O geoprocessamento pode ser definido como uma tecnologia transdisciplinar que através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados (Rocha, 2002). É um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre bases de dados georreferenciados, para os transformar em informação (Xavier-da-Silva, 2001).

Aplicado a questões de saúde pública permite o mapeamento de doenças, avaliação de riscos, vulnerabilidade e receptividade dos territórios as mesmas,

dentre outras análises. São vários os usos do geoprocessamento na saúde coletiva, desse modo, o principal desafio dessa área é o desenvolvimento de métodos específicos para a análise das situações de saúde. Nesse sentido, os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) têm sido apontados como instrumentos de integração de dados ambientais, socioeconômicos e territoriais com dados de saúde, permitindo uma melhor caracterização e quantificação da exposição e seus possíveis determinantes (Medronho, 1995).

Desde finais da década de 80 que na área da saúde vem se discutindo e experimentando, diversas abordagens onde a localização espacial e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm papel destacado. Nos momentos iniciais, estes estudos estiveram na contramão dos modelos analíticos vigentes na epidemiologia, baseados em abordagens estritamente individuais na busca por fatores de vulnerabilidade para doenças crônicas. Contudo em poucos anos operou-se um importante resgate do papel do ambiente sociocultural na determinação das doenças. A questão saúde passa novamente a ter uma visão mais global e holística dos processos que determinam e influenciam o processo saúde-doença (Medronho, 1995).

Diversos estudos epidemiológicos como por exemplo: Favier et al., 2005; Mondini et al., 2005; Barcellos et al., 2005; Caiaffa et al., 2008; Almeida et al., 2009; Lowe et al., 2018 e outros, utilizaram SIG para analisar possíveis associações entre a distribuição geográfica de doenças e o espaço habitado. Nos estudos epidemiológicos sobre o dengue, o geoprocessamento vem sendo amplamente utilizado. Na maioria das vezes tem como objetivo primário a simples localização dos casos para uma posterior caracterização da distribuição espacial. Porém em muitos estudos já se aplicam técnicas mais elaboradas com modelagens espaciais e estatísticas (Araújo et al., 2008).

Deve ser ressaltado que a aplicação de um SIG pode ser de grande valor na pesquisa em saúde, pois provém os pesquisadores de novos métodos confiáveis e cientificamente válidos para o manejo de sua informação espacial. Além disso, os SIG vêm sendo utilizados como instrumento integrador de diversos bancos de dados de diferentes tipos e instituições, facilitando a compreensão de determinado fenômeno em estudo em toda a sua complexidade (Medronho, 1995).



### 3.8. Análise de Conglomerados

Na literatura existe uma vasta quantidade de métodos de detecção de conglomerados, de modo que estes são classificados de acordo com as características e as hipóteses feitas sobre os conglomerados. Em todos os métodos a hipótese nula considerada supõe que não há conglomerados em toda região, ou seja, o risco de ocorrência do evento é completamente aleatório e proporcional ao tamanho populacional de cada localidade. Segundo Hair (1998):

*“A análise de cluster, também conhecida como análise de conglomerados, é um conjunto de técnicas estatísticas com o objetivo de agrupar objetos segundo suas semelhanças, formando grupos ou conglomerados homogêneos. Os objetos em cada conglomerado tendem a ser semelhantes entre si, porém diferentes dos demais objetos dos outros conglomerados. Os conglomerados devem ser homogêneos internamente (dentro de cada conglomerado), em conjunto com uma grande heterogeneidade externa (entre conglomerados). Portanto, se a aglomeração for bem sucedida, quando representados graficamente, os objetos dentro dos conglomerados estarão muito próximos, e os conglomerados distintos estarão afastados.”*

Estudos de detecção de conglomerados são imprescindíveis para identificação de regiões geográficas e/ou períodos de tempo cujo o risco em relação a um determinado evento, seja uma doença ou uma epidemia, seja elevado, buscando áreas e/ou períodos que concentrem uma quantidade de casos maior que o esperado, constituindo-se assim uma anomalia.

Dentre os métodos de detecção de conglomerados, o método Scan tem sido amplamente utilizado, pois além de delinear regiões críticas por meio de algoritmos computacionais gráficos, é também atribuída a estas análises significância estatística via simulação de Monte Carlo. Dentre as inúmeras aplicações que este método teve, podemos citar os trabalhos de Naish & Tong, 2014; Banu et al., 2012 e Dhewantara et al., 2015, todos na área de epidemiologia do dengue.

### 3.8.1. Método de Varredura Espacial de Kulldorf (Satscan)

Para a identificação de conglomerados (*clusters*) espaciais, temporais e espaço-temporais estatisticamente significantes o método de varredura espacial de Kulldorff (1997), conhecido como método *spatial scan* (*Satscan*) é amplamente utilizado para a detecção e inferência destes conglomerados.

O processo interativo varre o mapa em busca de *clusters* (conglomerados), verificando as respectivas verossimilhanças em busca de candidatos a *clusters* e depois verificando suas significâncias através de uma simulação de Monte Carlo.

#### 3.8.1.1. Estatística Scan: Espaço - Temporal

O método Scan permite incorporar os fatores espacial e temporal simultaneamente no estudo. Neste caso é de interesse identificar conglomerados de casos de dengue que venham a ocorrer no espaço e no tempo de maneira simultânea.

Na análise puramente espacial, o método identifica o conglomerado espacial mais provável que potencialmente viola a hipótese nula de não aglomeração. Para isso, o método impõe uma janela circular sobre o mapa e deixa seu centro se deslocar ao longo da região de estudo, procurando por um excesso de casos em alguma região do mapa. O método de Kulldorf avalia um conjunto  $z$  de círculos distintos, correspondentes a todos os círculos centrados nos centroides das diferentes áreas do mapa e com raios arbitrários  $r$  variando entre zero e um limite superior especificado, cada um deles representando um potencial conglomerado (Kulldorff, 1997).

No caso da análise espaço-temporal, ao invés de círculos presentes nos estudos espaciais, são utilizados cilindros, cuja base representa o espaço geográfico e a altura representa o tempo (Figura 10). Neste método além de definir o tamanho máximo da população de um conglomerado também é necessário também definir o maior intervalo de tempo que um conglomerado pode assumir.

A medida que os cilindros aumentem de tamanho são feitos testes de significância para avaliar se as regiões delimitadas pelos mesmos correspondem

a um conglomerado. O teste é baseado no método de máxima verossimilhança, podendo ser assumidas algumas distribuições de probabilidade para a variável de interesse. A avaliação é realizada por simulações de Monte Carlo.

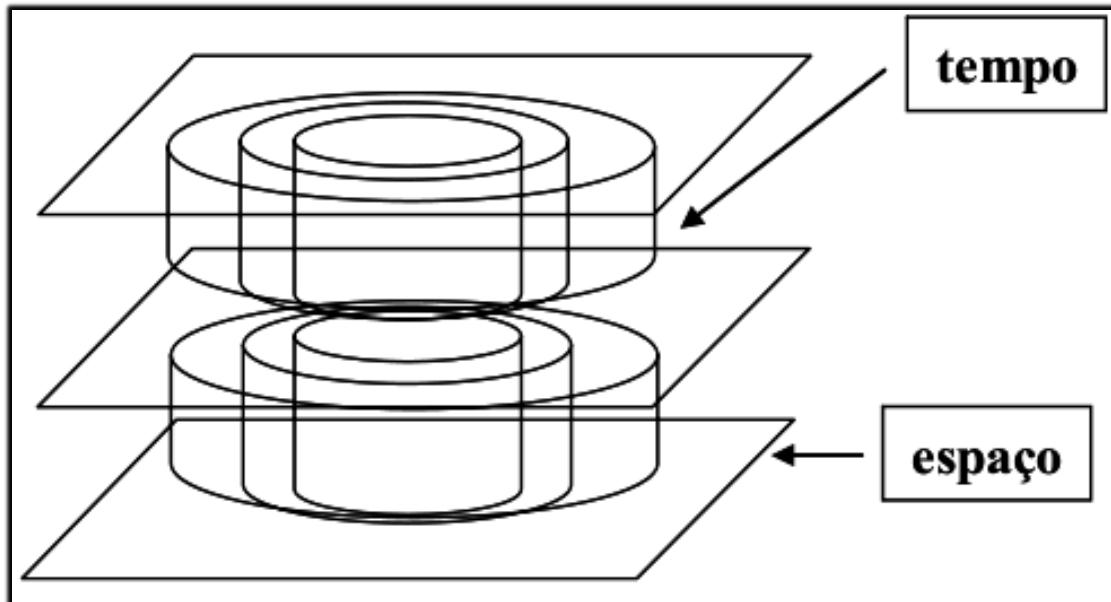


Figura 10: Exemplo hipotético da varredura espaço-temporal do método Scan.

Fonte: Adaptado de Balieiro (2008)

Organizado por Jefferson Pereira Caldas dos Santos

### 3.9. Análise de Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais (ACP), segundo Mingoti (2005) é uma técnica da estatística multivariada cuja proposta consiste na redução do conjunto de dados a ser analisado, através da construção de combinações lineares das variáveis originais, principalmente, quando os dados são constituídos de um grande número de variáveis inter-relacionadas. Permite ao pesquisador utilizando poucas dimensões a manutenção da máxima variabilidade do conjunto com a menor perda possível de informação. Sendo assim algebricamente, os componentes principais são combinações lineares particulares das  $p$  variáveis originais ( $X_1, \dots, X_p$ ) em um novo conjunto com  $p$  variáveis ( $C_1, \dots, C_p$ ) denominadas componentes principais, sendo  $C_1$  a componente que explica a maior parte da variância,  $C_2$  explica a segunda maior parte da variabilidade dos dados e assim sucessivamente (Manly, 2008). A redução de variáveis só será possível se as  $p$  variáveis iniciais não forem

independentes e apresentarem coeficientes de correlação não-nulo, caso contrário a análise de componentes principais não oferece vantagem alguma.

Para a determinação das componentes principais, as variáveis originais são decompostas em seus autovalores (variâncias) e autovetores (coeficientes padronizados) em equações de combinações lineares pela técnica da Análise de Componentes Principais (ACP). Cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, independentes entre si e estimadas com o propósito de reter, em ordem de estimação e em termos da variação total, contida nos dados iniciais e colocadas em ordem decrescente por suas variâncias. A padronização das variáveis é realizada pelo valor da variável menos a média do grupo das variáveis avaliadas divididas pelo desvio-padrão. A padronização é denominada de escore padrão ou z-escore.

### **3.10. Análise Multicritério**

Cada vez mais, os sistemas de informação geográfica (SIG) são utilizados para auxiliar o processo de tomada de decisão acerca do espaço (Carver 1991, Pereira & Duckstein 1993). O grande desenvolvimento recente dos SIG possibilitou o desenvolvimento de novas e poderosas metodologias que prestam apoio ao processo de tomada de decisão e gestão do território. Dentre estas a análise baseada em múltiplos critérios (AMC) é uma das metodologias mais importantes (Janssen & Rietveld 1990, Burrough et al. 1992, Jankowski 1995).

A análise baseada em múltiplos critérios se destina à investigação de um número de possibilidades à luz de múltiplos critérios e prioridades conflitantes, auxiliando no processo de tomada de decisão (Voogd, 1983). O processo de decisão em um ambiente complexo normalmente envolve dados imprecisos e/ou incompletos, múltiplos critérios e vários agentes de decisão.

Giuliano (1985) salienta que um modelo de um único objetivo não reflete adequadamente as preferências da comunidade e do responsável pela tomada de decisão. Além disso, os indivíduos ou grupos que participam do processo decisório, normalmente não têm as mesmas preferências em relação aos objetivos do projeto. E ainda, diante das incertezas quanto aos resultados do projeto, as preferências dificilmente são definidas. Devido a esses fatores, um

conjunto de objetivos não pode ser reduzido a um único objetivo e, conseqüentemente, não há uma única solução ótima para ele.

O processo de tomada de decisão deve buscar a alternativa que apresente melhor desempenho, melhor avaliação e que consiga da melhor maneira conciliar a expectativa do decisor com as suas possibilidades reais de implementação (Vilas Boas, 2005).

A objetividade é algo que deve ser perseguido sempre que possível, contudo deve se lembrar que o processo de tomada de decisão é, antes de tudo uma atividade essencialmente humana, baseado na noção de valor. A tomada de decisão é um esforço para se conciliar objetivos ou critérios conflitantes na busca de uma solução de melhor acordo, já que a solução ótima, num cenário de conflito é inatingível (Vilas Boas, 2005). A complexidade existente no processo de tomada de decisão requer a utilização de métodos de apoio a tomada de decisão. Neste contexto os Métodos de Análise de Decisão ou Análise Multicritério se destacam.

O método de análise baseada em multicritérios se torna particularmente adequado a esse tipo de problema em que são consideradas várias funções objetivo ou vários critérios a serem analisados em conjunto. Geralmente esses objetivos não são comensuráveis, não podendo ser agrupados em uma única expressão matemática.

No contexto do GIS, dois procedimentos são comuns para a AMC, o primeiro envolve a sobreposição booleana, segundo a qual todos os critérios são avaliados pela capacidade de produzirem mapas booleanos, que então serão combinados por operadores lógicos, como interseção (E) e união (OU). O segundo é conhecido como combinação linear ponderada, onde os critérios contínuos são padronizados para um valor numérico dentro do mesmo intervalo e, em seguida, combinados por média ponderada. O resultado é um mapeamento contínuo e de síntese que auxilie na tomada de decisão final (Hall et al. 1992).

Apesar dos dois procedimentos serem muito utilizados, existem algumas diferenças associados ao seu uso. A primeira tem a ver com diferentes métodos de agregação empregados nos dois métodos, na lógica booleana uma região

pode ser excluída do resultado se qualquer critério não for atingido já na combinação linear ponderada é bem diferente, uma pontuação baixa em um critério pode ser compensada por uma pontuação alta em outro uma característica conhecida como compensação.

#### **4. Justificativa**

O alto número de casos notificados de dengue no Município do Rio de Janeiro ao longo dos anos, a importância histórica desta cidade no quadro nacional de manutenção e dispersão da epidemia e a ausência de estudos que procurem definir áreas prioritárias para intervenção (áreas de maior risco e de maior receptividade para a transmissão do dengue) neste município, justificam o presente estudo.

As evidentes limitações dos programas de controle do dengue, nas três esferas de governo, em reduzir ou controlar o avanço das epidemias de dengue de forma sustentada no tempo, justifica a busca de metodologias que racionalizem os gastos e otimizem os resultados. Neste sentido, a delimitação de áreas prioritárias para a intervenção (maior risco e maior receptividade), proposta neste estudo vai ao encontro de objetivos que reduzam a transmissão do dengue, além da otimização dos recursos gastos.

O presente estudo buscou a utilização de metodologias que possam ser realizadas em programas gratuitos para que dessa maneira possam ser utilizadas pelo poder público sem que haja a necessidade de grandes investimentos financeiros. Podendo ser utilizada nas mais diferentes escalas e recortes espaciais, servindo como um instrumento rápido e eficaz na definição de áreas de maior risco e de maior receptividade ao dengue.

Além das razões acima apresentadas a delimitação das áreas de maior risco e de maior receptividade, assim como a localização e definição dos padrões espaciais da ocorrência dos casos de dengue, podem ser usadas no planejamento e no desenvolvimento por parte do poder público de ações preventivas e mitigadoras mais eficazes no combate a esse grave problema de saúde pública que o município enfrenta.

Por fim o estudo espera contribuir no debate acadêmico e metodológico acerca dos determinantes socioambientais e territoriais para o dengue, na escala intramunicipal. O estudo busca através da proposição de novos indicadores, baseados uso e ocupação do solo, retratar o território efetivamente ocupado e não os limites políticos administrativos.

## 5. Objetivos

### GERAL:

- Estratificar o território da cidade do Rio de Janeiro em áreas prioritárias para o controle e mitigação do dengue no período de 2008 a 2014.

### ESPECÍFICOS:

#### Manuscrito 1:

- Identificar os *clusters* de alto risco para o dengue na cidade do Rio de Janeiro definidos pelas notificações de casos de dengue, no período de 2008 a 2014.
- Comparar os *clusters* em duas populações com diferentes mobilidades e perfis imunológicos: população acima de 5 anos e grupo populacional dos pré-escolares (crianças até 5 anos)
- Definir as regiões onde os *clusters* foram persistentes ao longo dos anos nos dois grupos populacionais analisados.

#### Manuscrito 2:

- Propor e construir novos indicadores de base territorial que busquem expressar o real padrão de uso, ocupação e a complexidade que conforma o território.
- Estratificar o território do município do Rio de Janeiro em áreas de maior receptividade para a transmissão do dengue utilizando indicadores territoriais.



## 6. Materiais e Métodos

Estudo ecológico de base territorial tendo o recorte espacial de bairro como unidade de análise e a unidade mês como recorte temporal. A população do estudo foi os casos notificados de dengue no período de 2008 a 2014 incidentes na cidade do Rio de Janeiro.

### 6.1. Descrição da Área de Estudo

A cidade do Rio de Janeiro capital do Estado do Rio de Janeiro, está situada a 22°54'23" de latitude sul e 43°10'21" de longitude oeste. Se localiza na Região Sudeste do país. Com uma área de aproximadamente 1.197 Km<sup>2</sup>, uma população de 6.320.446 habitantes em 2010 e com um índice de desenvolvimento humano municipal de 0,799. Possui 160 bairros oficiais sendo o mais populoso apresentando 328.370 habitantes e menos populoso 167 habitantes (IBGE, 2011) (Figura 11).

O município do Rio de Janeiro apresenta grande complexidade geográfica, uma vez que as características topográficas, aliadas às peculiaridades do seu quadro litorâneo e às diferenças geradas pela própria estrutura urbana, fazem desta cidade um mosaico de paisagens contrastantes.

Na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, situa-se o maior aglomerado urbano do estado e o segundo maior do país, com uma população superior a 10 milhões de habitantes e grande concentração. A população de baixa renda ocupa as áreas mais propensas a alagamentos (planícies de inundação) e as encostas de alta declividade das baixas vertentes dos alinhamentos serranos isolados e dos maciços montanhosos.

O quadro climático é bastante complexo, com significativas variações espaciais e temporais nos atributos climáticos, em função da atuação diferenciada dos componentes geoecológicos e de uso do solo. Três domínios fisiográficos do relevo caracterizam o sítio urbano carioca, são eles: os maciços litorâneos da Tijuca, da Pedra Branca e do Mendanha. Além de interferir na ventilação, o relevo também é responsável pela fragmentação micro-climática natural da cidade (Figura 11).

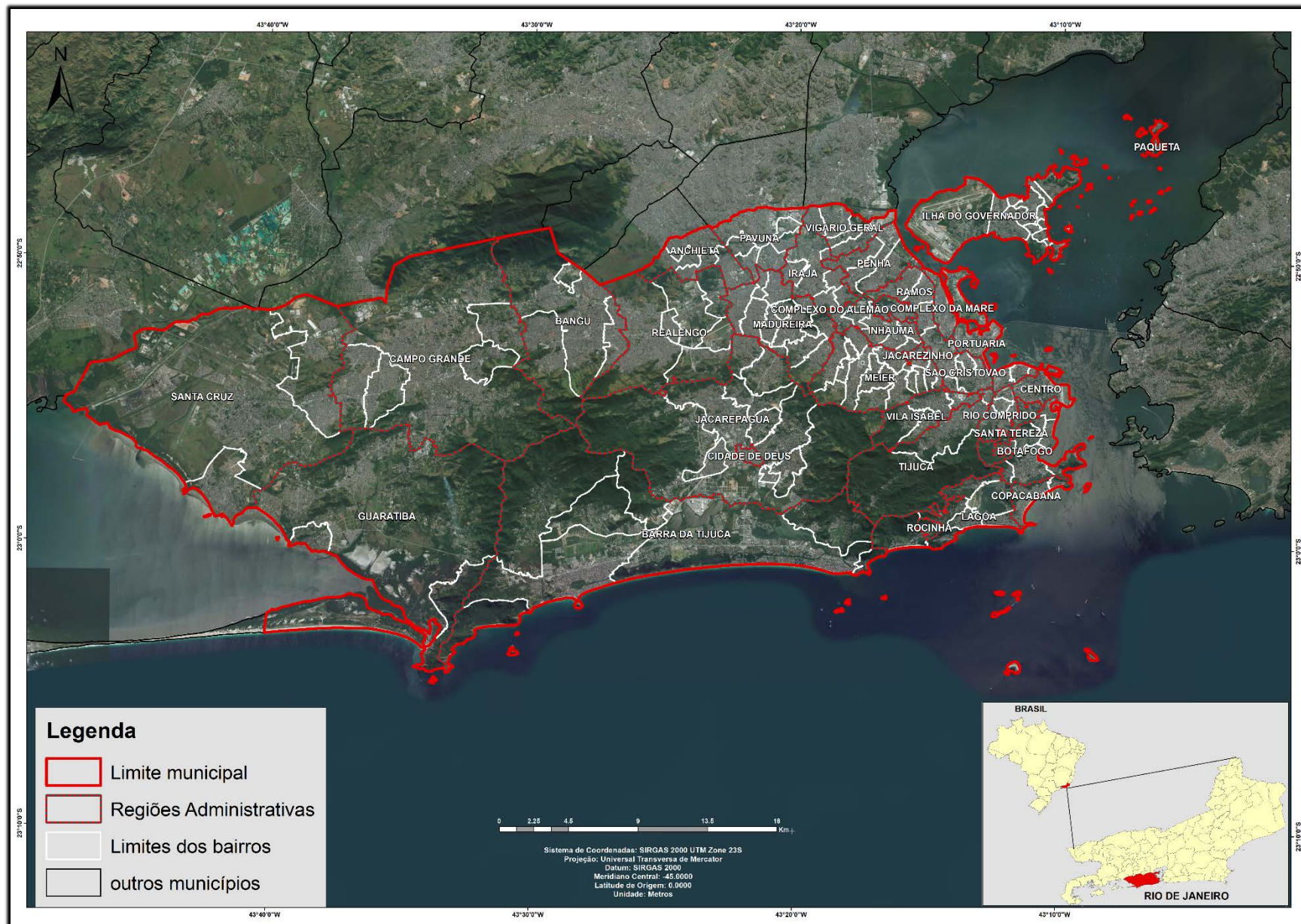


Figura 11: Mapa de localização da cidade do Rio de Janeiro.

Fonte: Instituto Pereira Passos

Confecionado por Jefferson Pereira Caldas dos Santos

## 6.2. Fonte dos dados

No estudo foram utilizados os casos mensais notificados de dengue no período de 2008 a 2014 no município do Rio de Janeiro, já agregados no nível de bairro. Os dados foram adquiridos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) por meio do Sistema Eletrônico do Serviço de Informações ao Cidadão (e-SIC) que permite que qualquer pessoa, física ou jurídica, encaminhe pedidos de acesso à informação, acompanhe o prazo e receba a resposta da solicitação realizada para órgãos e entidades do Executivo Federal.

Os casos georreferenciados e agregados pelos bairros de residência dos casos, foram estratificados pela variável idade, separando os casos notificados em 2 grupos: crianças até 5 anos e acima de 5 anos, além dos casos totais. Por fim todo o banco de dados foi organizado e estruturado na forma de banco de dados geográficos para análises em ambiente SIG. É importante ressaltar que não houve identificação dos indivíduos e nem da localização do caso notificado de dengue.

O cálculo das estimativas populacionais para os bairros do município do Rio de Janeiro foi baseado nos Censos Demográficos de 2000 e 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003; IBGE, 2011). Os bancos de dados dos censos disponibilizam as informações populacionais por setor censitário, estas foram agregados na escala de bairro.

Os dados sobre infestação por mosquitos do gênero *Aedes* foram obtidos com base no monitoramento com armadilhas de oviposição (ovitrapas) cedidos pela Secretaria Municipal de Saúde da cidade do Rio de Janeiro do período de 2013 a 2014.

Os dados socioeconômicos foram provenientes do Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011).

Os dados espaciais e ambientais da cidade foram obtidas do Instituto Pereira Passos (IPP) da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro (SIURB, 2017) e as imagens de satélite (Landsat 8 e Modis) foram adquiridas através da plataforma do International Research Institute for Climate and Society (IRI, 2017) do Instituto da Terra da Universidade de Columbia.

### 6.3. Construção dos indicadores

Os indicadores utilizados neste estudo foram fruto da busca bibliográfica em relação aos determinantes do processo de transmissão do dengue, além de outros de construção própria, ambos assentados no modelo teórico que norteia o estudo em relação ao processo saúde-doença do dengue (Figura 9).

No quadro 3 estão elencados os 17 indicadores construídos para este trabalho. Estes indicadores buscam caracterizar o espaço habitado da cidade e sua receptividade ao dengue. Os indicadores foram agregados pelos 160 bairros da cidade do Rio de Janeiro, considerando apenas suas porções efetivamente ocupadas por população humana, com o objetivo de retratar de maneira mais adequada a realidade territorial do município.

Para a construção dos indicadores, foram utilizados dados referentes ao uso e ocupação do solo, matriz de vizinhança, clima e a paisagem da cidade buscando assim contemplar a complexidade do processo de saúde-doença do dengue na cidade.

Os seguintes indicadores foram construídos:

- Percentual de área ocupada (Ind 01):

Inicialmente foi realizado o mapeamento da área efetivamente ocupada do território da cidade do Rio de Janeiro. Este mapeamento foi realizado através da técnica de “Classificação Supervisionada” da imagem do satélite Landsat 8, referente ao ano de 2014. Esta imagem foi obtida na plataforma “Climate Data Library” do International Research Institute (IRI) da Universidade de Columbia. A técnica de classificação supervisionada consiste na definição de pequenas amostras na imagem referentes a cada alvo ou classe de interesse e posteriormente o programa classifica a imagem toda em função do comportamento espectral destas amostras.

Após a classificação semiautomatizada foi realizado um refinamento pela técnica da interpretação visual, que consiste na vetorização manual das classes de interesse. Para tal, foi utilizada uma imagem de satélite Pleiades, referente a 2014 (Figura 12).

Com base no mapeamento da área efetivamente ocupada, foi construído o indicador: percentual de área efetivamente ocupada em relação a área total correspondente aos limites políticos administrativos de cada bairro.



Quadro 3: Lista dos indicadores construídos com base na ocupação do território.

<b>Cod</b>	<b>Indicador</b>	<b>Construção</b>	<b>Unidade</b>	<b>Período</b>	<b>Fonte</b>
Ind 01	Percentual de área ocupada	Área ocupada / Área total	%	2014	Prefeitura
Ind 02	Percentual de área residencial	Área residencial / Área total	%	2014	Prefeitura
Ind 03	Densidade demográfica líquida	Total da população / Área residencial	hab/Km <sup>2</sup>	2014	Prefeitura
Ind 04	Percentual de área de aglomerados subnormais	Área dos aglomerados subnormais / Área residencial	%	2014	Prefeitura
Ind 05	Percentual de área de pontos estratégicos	Área dos pontos estratégicos / Área ocupada	%	2014	Prefeitura
Ind 06	Verticalização média dos edifícios	Soma das alturas dos edifícios / Total de edifícios	m	2014	Prefeitura
Ind 07	Percentual de vegetação	Área de vegetação / Área total	%	2014	Prefeitura
Ind 08	Número de bairros vizinhos	Número de vizinhos através da matriz de vizinhança	bairros	2014	Própria
Ind 09	Perímetro de fronteira com bairros vizinhos	Comprimento total da linha de fronteira	m	2014	Própria
Ind 10	Média temperatura da superfície terrestre diurna	Média da temperatura diurna na área ocupada	°C	2008-2014	MODIS/IRI
Ind 11	Média temperatura da superfície terrestre noturna	Média da temperatura noturna na área ocupada	°C	2008-2014	MODIS/IRI
Ind 12	Precipitação acumulada mensal	Média da precipitação acumulada na área ocupada	mm <sup>3</sup>	2008-2014	Prefeitura
Ind 13	Percentual de domicílio em rua sem pavimentação	(v015+v017+v019 / v001) - planilha entorno01	%	2010	Censo 2010
Ind 14	Percentual de domicílio em rua sem arborização	(v045+v047+v049 / v001) - planilha entorno01	%	2010	Censo 2010
Ind 15	Percentual de domicílio em rua sem bueiro	(v033+v035+v037 / v001) - planilha entorno01	%	2010	Censo 2010
Ind 16	Percentual de domicílio em rua com lixo exposto	(v056+v058+v060 / v001) - planilha entorno01	%	2010	Censo 2010
Ind 17	Percentual de domicílio em rua com esgoto a céu aberto	(v050+v052+v054 / v001) - planilha entorno01	%	2010	Censo 2010

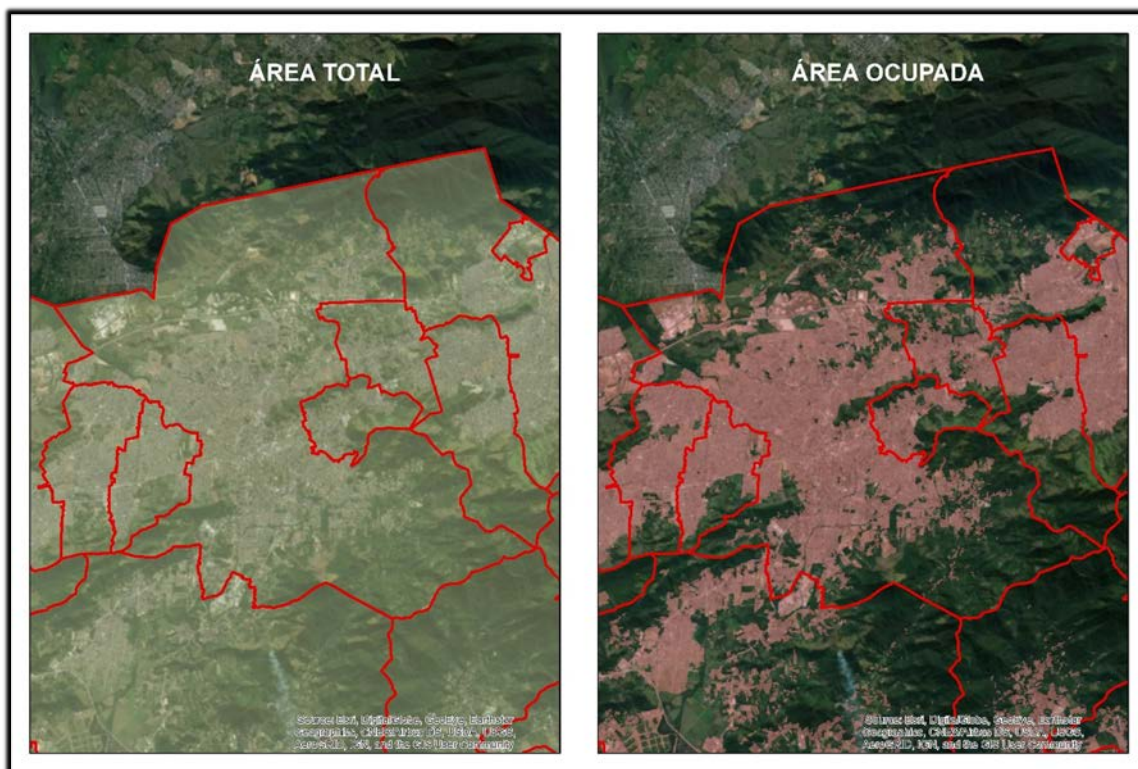


Figura 12: Área total e área ocupada.

- Percentual de área residencial (Ind 02):

Após o mapeamento da área efetivamente ocupada da cidade foi realizado a delimitação da área de uso apenas residencial. Este trabalho foi realizado através da retirada das áreas representadas pelos equipamentos públicos como por exemplo: aeroportos, escolas, estádios e outros da área efetivamente ocupada. A área referente aos equipamentos públicos foi em parte obtida junto ao Instituto Pereira Passos da prefeitura do Rio de Janeiro e o restante realizada por interpretação visual de imagem de sensoriamento remoto. Para tal, foi utilizada uma imagem de satélite Pleiades, referente a 2014, com resolução espacial de 0,5 metro na pancromática e 2 metros na multiespectral (Figura 13).

Através do mapeamento da área residencial foi construído o indicador: percentual de área residencial em relação a área total de cada bairro.



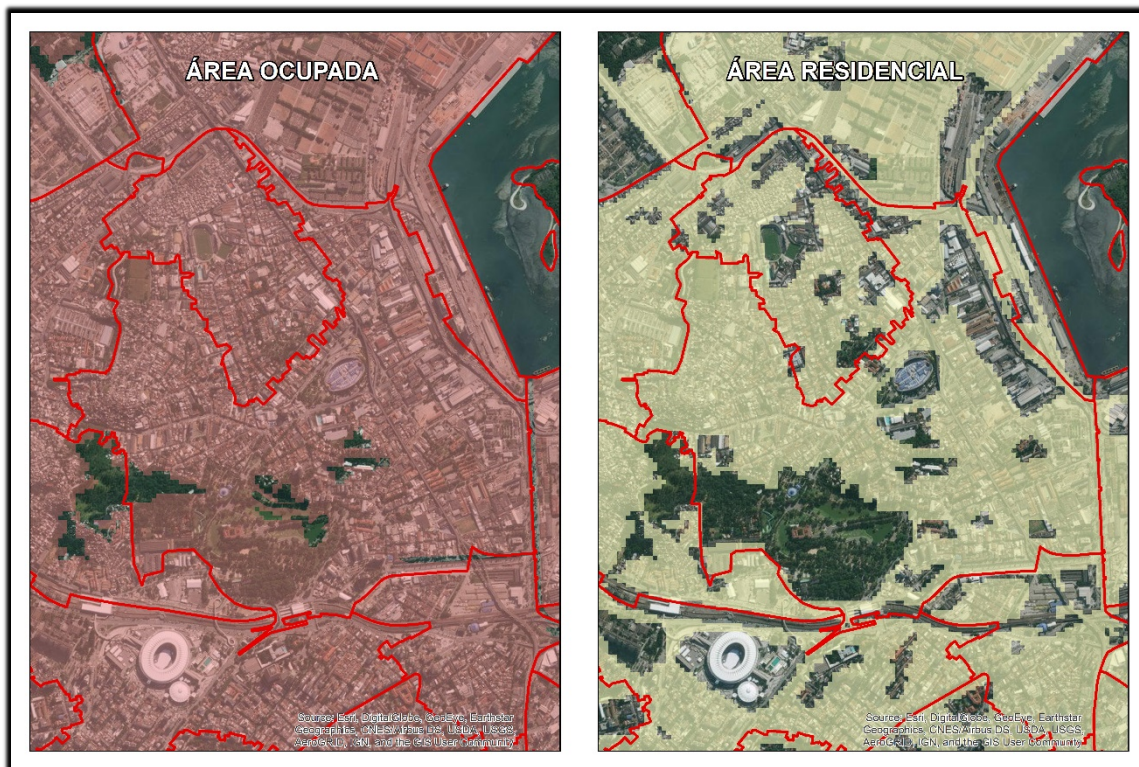


Figura 13: Área ocupada e área residencial.

- Densidade demográfica líquida (Ind 03):

Esse indicador foi calculado pela razão entre a população total residente para cada bairro obtida por meio de estimativas baseada no Censo Demográfico de 2010 e a área de uso residencial de cada bairro.

- Percentual de área de aglomerados subnormais (Ind 04):

São considerados como aglomerados subnormais as áreas de ocupação irregular, com grande densidade de construções residenciais improvisadas. No Rio de Janeiro, a maior parte destas áreas correspondem a favelas (IBGE, 2011). A construção da base de aglomerados subnormais da cidade do Rio de Janeiro utilizadas neste estudo foi baseada nas malhas de aglomerados subnormais produzidas pelo IBGE e a malha de favelas. Além destas malhas cartográficas foi realizada busca ativa de localidades com características de aglomerados subnormais pelos interpretação visual. Para tal, foi utilizada uma imagem de

satélite Pleiades, referente a 2014, com resolução espacial de 0,5 metro na pancromática e 2 metros na multiespectral.

A partir desta base cartográfica construída foi calculado o percentual de área de aglomerados subnormais em relação a área residencial de cada bairro.

- Percentual de área de pontos estratégicos (Ind 05):

A delimitação das áreas dos pontos estratégicos, como cemitérios, borracharias, depósitos e outros estabelecimentos que representam macro-focos potenciais para o vetor, foi realizada através da georreferenciamento do banco de endereços dos 359 pontos estratégicos fornecido pela secretaria de saúde da prefeitura e posterior vetorização da área do entorno de cada ponto pela metodologia de interpretação visual da imagem de satélite Pleiades, referente a 2014, com resolução espacial de 0,5 metro na pancromática e 2 metros na multiespectral (Figura 14).

Após a construção da malha cartográfica com as áreas dos pontos estratégicos foi calculado o percentual de área de pontos estratégicos em relação a área ocupada de cada bairro.



Figura 14: Georreferenciamento e vetorização das áreas dos pontos estratégicos.

- Verticalização média dos edifícios (Ind 06):

Os dados de altimetria são oriundos de perfilamento a laser (LiDAR) realizado e cedido pela prefeitura da cidade do Rio de Janeiro (IPP, 2017). O uso do LiDAR permite a obtenção de uma nuvem de pontos em três dimensões da área estudada, tornando possível analisar a estrutura dos edifícios, florestas e estruturas urbanas com precisão.

Por meio do mapeamento da altimetria de cada edificação da cidade, foi calculada a média da altura dos edifícios para cada bairro.

- Percentual de áreas verdes (Ind 07):

Os dados de áreas com vegetação foram obtidos pelo mapeamento do uso do solo feito por meio da metodologia de interpretação visual. Para tal, foi utilizada uma imagem de satélite Pleiades, referente a 2014, com resolução espacial de 0,5 metro na pancromática e 2 metros na multiespectral.



A vegetação foi classificada em diferentes classes: arbóreo, herbácea, campo e manguezal. Posteriormente foi calculado o percentual de vegetação total (excluídos os parques e praças) em relação a área total de bairro representada pelos limites políticos administrativos dos bairros.

- Número de bairros vizinhos (Ind 08):

O número de vizinhos de cada bairro foi calculado com base na contiguidade considerando a malha cartográfica da área ocupada.

- Comprimento da linha de fronteira (Ind 09):

Foi calculado o comprimento da linha de fronteira com outros bairros para cada bairro tendo como base a malha cartográfica da área ocupada.

- Temperatura média diurna (Ind 10) e noturna (Ind 11):

Os dados referentes à temperatura de superfície foram adquiridos de imagens do satélite Modis para o período de 2008 a 2014. Estas imagens foram obtidas na plataforma “Climate Data Library” do International Research Institute (IRI) da Universidade de Columbia. Os valores das temperaturas diurnas e noturnas, foram obtidos em formato raster, com células de 1000 metros por 1000 metros (1 Km<sup>2</sup>), foram agregados segundo o limite das áreas ocupadas dos bairros e calculado seus valores médios para todo o período.

- Pluviosidade média (Ind 12):

Os dados referentes à pluviosidade foram adquiridos das 33 estações pluviométricas instaladas na cidade e foram agrupadas na escala mensal. As estações foram georreferenciadas e os dados pluviométricos interpolados pelo método Ponderação do Inverso da Distância (IDW).

Por meio da realização de álgebras de mapas foram calculadas as médias pluviométricas de cada bairro, considerando-se somente a área ocupada, para todo o período do estudo.

- Entorno (Ind 13, Ind 14, Ind 15, Ind 16 e Ind 17):

Indicadores que caracterizam a paisagem onde o domicílio se insere foram construídos com base nas informações referentes ao entorno disponíveis no Censo Demográfico de 2010. O percentual para cada indicador ao nível de bairro foi calculado através da agregação das informações segundo setores censitários. Todos os cálculos utilizaram como numerador o número de domicílios referentes a cada indicador e denominador o número total de domicílios.

Cada indicador desse foi trabalhado e construído em ambiente SIG e transformado em planos de informação que posteriormente foram agregados em dimensões pela aplicação da metodologia de análise de componentes principais.

#### **6.4. Definição das Áreas de Risco com o SatScan**

Foi empregada a estatística de varredura Scan proposta por Kulldorff (1997) para detecção e identificação de *clusters* espaço-temporais com maior risco relativo, tendo o bairro como unidade espacial e o mês como unidade temporal. Nesse trabalho a cidade do Rio de Janeiro foi dividida em várias subáreas (bairros) e a cada bairro foi atribuído um centroide que contém nele associado informações sobre os respectivos números de população, casos de dengue e a localização geográfica. Estas subáreas possuem uma população  $n_z$  e o número de casos de dengue  $C_z$  ocorridos com uma probabilidade  $p$ . Assim a média dos casos em  $z$  é definida por  $pn_z$ , ou seja, a média é proporcional a sua população.

Utilizamos o modelo de Poisson para descrever a distribuição de casos. Considerando que  $C_z$  é uma variável aleatória com distribuição de Poisson com parâmetro  $\lambda_z$ , que representa o número de casos esperados é tal que  $\lambda_z = pn_z$ .

Assim:

$$C_z \sim \text{Poisson}(\lambda_z = pn_z)$$

Nesta modelagem usamos apenas os dados de incidência. A análise realizada foi do tipo retrospectiva, isto é, aquela em que todos os conglomerados encontrados serão mostrados independente se os mesmos chegaram “ativos” até o final da série temporal.

Como o trabalho pretende servir de ferramenta para que o poder público otimize suas ações de intervenção para o controle do dengue foi definido que a varredura só procurasse os conglomerados de alto risco.

Tendo em vista que na literatura não há um percentual definido sobre o maior percentual da população que um conglomerado pode ter no método. Sendo assim foi utilizado o percentual de 20% que equivale a duas vezes aproximadamente a população do bairro de Campo Grande, o mais populoso da cidade. Assim possibilitando que o mesmo formasse conglomerados. Outros percentuais da população foram testados: 11%, 17%, 20% e 50% do ponto de vista epidemiológico. Contudo o valor de 20% foi o que apresentou melhor resultado. Quanto ao fator temporal, foi utilizado os conglomerados que ocorram em até 50% do período do estudo, este valor é o padrão do programa e se mostrou válido para o estudo.

A aplicação do método Scan foi realizada no programa SaTScan<sup>TM</sup> versão 8.2.1 (KullDorff, 2009).

### **6.5. Definição das Áreas de Receptividade**

A definição das áreas de maior receptividade ao dengue foi realizada com base nos 17 indicadores propostos. A síntese dos indicadores em dimensões foi realizada primeiramente através do uso da técnica da análise de componentes

principais reduzindo assim os indicadores em dimensões com menor perda possível da informação.

Para criação do índice de receptividade ao dengue usamos a Análise de Multicritério, um procedimento que envolve a álgebra de mapas, onde os diferentes planos de informação são cruzados com seus pesos e notas, tendo como resultado o mapa síntese.

A integração temática é a última etapa do processo e envolve principalmente a álgebra de mapas, onde os diferentes planos de informação serão cruzados com seus pesos e notas, tendo como resultado o mapa síntese de receptividade ao dengue.

Para fazer essa integração é necessário que os critérios sejam padronizados, uniformizando as unidades de todos os mapas, atribuindo-lhes uma escala comum de valores de aptidão para que possam ser agregados para gerar um mapa final de receptividade, pois cada mapa possui unidades temáticas diferentes. Devido às diferentes escalas utilizadas na mensuração dos critérios, é necessário que sejam padronizados, e que eles sejam transformados, se necessário, de tal maneira que todos os mapas dos critérios sejam correlacionados positivamente com a adequação. Além de permitir a transformação das unidades das variáveis para uma única base de mensuração, a padronização também serve para hierarquizar internamente cada variável.

No presente estudo, foram utilizadas as dimensões resultantes da análise de componentes principais como os planos de informação para gerar o mapa de receptividade ao dengue. Este mapa foi gerado por uma análise multicritério usando método de combinação linear ponderada, onde cada componente foi normalizado e recebeu peso igual.

Esta metodologia consiste na utilização de álgebra de mapas onde os diferentes planos de informação serão cruzados com seus pesos e notas gerando um mapa resultante com valores que irão variar no mesmo padrão das notas dos mapas base. Espacializando assim a receptividade socioambiental ao dengue resultante da interação dos diferentes critérios elencados. Posteriormente, o índice de receptividade foi dividido em quintis e o mapa



resultante foi construído considerando 5 classes (muito alta, alta, média, baixa e muito baixa).

Todos esses procedimentos foram realizados num ambiente de informações georreferenciadas e trabalhadas através de programas de geoprocessamento.

## **7. Aspectos Éticos**

Este trabalho está dentro dos padrões exigidos pela Declaração de Helsinque e da Resolução 446/2012, do Conselho Nacional de Saúde. O referido estudo, foi previamente submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa da Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz na da 02/08/2016. O mesmo avaliou pela não necessidade de o estudo entrar no sistema CEP-CONEP, já que atendeu as orientações dispostas na Resolução 510 de 07 abril de 2016 do CNS/MS.

## 8. Resultados

### 8.1. Manuscrito 1:

Título:

Definição de áreas persistente de maior risco para o dengue através da detecção de *clusters* espaço-temporais para populações mobilidade e imunidade distintas na cidade do Rio de Janeiro, período de 2008 a 2014.

## RESUMO

**Introdução:** O dengue é considerado a arbovirose reemergente de maior importância epidemiológica, com prevalência nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. A detecção de *clusters* para o dengue é uma importante estratégia de vigilância epidemiológica, contribuindo para melhor alocação no território das estratégias de controle e priorizando áreas definidas com maior risco de transmissão. Estudos envolvendo populações humanas que apresentam baixa mobilidade são escassos, neste sentido, o presente estudo visa investigar a presença de *clusters* persistentes para o dengue na cidade do Rio de Janeiro em populações com mobilidade e imunidade distintas (pré-escolares até cinco anos e acima de 5 anos de idade). **Métodos:** Os dados epidemiológicos de dengue foram obtidos através do Sistema Nacional de Agravos de Notificação fornecidos pelo Ministério da Saúde do período de 2008 a 2014. As áreas de maior risco foram definidas pelo método da estatística Scan espaço-temporal, com distribuição de probabilidade *Poisson* e a análise de persistência foi realizada por meio de álgebra de mapas. **Resultados:** Para as duas populações do estudo os *clusters* identificados não apresentaram concordância espacial, quando analisados ano a ano. Não houve também concordância na localização dos *clusters* quando se comparou as duas populações exceto nos anos em que ambas apresentavam o mesmo quadro imunológico. Quando analisada a persistência de áreas em *clusters* foi observada em ambas as populações a existência destas áreas persistentes localizadas majoritariamente na Zona Oeste da cidade e em segundo plano na Zona Norte. **Discussão:** O fato dos *clusters* das duas populações do estudo só apresentarem concordância espacial em anos em que ambas apresentavam quadro imunitário semelhante reforça o papel confundidor da imunidade e a opção de se escolher populações com alto percentual de susceptíveis para os estudos de dengue de base territorial. A semelhança espacial e temporal entre as áreas de risco persistente em ambas populações, sugere que a Zona Oeste, região de desordenado crescimento urbano e baixo poder aquisitivo, apresenta maior risco para a transmissão do dengue na cidade do Rio de Janeiro. A definição de áreas persistentes para o dengue no espaço e no tempo pode contribuir para o melhor planejamento das estratégias de prevenção e controle desta arbovirose no território.

**Palavras-chave:** Dengue; Risco; *Cluster*; SatScan; Rio de Janeiro

## Introdução

As arboviroses como dengue, chikungunya e Zika, representam importantes doenças infecciosas emergentes e reemergentes. São consideradas graves problemas de saúde pública a nível mundial por conta das altas taxas de morbidade e mortalidade (Weaver & Reisen, 2010, Honório et al., 2015, Lowe et al. 2018). O dengue é endêmico em mais de 100 países nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Sendo responsável por aproximadamente 100 milhões de casos notificados ao ano (Gurugama et al. 2010). Estimativas realizadas através de modelagens têm sugerido que o dengue atinge aproximadamente 390 milhões de indivíduos por ano no mundo, dos quais 96 milhões apresentam sintomatologia aparentemente, com diferentes níveis de gravidade (Bhatt et al., 2013).

Esta arbovirose apresenta quatro sorotipos antigenicamente distintos (DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4) os quais são transmitidos por fêmeas infectadas de mosquitos do gênero *Aedes* (Teixeira et al. 2013, Honório et al. 2009). *Aedes aegypti* e *Ae. albopictus* são culicídeos amplamente dispersos pelo mundo e ainda em processo de expansão geográfica (Lounibos, 2002). Ambas as espécies são adaptadas ao ambiente peridoméstico onde se alimentam e realizam oviposição em diferentes criadouros artificiais e naturais (Lima-Camara et al. 2016, Honório et al. 2009).

Desde a reinfestação pelo *Ae. aegypti* na década de 70 e posteriormente o aparecimento das primeiras epidemias até os dias atuais, o Brasil apresenta surtos e eventos epidêmicos. O total estimado de casos notificados de dengue no país até o ano de 2017 foi de aproximadamente 12 milhões (Ministério da Saúde, 2018). Em 2017, segundo dados do Ministério da Saúde, foram notificados 252.054 casos suspeitos de dengue no país, distribuídos nos 27 estados da federação (Ministério da Saúde, 2018). O estado do Rio de Janeiro, historicamente apresenta altas taxas de incidência de dengue no Brasil. Registra epidemias desde 1986 o que resultou no isolamento do DENV-1 no município de Nova Iguaçu (Schatzmayr et al. 1986, Nogueira et al. 2007, Xavier et al, 2017). A cidade do Rio de Janeiro e sua região metropolitana são áreas onde historicamente as epidemias de dengue ocorrem de maneira frequente ao longo

dos anos (Gibson et al. 2013). É considerada a metrópole do dengue, por ser uma das áreas mais receptivas à manutenção e disseminação dos sorotipos do vírus dengue no país (Catão, 2011; Gibson et al. 2013). Adicionalmente, é importante ressaltar que o estado e a cidade do Rio de Janeiro apresentam altas densidades de *Ae. aegypti* nas áreas urbanas e estas são altamente susceptíveis aos vírus dengue (Honório et al. 2009; SMS/RJ, 2017).

Os padrões de transmissão dos vírus dengue são determinados pela combinação de diferentes fatores sociais e ambientais onde o hospedeiro humano, o vírus e o vetor estão inseridos (Kuno 1995). A cidade do Rio de Janeiro é marcada por uma grande heterogeneidade e complexidade do seu espaço urbano. O município apresenta alta densidade populacional, crescimento urbano desordenado, falta de infraestrutura, degradação ambiental e grande desigualdade socioespacial (Luz et al., 2003; Freitas et al. 2010). Estas características do território em conjunto com as condições climáticas contribuem para o estabelecimento e manutenção das epidemias e dificulta as ações de controle e prevenção do dengue (Braga & Valle, 2007; Gubler, 2011; Bouzid et al., 2014).

A forma como o espaço geográfico é conformado afeta significativamente os padrões de mobilidade humana, dando origem geralmente a núcleos de mobilidade altamente locais (Vazquez-Prokopec, et al. 2013). A utilização de grupos populacionais que diferem quanto a mobilidade, pode ser uma grande ferramenta na escolha de grupos populacionais, que se adequem a objetivos e agravos específicos (Perkins, 2016). Tanto a mobilidade humana como a imunidade, aos diferentes sorotipos dos vírus DENV, são considerados fatores de confundimento para a definição de áreas prioritárias para intervenção contra o dengue (Resendes, et al. 2010).

Sabe-se que as atuais estratégias de controle, principalmente do seu vetor primário, o *Ae. aegypti*, apresentam resultados limitados, (Codeço et al., 2015), pois os sistemas de saúde utilizam metodologias universais para todo o território, não levando em consideração as diferentes realidades locais. Neste sentido, definir áreas de maior risco para a intervenção é uma forma de racionalizar recursos e otimizar resultados.

Neste sentido, o presente estudo tem como objetivo investigar a presença de *clusters* espaço-temporais persistentes para o dengue na cidade do Rio de Janeiro em populações com mobilidade e imunidade distintas a partir dos dados de incidência de dengue, no período de 2008 a 2014. Foram utilizados dados de incidência da população acima de 5 anos (com maior mobilidade e mais exposta aos vírus do dengue ao longo do tempo) e da população de crianças até 5 anos (com menor mobilidade e menor probabilidade de ter sido exposta a diferentes sorotipos do vírus). Além de definir as regiões onde os *clusters* são persistentes, ou seja, se repetem ao longo dos anos, nos dois grupos populacionais analisados.

## **Materiais e métodos**

### **Área de Estudo**

A cidade do Rio de Janeiro, capital do estado do Rio de Janeiro, está situada na Região Sudeste do país e apresenta uma área de aproximadamente 1.197 Km<sup>2</sup> e uma população de 6.320.446 habitantes em 2010 (IBGE, 2011). A cidade está dividida em 10 áreas de planejamento, 33 regiões administrativas e 160 bairros (Figura 1). O clima é do tipo tropical quente e úmido, com variações locais devido a sua geomorfologia. A temperatura média anual é de 22°C e as chuvas variam de 1.200 a 1.800 mm anuais (SIURB, 2017)

A cidade do Rio de Janeiro apresenta grande complexidade geográfica, uma vez que as características topográficas, aliadas às peculiaridades do seu quadro litorâneo e a heterogeneidade espacial geradas pelo processo de uso e ocupação do solo urbano, fazem desta cidade um mosaico de paisagens e de contrastes sociais (Figura 1).



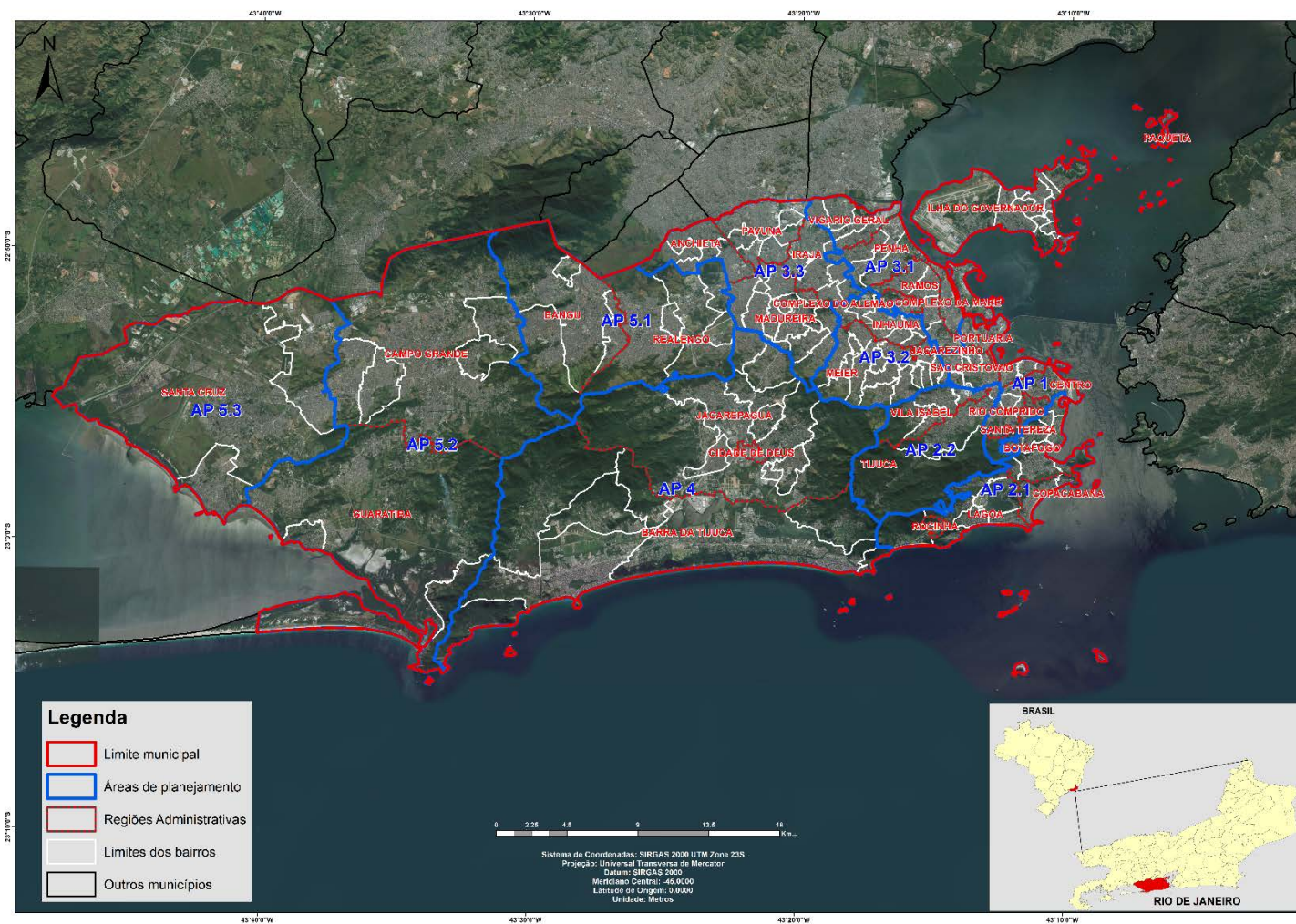


Figura 1: Mapa de localização e densidade populacional da cidade do Rio de Janeiro

Fonte dos dados: Censo 2010 - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

## **Dados epidemiológicos**

No presente estudo foram utilizados os casos notificados de dengue no período de 2008 a 2014 do município do Rio de Janeiro. Os dados foram adquiridos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) por meio do Programa Nacional de Controle da Dengue do Ministério da Saúde. Os dados foram tabulados por mês e ano para cada bairro tanto para a população de maiores de 5 anos quanto para o grupo populacional dos pré-escolares. Os dados populacionais brutos foram obtidos dos Censos Demográficos realizado no ano de 2000 e 2010 pelo Instituto de Geografia e Estatística do Brasil (IBGE 2003, 2011). Para os anos intercensitários foram calculadas estimativas populacionais para o município do Rio de Janeiro e seus bairros pelo método geométrico usando como base as populações dos anos 2000 e 2010.

## **Análise espaço-temporal**

Para a realização da análise espaço-temporal é necessário que a unidade espacial, no caso os bairros, seja transformada em único ponto, o centroide. Muitas vezes no processo de alocação dos centroides pelo método geométrico, os mesmos acabam sendo definidos em áreas fora dos núcleos demográficos. Desta maneira a representação do território perde precisão não retratando de fato como o espaço é ocupado (Figura 2A). Buscando mitigar esta questão foi realizada a adequação da localização dos centroides para as áreas de maior densidade populacional de cada bairro. Primeiro foi feita a classificação supervisionada (IBGE, 2013) de imagem de satélite Landsat 8 de 2014 (IRI, 2017), com objetivo de delimitar áreas ocupadas por população humana (Figura 2B). Em sequência com os dados de população referente a cada setor censitário foi realizada a análise de densidade de *Kernel* possibilitando assim a alocação dos centroides nas áreas de maior densidade populacional dentro da área ocupada de cada bairro (Figura 2 C e D). Na comparação dos dois métodos fica evidente o melhor ajuste a realidade territorial do método que utiliza a área ocupada e a densidade populacional em detrimento do que utiliza apenas os limites políticos administrativos (Figura 2 E e F)

Então foi realizada a análise espaço-temporal retrospectiva com a distribuição de probabilidade Poisson para identificar o *cluster* mais provável com alto risco para o dengue em cada ano do período de 2008 a 2014, para cada um dos dois grupos populacionais usados no estudo. Para isso, foi empregada a estatística de varredura Scan proposta por Kulldorff (1997) para detecção e identificação de *clusters* espaço-temporais com maior risco relativo, tendo o bairro como unidade espacial e o mês como unidade temporal.

Para evitar efeitos indesejados ligados a diferentes tamanhos de janela de varredura (Chen et al. 2008), foi utilizado o percentual de 20% da população total que possibilitou que o bairro mais populoso formasse conglomerado. Quanto ao fator temporal, foram utilizados os *clusters* que ocorram em até 50% do período do estudo, este valor é o padrão do programa e se mostrou válido para o estudo.

Para testar a hipótese nula que não existe diferença entre o risco relativo do dengue entre os bairros ao longo do tempo, utilizou-se a abordagem de Monte Carlo com 9999 repetições com nível de significância igual a 0,05. O teste de razão de verossimilhança (LLR) foi utilizado para avaliar a formação dos *clusters*. O *cluster* mais provável é o que possui o maior valor de LLR.

Para analisar a persistência espacial em ambos os grupos populacionais, os *clusters* definidos para cada ano foram mapeados e posteriormente sobrepostos e somados através da metodologia de álgebra de mapas. Um mapa síntese foi construído indicando quantas vezes no período do estudo cada bairro pertenceu a um cluster.

A metodologia Scan foi realizada no programa SaTSacan v9.4.2 (Kulldorff, 2009) e as técnicas de geoprocessamento, mapeamentos e metodologia de álgebras de mapas foram realizadas no programa ArcGis 10.2.



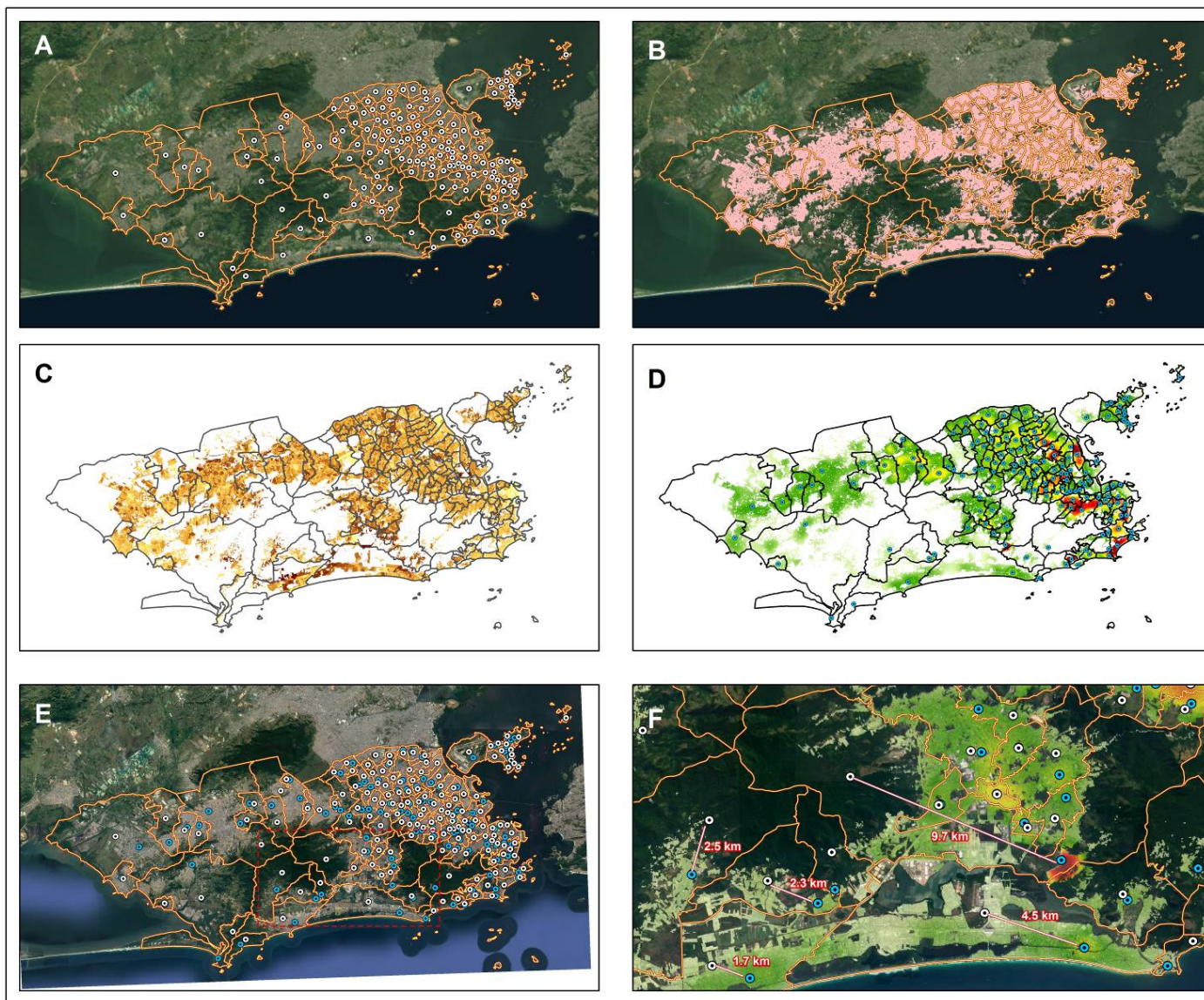


Figura 2: Mapa dos centroides dos bairros pelo método geométrico e reajustados com base na densidade populacional e na área ocupada (A- centroide geométrico dos bairros; B- Área ocupada dos bairros; C- população na área ocupada; D- centroides alocados pela e densidade populacional; E e F- comparação dos centroides pelo método geométrico e pelo método baseado na densidade populacional na área ocupada).

Fonte dos dados: Censo 2010 - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

## Resultados

Ao todo foram notificados na cidade do Rio de Janeiro 464.500 casos de dengue, sendo 32.749 no grupo populacional de até 5 anos de idade e 431.751 em maiores de 5 anos de idade. As taxas de dengue apresentaram o mesmo perfil ao longo dos anos em ambos os grupos populacionais, com quatro picos epidêmicos observados em 2008, 2011, 2012 e 2013 (Figura 3). Em 2008, houve a circulação predominante do sorotipo DENV-2, enquanto em 2011 o sorotipo DENV-1 e em 2012 e 2013 o sorotipo DENV-4 (Tabela 1).

Tabela 1: Série histórica da sorologia de dengue na cidade do Rio de Janeiro, período de 2002 a 2014.

Anos	Testes	Positivos	% Positivos	%DENV-1	%DENV-2	%DENV-3	%DENV-4
2002	710	558	78.6	7.2	0.9	<b>91.9</b>	0.0
2003	1471	88	6.0	2.3	1.1	<b>96.6</b>	0.0
2004	37	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2005	183	4	2.2	0.0	0.0	<b>100.0</b>	0.0
2006	3449	42	1.2	0.0	0.0	<b>100.0</b>	0.0
2007	3081	327	10.6	0.9	4.0	<b>95.1</b>	0.0
2008	1704	214	12.6	0.0	<b>82.7</b>	17.3	0.0
2009	3656	26	0.7	30.8	<b>65.4</b>	3.8	0.0
2010	1971	216	11.0	28.7	<b>68.1</b>	3.2	0.0
2011	1959	564	28.8	<b>79.3</b>	17.9	2.8	0.0
2012	2471	948	38.4	20.0	0.1	0.3	<b>79.6</b>
2013	1236	372	30.1	8.0	0.0	1.6	<b>90.4</b>
2014	1089	81	9.0	<b>65.4</b>	0.0	0.0	34.6

Fonte dos dados: Secretaria Municipal de Saúde (SMS, 2017)

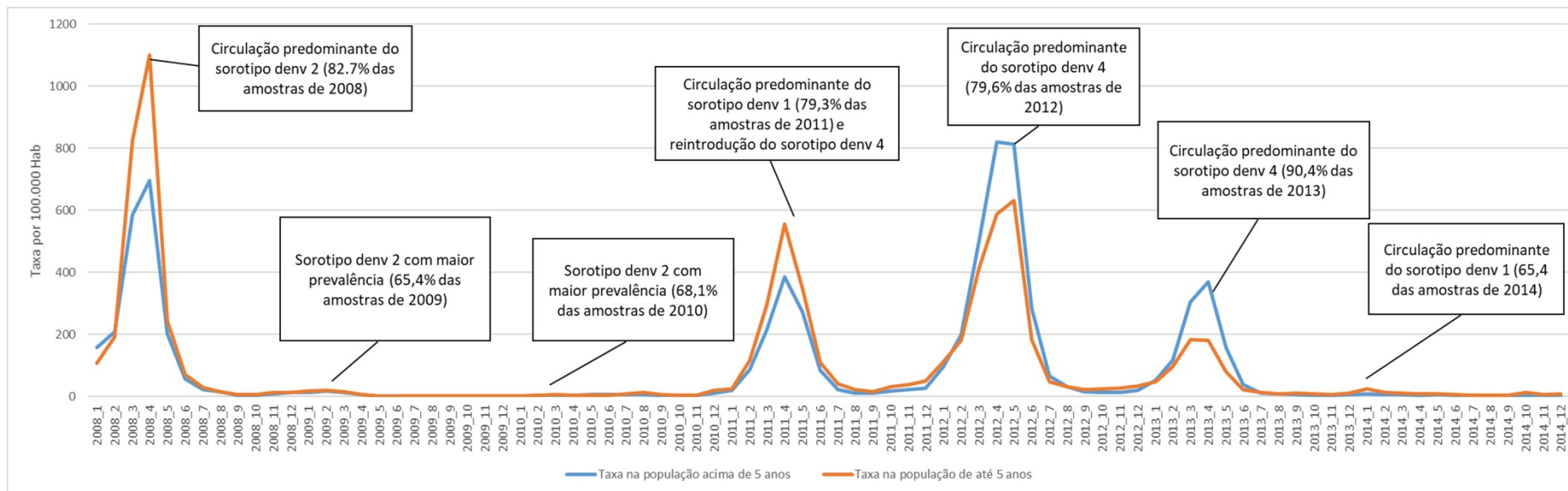


Figura 3: Evolução da taxa de incidência de dengue e sorotipos circulantes na cidade do Rio de Janeiro, período de 2008 a 2014.

Fonte dos dados: Secretaria Municipal de Saúde (SMS, 2017)

Na análise espaço-temporal realizada para o período de 2008 a 2014 os *clusters* mais prováveis tanto para a população de até cinco anos de idade como para a população acima de cinco anos de idade foram definidos e localizado nas zonas Norte e Oeste da cidade nos anos de 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 e 2014. Somente no ano de 2013 os *clusters* para ambas as populações foram localizados nas zonas Sul e Central da cidade.

Nos anos 2011, 2012 e 2013 os *clusters* definidos para cada população do estudo apresentaram localização e conformação espacial semelhantes na cidade. Nos anos 2008, 2009, 2010 e 2014 os *clusters* definidos para as diferentes populações não tiveram coincidência espacial. Ambos os *clusters* ao longo dos anos tiveram as mesmas janelas temporais definidas no primeiro semestre, com exceção para o ano de 2010 (Tabela 2, Figuras 4 e 5).

No grupo populacional com idade de até 5 anos, a Zona Oeste da cidade apresentou a maior área de risco persistente e em segundo a Zona Norte. A área de risco persistente localizada na Zona Oeste é composta por 7 bairros das regiões administrativas de Bangu, Campo Grande e Guaratiba. As localizadas na Zona Norte são compostas por 11 bairros localizados nas regiões administrativas da Tijuca, Ramos, Alemão e Inhaúma. (Figura 4).

No grupo populacional com idade acima dos 5 anos foi observado comportamento semelhante ao apresentado pelos pré-escolares, sendo a Zona Oeste a região da cidade com maior área de risco persistente, composta por 22 bairros as regiões administrativas de Bangu, Campo Grande e Guaratiba, seguida pela Zona Norte composta por 3 bairros localizados na região administrativa de Madureira. (Figura 5).



Tabela 2: Análise de clusters de casos notificados de dengue na cidade do Rio de Janeiro, período de 2008 a 2014.

<i>Clusters mais prováveis</i>							
<b>População pré-escolar (até 5 anos de idade)</b>							
<b>Ano</b>	<b>Áreas de Planejamento</b>	<b>Raio (Km)</b>	<b>Janela temporal</b>	<b>População</b>	<b>RR</b>	<b>LLR</b>	<b>p-valor</b>
2008	AP 4, AP 5.1 e AP 5.2	13.44 km	2008/3/1 até 2008/4/30	86191	6.8	2146.75	< 0.001
2009	AP 3.1, AP 3.2 e AP 3.3	5.89 km	2009/1/1 até 2009/3/31	72507	5.92	53.14	< 0.001
2010	AP 3.1	9.96 km	2010/7/1 até 2010/12/31	9125	6.95	25.35	< 0.001
2011	AP 5.2 e AP 5.3	18.69 km	2011/3/1 até 2011/5/31	84041	6.73	1732.45	< 0.001
2012	AP 5.1 e AP 5.2	10.64 km	2012/3/1 até 2012/5/31	82547	8.42	3250.80	< 0.001
2013	AP 1, AP 2.1 e AP 2.2	7.89 km	2013/2/1 até 2013/5/31	48135	5.98	467.40	< 0.001
2014	AP 1, AP 2.2 e AP 3.2	6.69 km	2014/1/1 até 2014/2/28	78353	4.32	34.75	< 0.001
<b>População acima de 5 anos de idade</b>							
<b>Ano</b>	<b>Áreas de Planejamento</b>	<b>Raio (Km)</b>	<b>Janela temporal</b>	<b>População</b>	<b>RR</b>	<b>LLR</b>	<b>p-valor</b>
2008	AP 4, AP 5.1, AP 3.2 e AP 3.3	6.96 km	2008/1/1 até 2008/4/30	1087479	4.35	15988.53	< 0.001
2009	AP 4, AP 5.1 e AP 5.2	18.73 km	2009/1/1 até 2009/3/31	848592	5.46	494.76	< 0.001
2010	AP 3.3	2.96 km	2010/12/1 até 2010/12/31	401796	4.7	72.20	< 0.001
2011	AP 5.1, AP 5.2, AP 5.3 e AP 4	19.80 km	2011/3/1 até 2011/5/31	1145249	6.43	15779.43	< 0.001
2012	AP 5.1 e AP 5.2	10.64 km	2012/3/1 até 2012/5/31	1085191	7.93	50635.28	< 0.001
2013	AP 1, AP 2.1 e AP 2.2	9.37 km	2013/3/1 até 2013/5/31	1209198	5.02	10130.68	< 0.001
2014	AP 5.1	4.92 km	2014/1/1 até 2014/4/30	608399	2.69	96.01	< 0.001

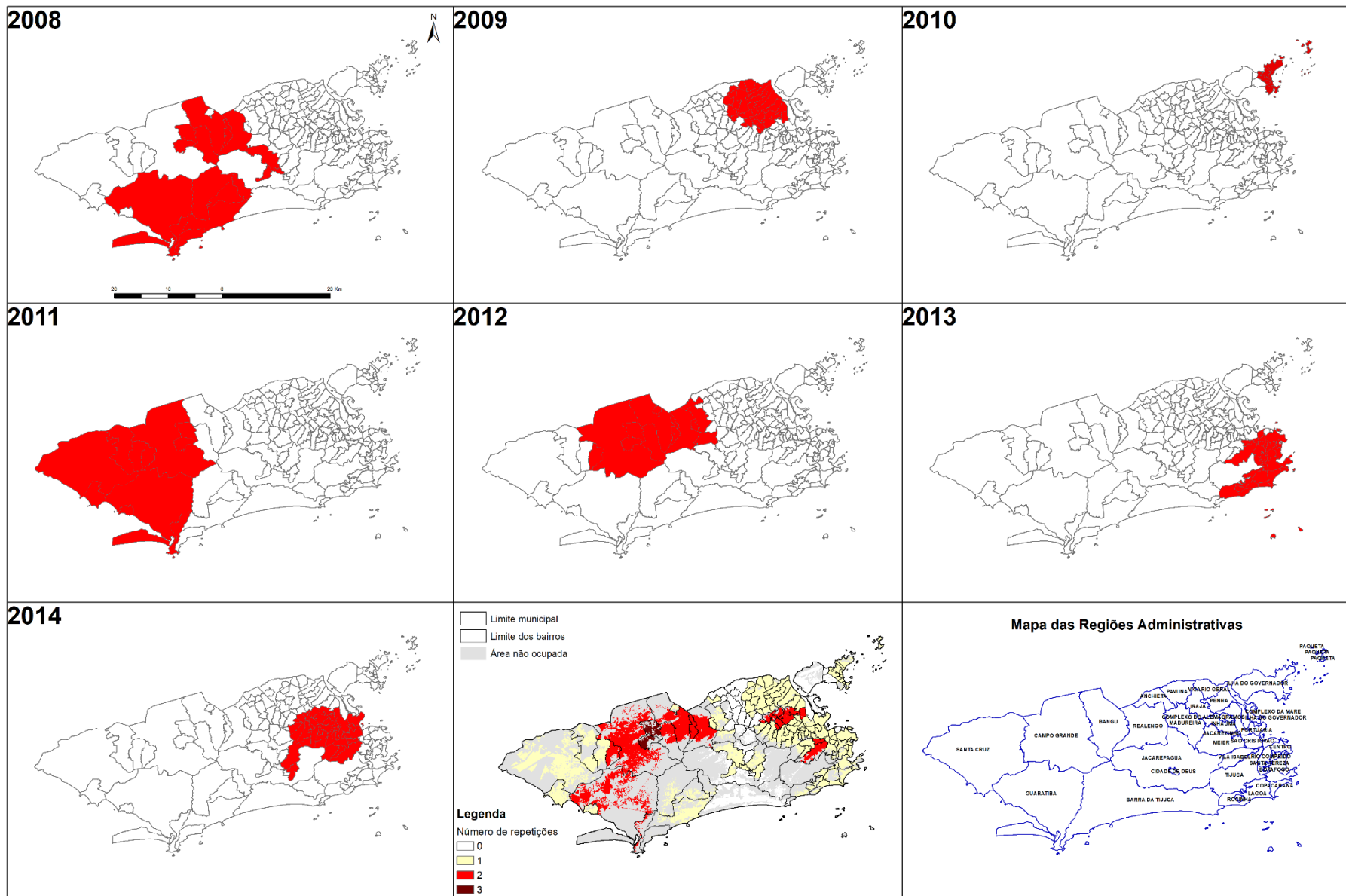


Figura 4: Mapa dos *clusters* das notificações de dengue na população de até 5 anos, Rio de Janeiro, período de 2008 a 2014.



## Discussão

Os resultados do presente estudo apontaram que as áreas de maior risco (*clusters*) persistente na cidade do Rio de Janeiro estão concentradas em regiões de baixo desenvolvimento social (Cavallieri, 2008) e zonas de avanço da ocupação urbana ainda não consolidada. Ainda revelou a influência do estado imunitário da população na distribuição geográfica da incidência e áreas de risco tendo estas concordâncias espaciais entres distintas populações somente quando estas apresentam o mesmo estado imunológico frente ao sorotipo predominante responsável pelos casos notificados no período em questão.

Diferentes grupos sociais tendem a se espacializar de maneira mais ou menos agrupada no território em função das suas semelhanças. Entender a dinâmica do território onde estes diferentes grupos estão inseridos é fundamental para o entendimento da distribuição espacial dos processos saúde-doença (Xavier et al., 2017). A cidade do Rio de Janeiro se apresenta como um mosaico heterogêneo de realidades territoriais, a análise numa escala geográfica maior como a de Zona possibilita a análise de características estruturais comuns, que podem ajudar a explicar a persistência de risco em algumas áreas ou zonas.

A Zona Oeste da cidade foi a região que apresentou o maior número de bairros com *clusters* detectados ao longo do período de estudo e em ambos os grupos populacionais analisados. Contudo, na população dos pré-escolares o número de bairros e a área total foram menores que na população acima de 5 anos de idade, o que pode estar relacionado a diferença de mobilidade dessas populações (Perkins et al, 2016). Sendo assim a Zona Oeste da cidade foi a que apresentou maior quantidade de áreas de risco persistentes no município.

A repetição de áreas compondo os *clusters* ao longo dos anos caracteriza assim um nível de persistência do risco em determinadas áreas ou zonas. Entender os processos estruturantes destas áreas persistentes através de variáveis que permitam compreender o espaço geográfico em transformação pode ajudar no entendimento dos determinantes do dengue no território (Kawa & Sabroza, 2002).

A Zona Oeste foi a última a ser incorporada no tecido urbano do município. O processo de transformação das áreas agrícolas em urbana se deu, em grande

parte, devido ao processo de estagnação dos estabelecimentos rurais, que foram sendo retalhados em lotes. Esse novo modo de ocupação desta área respondeu a diferentes lógicas de alternados agentes sociais modeladores do espaço urbano, levando a um constante processo de reorganização espacial (Kawa & Sabroza, 2002). É a área do município que apresenta a maior alteração recente em sua paisagem, seu território passa por um processo acelerado de crescimento e adensamento urbano não acompanhado de infraestrutura urbana (Almeida et al, 2009).

As Áreas de Planejamento 5.1 e 5.2 definidas como áreas de risco persistente apresentam baixos valores para o Índice de Desenvolvimento Social (IDS) em 2010, 0.57 e 0.56, respectivamente (Carvalho et al, 2017). É um indicador composto, que tem por objetivo medir o grau de desenvolvimento social de uma determinada área geográfica em comparação com outras de mesma natureza, quanto mais próximo do valor 1 maior o nível de desenvolvimento social (Cavallieri & Lopes, 2008). Estas áreas da cidade também apresentaram importante densidade vetorial no período de 2009 a 2014 com índices de infestação predial quase sempre entre 1% e 4% segundo o Levantamento de Índice Rápido para *Aedes aegypti* (LIRAA) realizado pela Secretaria Municipal de Saúde (SMS, 2017).

Os *clusters* identificados para cada ano do período do estudo apresentaram uma variabilidade espacial a nível de bairro ao longo dos anos nos dois grupos populacionais. A maioria dos bairros definidos como cluster num ano não se repetiam no ano seguinte e assim sucessivamente. Esta variabilidade espacial pode estar ligada a fatores conjunturais locais não controlados como: à dinâmica populacional do mosquito vetor, à imunidade da população, à mobilidade e ainda às mudanças de prioridade em relação às medidas de controle (Sabroza & Leal, 1992).

Posteriormente, a surtos e epidemias, a soroprevalência de anticorpos de dengue pode chegar a 80% da população, sendo a imunidade de rebanho um fator determinante para novas infecções (Siqueira-Junior et al, 2008). Como resultado a distribuição espacial dos casos de dengue pode variar conforme o estado imunológico que se encontra a população estudada num dado momento. No presente estudo foi observado que as áreas definidas como *clusters* não

coincidiam na maioria das vezes nos dois grupos populacionais, quando analisado ano a ano. Contudo nos anos de 2011, 2012 e 2013 quando o perfil imunológico frente ao sorotipo predominante no ano, era similar para os dois grupos os *clusters* definidos nas modelagens apresentaram grande coincidência espacial sendo idêntica em 2012.

No ano de 2011 a população dos pré-escolares era praticamente toda suscetível já que o sorotipo predominante neste ano foi o DENV-1, que não era predominante na cidade a pelo menos dez anos, além da introdução do DENV-4. O grande intervalo temporal da última epidemia causada predominantemente pelo DENV-1 também produziu um grande número de susceptíveis na população acima de 5 anos. No ano de 2012 o sorotipo predominante foi o DENV-4 que foi introduzido na cidade no ano de 2011, portanto ambas as populações apresentavam o mesmo perfil imunológico frente a este sorotipo nestes dois anos.

O fato de duas populações com mobilidades diferentes apresentarem a mesma localização para os *clusters* nos anos em que tiveram perfis imunológicos parecidos sugere que a definição espacial dos *clusters* ocorre mais em função da imunidade ou estoque de susceptíveis do que da mobilidade.

O perfil extremamente local das redes de deslocamento humano (Vazquez-Prokopec et al., 2013), bem como a redução da mobilidade quando se adoece de dengue (Perkins et al., 2016) pode ajudar a entender a semelhança da área dos *clusters* definidos nos anos de 2011, 2012 e 2013.

A utilização da estatística Scan para delimitar os *clusters* atribuindo significância estatística a estes, o alto grau de georreferenciamento dos casos notificados a nível de bairro e o deslocamento dos centroides de cada bairro para o centro demográfico do mesmo, via sensoriamento remoto, aumentaram a robustez das análises realizadas. No caso específico do deslocamento do centroide dos bairros, este processo agrega um grande valor a estudos que levem em consideração o espaço, já que busca retratar a realidade do território de maneira mais fidedigna.

Uma limitação do estudo diz respeito a utilização apenas dos dados de incidência no modelo estatístico. Modelos estatísticos mais robustos que

considerem variáveis explicativas poderiam contribuir para um melhor entendimento dos determinantes do dengue. Contudo a estratégia de utilizar apenas dados de incidência no modelo pode facilitar a implementação e o uso nos serviços de saúde, já que a incidência é um dos poucos dados que estão disponíveis quase que em tempo real para os gestores dos serviços de saúde.

Outra limitação é que os casos notificados de dengue, utilizados no estudo provavelmente, não contemplam todos os infectados. Sabe-se que no dengue uma grande parte das infecções são assintomáticas, somado a isso temos também a dificuldade no diagnóstico diferencial para dengue, já que a mesma possui sintomas similares com uma série de agravos (Fares et al, 2015). Além disso, os dados provenientes do Sistema de Informação de Agravos de Notificação do Ministério da Saúde são compostos por casos suspeitos e por alguns casos confirmados. Também destacamos o baixo percentual de sorotipagem realizadas, prejudicando assim a definição dos sorotipos circulantes.

A utilização de mapas na rotina da vigilância facilita a identificação dos elementos visíveis do território auxiliando no entendimento das realidades locais (Barcellos & Bastos, 1996). A análise espacial tem como grande fortaleza possibilitar, a fácil e rápida identificação e visualização das áreas com diferentes realidades e por consequência expostas níveis distintos de risco (Souza-Santos & Carvalho, 2000).

O combate ao dengue não se configura em tarefa simples, uma vez que sua ocorrência, seja na forma clássica ou na forma grave, envolve fatores sociais, econômicos, ambientais, oferta de serviços de saúde e o estado imunológico da população (Barbosa & Lourenço, 2010). O uso de técnicas de análise espacial neste estudo, em especial a estatística Scan, possibilitou a identificação de áreas de maior risco que se repetiam ao longo do tempo. Desta maneira esta metodologia pode ser utilizada para auxiliar as atividades de vigilância em saúde do dengue nos municípios para estratégias diferenciadas no território em função do risco e de recorrência de cada área.

Destacamos que a utilização de populações com alto percentual de suscetíveis como: populações com pouca idade ou população total dos anos



epidêmicos com a entrada de novos sorotipos, são teoricamente mais adequadas para o estudo territorial do dengue. Estas populações têm maior probabilidade de expressar as áreas de maior risco de transmissão já que o fator de confundimento da imunidade é minimizado nestes casos.

## **Bibliografia**

ALMEIDA, Andréa Sobral de; MEDRONHO, Roberto de Andrade; VALENCIA, Luís Iván Ortiz. Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ. **Revista de Saúde Pública**, v. 43, p. 666–673, 2009.

BARBOSA, Gerson Laurindo; LOURENÇO, Roberto Wagner. Análise da distribuição espaço-temporal de dengue e da infestação larvária no município de Tupã, Estado de São Paulo. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 43, n. 2, p. 145–151, 2010.

BARCELLOS, Christovam; BASTOS, Francisco Inácio. Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível? **Cadernos de Saúde Pública**, v. 12, n. 3, p. 389–397, 1996.

BHATT, Samir; GETHING, Peter W.; BRADY, Oliver J.; *et al.* The global distribution and burden of dengue. **Nature**, v. 496, n. 7446, p. 504–507, 2013.

BOUZID, Maha; COLÓN-GONZÁLEZ, Felipe J.; LUNG, Tobias; *et al.* Climate change and the emergence of vector-borne diseases in Europe: case study of dengue fever. **BMC public health**, v. 14, n. 1, p. 1, 2014.

BRAGA, Ima Aparecida; VALLE, Denise. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. **Epidemiologia e serviços de saúde**, v. 16, n. 2, p. 113–118, 2007.

CÂMARA, Fernando Portela; GOMES, Adriana Fagundes; SANTOS, Gualberto Teixeira dos; *et al.* Clima e epidemias de dengue no Estado do Rio de Janeiro. **Rev Soc Bras Med Trop**, v. 42, n. 2, p. 137–40, 2009.

CARVALHO, Sílvia; MAGALHÃES, Mônica De Avelar Figueiredo Mafra; MEDRONHO, Roberto De Andrade. Analysis of the spatial distribution of dengue cases in the city of Rio de Janeiro, 2011 and 2012. **Revista de Saúde Pública**, v. 51, 2017.

CATÃO, Rafael de Castro. **Dengue no Brasil: abordagem geográfica na escala nacional**. UNESP, Presidente Prudente, 2011.

CAVALLIERI, Fernando; LOPES, Gustavo Peres. Índice de Desenvolvimento Social - IDS: comparando as realidades microurbanas da cidade do Rio de Janeiro. **Coleção Estudos Cariocas**, p. 14, 2008.

CHEN, Jin; ROTH, Robert E; NAITO, Adam T; *et al.* Geovisual analytics to enhance spatial scan statistic interpretation: an analysis of U.S. cervical cancer mortality. **International Journal of Health Geographics**, v. 7, n. 1, p. 57, 2008.

CODEÇO, Claudia T.; LIMA, Arthur W. S.; ARAÚJO, Simone C.; *et al.* Surveillance of *Aedes aegypti*: Comparison of House Index with Four Alternative Traps. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 9, n. 2, p. e0003475, 2015.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). ArcGIS Professional GIS for the desktop, versão 10.2.2, 2014.

FARES, Rafaelle C. G.; SOUZA, Katia P. R.; AÑEZ, Germán; *et al.* Epidemiological Scenario of Dengue in Brazil. **BioMed Research International**, v. 2015, p. 1–13, 2015.

FREITAS, Maria Gorete Rosa; TSOURIS, Pantelis; REIS, Izabel Cristina; *et al.* DENGUE AND LAND COVER HETEROGENEITY IN RIO DE JANEIRO. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 03, p. 641–667, 2010.

GIBSON, Gerusa; SOUZA-SANTOS, Reinaldo; BRASIL, Patrícia; *et al.* From primary care to hospitalization: clinical warning signs of severe dengue fever in children and adolescents during an outbreak in Rio de Janeiro, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, n. 1, p. 82–90, 2013.

GUBLER, Duane J. Dengue, Urbanization and Globalization: The Unholy Trinity of the 21st Century. **Tropical Medicine and Health**, v. 39, n. 4SUPPLEMENT, p. S3–S11, 2011.

GURUGAMA, Padmalal; GARG, Pankaj; PERERA, Jennifer; *et al.* Dengue viral infections. **Indian Journal of Dermatology**, v. 55, n. 1, p. 68, 2010.

HALSTEAD, SB. Pathogenesis of dengue: challenges to molecular biology. **Science**, v. 239, n. 4839, p. 476, 1988.

HALSTEAD, Scott B. Dengue Virus–Mosquito Interactions. **Annual Review of Entomology**, v. 53, n. 1, p. 273–291, 2007.

HONÓRIO, Nildimar Alves; CÂMARA, Daniel Cardoso Portela; CALVET, Guilherme Amaral; *et al.* Chikungunya: uma arbovirose em estabelecimento e expansão no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 31, n. 5, p. 906–908, 2015.

HONÓRIO, Nildimar Alves; CASTRO, Márcia Gonçalves; BARROS, Fábio Saito Monteiro de; *et al.* The spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a transition zone, Rio de Janeiro, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, n. 6, p. 1203–1214, 2009.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2000 Agregado por Setores Censitários dos Resultados do Universo. 2003. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/>>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. 2011. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Org.). **Manual técnico de uso da terra**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística--IBGE, 2013. (Manuais técnicos em geociências, número 7).

IPP, Instituto Pereira Passos. **Rio em síntese**. Disponível em: <[http://apps.data.rio/datarioresources/arquivos/RIOemSINTESE\\_2017\\_portugues.pdf](http://apps.data.rio/datarioresources/arquivos/RIOemSINTESE_2017_portugues.pdf)>.

IRI, International Research Institute for Climate and Society. **IRI/LDEO Climate Data Library**. Disponível em: <<http://iridl.ldeo.columbia.edu/>>.

KAWA, Helia; SABROZA, Paulo Chagastelles. Espacialização da leishmaniose tegumentar na cidade do Rio de Janeiro. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 18, n. 3, p. 853–865, 2002.

KULLDORFF, Martin. A spatial scan statistic. **Communications in Statistics - Theory and Methods**, v. 26, n. 6, p. 1481–1496, 1997.

KULLDORFF, M. and Information Management Services, Inc. SaTScan™ v9.4.2: Software for the spatial and space-time scan statistics. [www.satscan.org], 2009.

KUNO, Goro. Review of the Factors Modulating Dengue Transmission. **Epidemiologic Reviews**, v. 17, n. 2, p. 321–335, 1995.

LIMA-CAMARA, Tamara Nunes. Emerging arboviruses and public health challenges in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 50, n. 0, 2016.

LING, Cheong Yoon. Dengue disease in Malaysia: Vulnerability mapping and environmental risk assessment. p. 135, 2015.

LINNAEUS, Carl von. **Species plantarum :exhibentes plantas rite cognitae, ad genera relatas, cum differentiis specificis, nominibus trivialibus, synonymis selectis, locis natalibus, secundum systema sexuale digestas.** [s.l.: s.n.], 1762.

LOUNIBOS, L. Philip. INVASIONS BY INSECT VECTORS OF HUMAN DISEASE. **Annual Review of Entomology**, v. 47, n. 1, p. 233–266, 2002.

LOWE, Rachel; BARCELLOS, Christovam; BRASIL, Patrícia; *et al.* The Zika Virus Epidemic in Brazil: From Discovery to Future Implications. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 1, p. 96, 2018.

LUZ, Paula Mendes; CODEÇO, Cláudia Torres; MASSAD, Eduardo; *et al.* Uncertainties Regarding Dengue Modeling in Rio de Janeiro, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 7, p. 8, 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Secretaria de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico: Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e febre pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 53, 2017. 2018. Disponível em: <<http://portalms.saude.gov.br/boletins-epidemiologicos>>.

NOGUEIRA, Rita Maria Ribeiro; ARAÚJO, Josélio Maria Galvão de; SCHATZMAYR, Hermann Gonçalves. Dengue viruses in Brazil, 1986-2006. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 22, n. 5, p. 358–363, 2007.

NOGUEIRA, Rita MR; EPPINGHAUS, Ana LF. Dengue virus type 4 arrives in the state of Rio de Janeiro: a challenge for epidemiological surveillance and control. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 106, n. 3, p. 255–256, 2011.

OMS, WHO/Department of control of neglected tropical diseases. **Sustaining the drive to overcome the global impact of neglected tropical diseases**. [s.l.: s.n.], 2013.

PERKINS, T. Alex; PAZ-SOLDAN, Valerie A.; STODDARD, Steven T.; *et al.* Calling in sick: impacts of fever on intra-urban human mobility. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 283, n. 1834, p. 20160390, 2016.

RESENDES, Ana Paula da Costa; SILVEIRA, Nelson Artur Prado Rodrigues da; SABROZA, Paulo Chagastelles; *et al.* Determinação de áreas prioritárias para ações de controle da dengue. **Revista de Saúde Pública**, v. 44, n. 2, p. 274–282, 2010.

SABROZA, Paulo Chagastelles; LEAL, Maria do Carmo. Saúde, ambiente e desenvolvimento: alguns conceitos fundamentais. *In*: **Saúde, ambiente e desenvolvimento**. Rio de Janeiro, RJ: HUCITEC-ABRASCO, 1992, v. 1, p. 45–94.

SAN PEDRO, Alexandre; SOUZA-SANTOS, Reinaldo; SABROZA, Paulo Chagastelles; *et al.* Condições particulares de produção e reprodução da dengue em nível local: estudo de Itaipu, Região Oceânica de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, n. 9, p. 1937–1946, 2009.

SCHATZMAYR, Herman; NOGUEIRA, Rita Maria R; ROSA, Amélia. An outbreak of dengue virus at Rio de Janeiro–1986. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 81, n. 2, p. 245–246, 1986.

SIQUEIRA-JUNIOR, João B; MACIEL, Ivan J; BARCELLOS, Christovam; *et al.* Spatial point analysis based on dengue surveys at household level in central Brazil. **BMC Public Health**, v. 8, n. 1, 2008.

SIURB, Instituto Pereira Passos. **Sistema Municipal de Informações Urbanas**. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/ipp/siurb>>.

SMS, Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro. Apresentação do centro de vigilância epidemiológica sobre situação das arboviroses na cidade do Rio de Janeiro. *In*: Rio de Janeiro, RJ: [s.n.], 2017.

SOUZA-SANTOS, Reinaldo; CARVALHO, Marília Sá. Análise da distribuição espacial de larvas de *Aedes aegypti* na Ilha do Governador, Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 16, n. 1, p. 31–42, 2000.

TEIXEIRA, Maria Glória; SIQUEIRA, João Bosco; FERREIRA, Germano L. C.; *et al.* Epidemiological Trends of Dengue Disease in Brazil (2000–2010): A Systematic Literature Search and Analysis. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 7, n. 12, p. e2520, 2013.

TEIXEIRA, Tatiana Rodrigues de Araujo. **Análise espacial e temporal da dengue no contexto sócio-ambiental do município do Rio de Janeiro, 1996-2006**. Dissertação de mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, RJ, 2009.

VAZQUEZ-PROKOPEC, Gonzalo M.; BISANZIO, Donal; STODDARD, Steven T.; *et al.* Using GPS Technology to Quantify Human Mobility, Dynamic Contacts and Infectious Disease Dynamics in a Resource-Poor Urban Environment. **PLoS ONE**, v. 8, n. 4, p. e58802, 2013.

WEAVER, Scott C.; REISEN, William K. Present and future arboviral threats. **Antiviral Research**, v. 85, n. 2, p. 328–345, 2010.

XAVIER, Diego Ricardo; MAGALHÃES, Mônica de Avelar Figueiredo Mafrá; GRACIE, Renata; *et al.* Difusão espaço-tempo do dengue no Município do Rio de Janeiro, Brasil, no período de 2000-2013. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, n. 2, 2017.



## 8.2. Manuscrito 2

Título:

Um olhar sobre o espaço urbano habitado: uso e ocupação do solo, ilhas de calor e urbanização como determinantes da receptividade territorial a dengue na cidade do Rio de Janeiro

## RESUMO

**Introdução:** As arboviroses são graves problemas de saúde pública com altas taxas de morbidade e mortalidade. As alterações do ambiente natural e antrópico causadas pelo crescimento urbano desordenado e pelas mudanças climáticas são alguns dos fatores para a emergência e disseminação de arboviroses dentre elas se destaca o dengue. O estabelecimento e espalhamento das epidemias de dengue no espaço urbano depende da conformação e da forma de ocupação do território, além da mobilidade humana e da imunidade da população. O Rio de Janeiro é a segunda maior cidade do país, marcada por uma forte segregação socioespacial, diversidade de uso e ocupação do solo, e paisagens. A complexidade do dengue exige a construção de ferramentas de combate a arboviroses que levem os processos históricos (sociais e ambientais) mediados no território como eixo norteador. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo a estratificação da cidade do Rio de Janeiro em áreas de receptividade ao dengue, através de “indicadores territoriais” construídos em função da ocupação do território. **Métodos:** Foram concebidos e construídos 17 indicadores que buscaram caracterizar o espaço habitado da cidade em função da sua receptividade ao dengue. Foram utilizados dados referentes ao uso e ocupação do solo, matriz de vizinhança, clima e a paisagem. Dimensões da receptividade ao dengue foram criadas através da Análise de Componentes Principais e para criação do índice de receptividade ao dengue foi empregada a Análise de Multicritério e álgebra de mapas. **Discussão:** O mapa de receptividade apontou áreas de concentração de processos urbanos que estão relacionados à incidência de dengue e a densidade vetorial. As áreas de maior receptividade ficaram concentradas na transição das zonas Norte e Oeste da cidade, região de expansão urbana não consolidada da cidade. O índice de receptividade se mostrou positivamente correlacionado à taxa de incidência para os anos epidêmicos e negativamente para os demais anos. As áreas de maior receptividade concentram as maiores incidências nos anos epidêmicos e baixas incidências nos anos posteriores aos epidêmicos, possivelmente devido a imunidade coletiva adquirida nos anos anteriores.

**Palavras-chave:** Arbovirose; Dengue; Receptividade; Território; Rio de Janeiro

## Introdução

As arboviroses são consideradas graves problemas de saúde pública em escala global por conta das altas taxas de morbidade e mortalidade, além do avanço para novas áreas geográficas (Weaver & Reisen, 2010; Honório et al., 2015; Lima-Camara, 2016; Lowe et al. 2018). A modificação do ambiente por ações antrópicas, o crescimento urbano desordenado, o processo de globalização e as mudanças climáticas são alguns vetores modeladores do espaço que criam condições ecológicas favoráveis para a emergência e disseminação de doenças infecciosas humanas transmitidas por vetores como por exemplo, dengue, chikungunya, Zika e febre amarela (Kuno, 1995; Lima-Camara, 2016; Braack et al., 2018).

O dengue é a arbovirose com maior incidência mundial com estimativas de 390 milhões de casos anuais. As taxas de incidência dessa arbovirose no mundo vem aumentando juntamente com a expansão territorial das áreas de transmissão (Bhatt et al., 2013). Após a introdução do vírus, o estabelecimento e espalhamento das epidemias de dengue nas cidades dependem da conformação e da forma de ocupação do território, além da mobilidade humana e da imunidade da população (Randolph & Rogers, 2010). Portanto, o reconhecimento, a descrição e a representação detalhada do território, é uma etapa muito importante nos estudos epidemiológicos sobre a dinâmica de transmissão das doenças. Contudo nem sempre é feita considerando a devida complexidade de como os determinantes se expressão no território.

O espaço urbano, através da sua complexidade, se configura como um espaço heterogêneo, fragmentado e disperso, com diferentes usos e conteúdos sociais. Contudo, o território urbano apresenta grande conexão e interligação entre os diferentes lugares. A cidade se conecta através das redes econômicas, conectando o circuito superior da economia urbana, baseado em alta tecnologia e fluxo de informação, com o circuito inferior que é calcado em baixa tecnologia e trabalho intensivo, muitas vezes informal (Santos, 2008).

Atualmente, as cidades são grandes mosaicos socioambientais de lugares segregados, com diferentes realidades locais expressas no espaço, promovendo condições particulares para a produção e reprodução de diferentes agravos. Na

saúde das populações, em especial, isto ocorre também de modo variado no espaço e no tempo envolvendo uma complexa cadeia de situações e eventos (Sabroza & Leal, 1992). Segundo Barcellos et al. (2002) a doença pode ser considerada uma manifestação individual, contudo a situação de saúde é uma manifestação resultante do espaço vivido e habitado.

Sítio e situação são conceitos associados à ocorrência de epidemias em cidades, uma vez que o ambiente, tanto natural, quanto construído pela sociedade, criam condições de receptividade e vulnerabilidade para o estabelecimento de epidemias. O Rio de Janeiro é a segunda maior cidade do país, marcada por uma forte segregação socioespacial, diversidade de uso e ocupação do solo, e paisagens. Seu sítio é caracterizado pela presença de remanescentes mata atlântica, vales e baixadas sedimentares, pela influência do litoral atlântico e pelo relevo acidentado. Estas condições podem produzir no interior da cidade, locais com maior ou menor receptividade para a introdução e manutenção do dengue no espaço urbano. A cidade do Rio de Janeiro historicamente apresenta sucessivas epidemias de dengue, desempenhando papel importante na maioria das grandes epidemias de dengue no país, assim como na introdução e dispersão de novos sorotipos (Nogueira et al. 2007, Fares et al., 2015).

No Brasil, a partir dos anos 1980, o conceito de território foi considerado categoria central na operacionalização das ações de vigilância em saúde voltado para a observação e contextualização dos determinantes sociais e ambientais da saúde (Monken & Barcellos, 2005). Contudo o conceito na maioria das vezes é subutilizado pelo uso apenas na forma da divisão político administrativa para representar o espaço, por meio de indicadores obtidos dos Censos Demográficos (Flauzino et al., 2009). Em geral não se busca nenhum refinamento na produção dos dados que expresse o real padrão de uso, ocupação e a complexidade que conforma o território. Com os avanços das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto é possível delimitar e representar outros processos presentes no território, de acordo com os determinantes socioambientais do agravo a ser estudado.

As áreas com as maiores taxas para arboviroses no Brasil e no Rio de Janeiro se concentram em geral nos mesmos territórios onde o dengue incide há

muitos anos. Este fato evidencia o possível fracasso das estratégias vigentes de enfrentamento das arboviroses, que estão basicamente focadas no combate ao vetor, não considerando os determinantes sociais, ambientais e territoriais da saúde (Gondin, 2011). Por isso, é importante a construção de ferramentas de enfrentamento a arboviroses que se contraponha a esse modelo, entendendo o processo saúde-doença como resultante de processos históricos: sociais e ambientais mediados no território. A vigilância em saúde deve ter base territorial, incorporando a determinação social e ambiental como eixo norteador.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo a estratificação da cidade do Rio de Janeiro em áreas de receptividade ao dengue, através de “indicadores territoriais” que levem em consideração na sua construção a efetiva realidade da ocupação do território.

## **Metodologia**

### **Área de Estudo**

A cidade do Rio de Janeiro, capital do Estado do Rio de Janeiro, está situada a 22°54'23" de latitude sul e 43°10'21" de longitude oeste. Localizada na Região Sudeste do país apresenta uma área de aproximadamente 1.197 Km<sup>2</sup> e população de 6.320.446 habitantes em 2010 (IBGE, 2011). A cidade do Rio de Janeiro apresenta grande heterogeneidade espacial gerada pelo processo de uso e ocupação do solo urbano além das suas características fisiográficas peculiares, fazendo desta cidade um mosaico de paisagens urbanas e ambientais contrastantes (Lessa, 2000) (Figura 1).

### **Desenho do Estudo**

Foi realizado um estudo ecológico de base territorial tendo o bairro como unidade espacial de análise. Esta escala foi escolhida pela facilidade de obtenção e agregação de dados socioeconômicos, epidemiológicos e também por representar bem a territorialização de uso popular da cidade. Neste trabalho o espaço habitado da cidade foi caracterizado enquanto sua receptividade ao dengue.



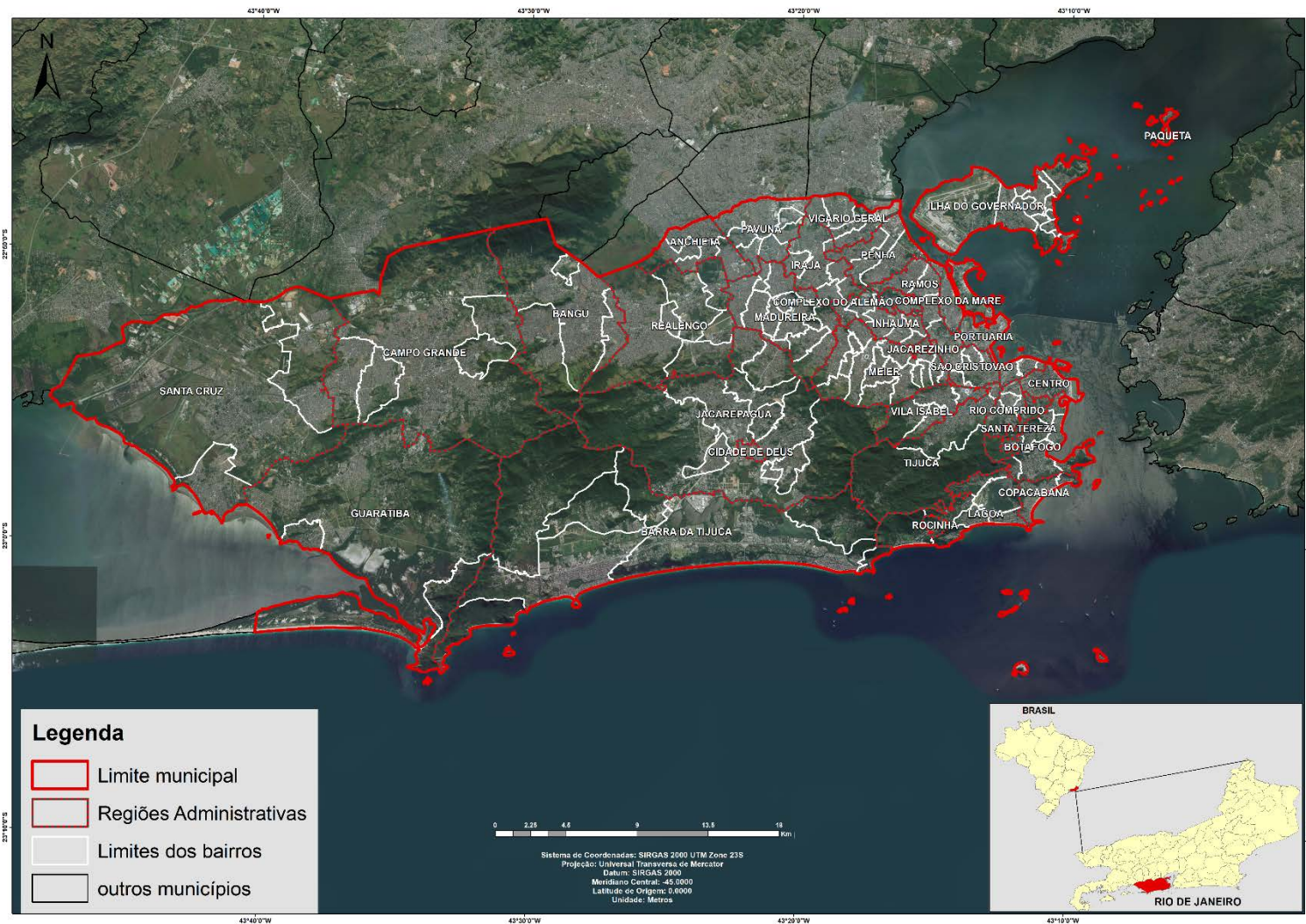


Figura 1: Mapa de localização da cidade do Rio de Janeiro com suas divisões político-administrativas.

## **Fonte dos Dados**

**Dados epidemiológicos:** Dados sobre notificação de casos de dengue foram obtidos por meio do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) do Ministério da Saúde do período de 2008 a 2014.

**Dados entomológicos:** Os dados sobre infestação por mosquitos do gênero *Aedes* foram obtidos com base no monitoramento com armadilhas de oviposição (ovitrampas) cedidos pela Secretaria Municipal de Saúde da cidade do Rio de Janeiro do período de 2013 a 2014.

**Dados socioeconômicos:** Os dados socioeconômicos foram provenientes do Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011).

**Dados espaciais:** Os dados espaciais da cidade foram obtidos do Instituto Pereira Passos (SIURB, 2017) da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro e as imagens de satélite (Landsat 8 e Modis) foram adquiridas através da plataforma do International Research Institute for Climate and Society (IRI, 2017) do Instituto da Terra da Universidade de Columbia.

## **Construção dos Indicadores**

Foram concebidos e construídos 17 indicadores, baseados nos determinantes socioambientais para o dengue (Tabela 1). Estes indicadores buscam caracterizar o espaço habitado da cidade e sua receptividade ao dengue. Os indicadores foram agregados pelos 160 bairros da cidade do Rio de Janeiro, considerando apenas suas porções efetivamente ocupadas por população humana, com o objetivo de retratar de maneira mais adequada a realidade territorial do município.

A área efetivamente ocupada da cidade consiste nas áreas com construções antrópicas. Para o mapeamento desta área para cada bairro, inicialmente utilizamos a metodologia de “Classificação Supervisionada” de uma imagem do satélite Landsat 8 e posteriormente refinada por interpretação visual. Essa interpretação consiste na vetorização manual das classes de interesse. No processo de refinamento da classificação, delimitamos a área residencial dentro da área efetivamente ocupada, através da exclusão das áreas



dos equipamentos públicos tais como escolas, cemitérios, aeroporto, porto e outros. Esses dois mapeamentos foram usados como base para a construção da maioria dos indicadores utilizados neste estudo.

Duas matrizes de proximidade espacial também chamada de matriz de vizinhança foram construídas, ambas baseadas em contiguidade. A primeira considerou a malha cartográfica de bairros político administrativa e a segunda levou em consideração a malha cartográfica da área ocupada dos bairros. (Fig. 2) . A matriz construída com base na área ocupada foi utilizada na construção de dois indicadores que refletem de maneira mais adequada as conexões entre os bairros.

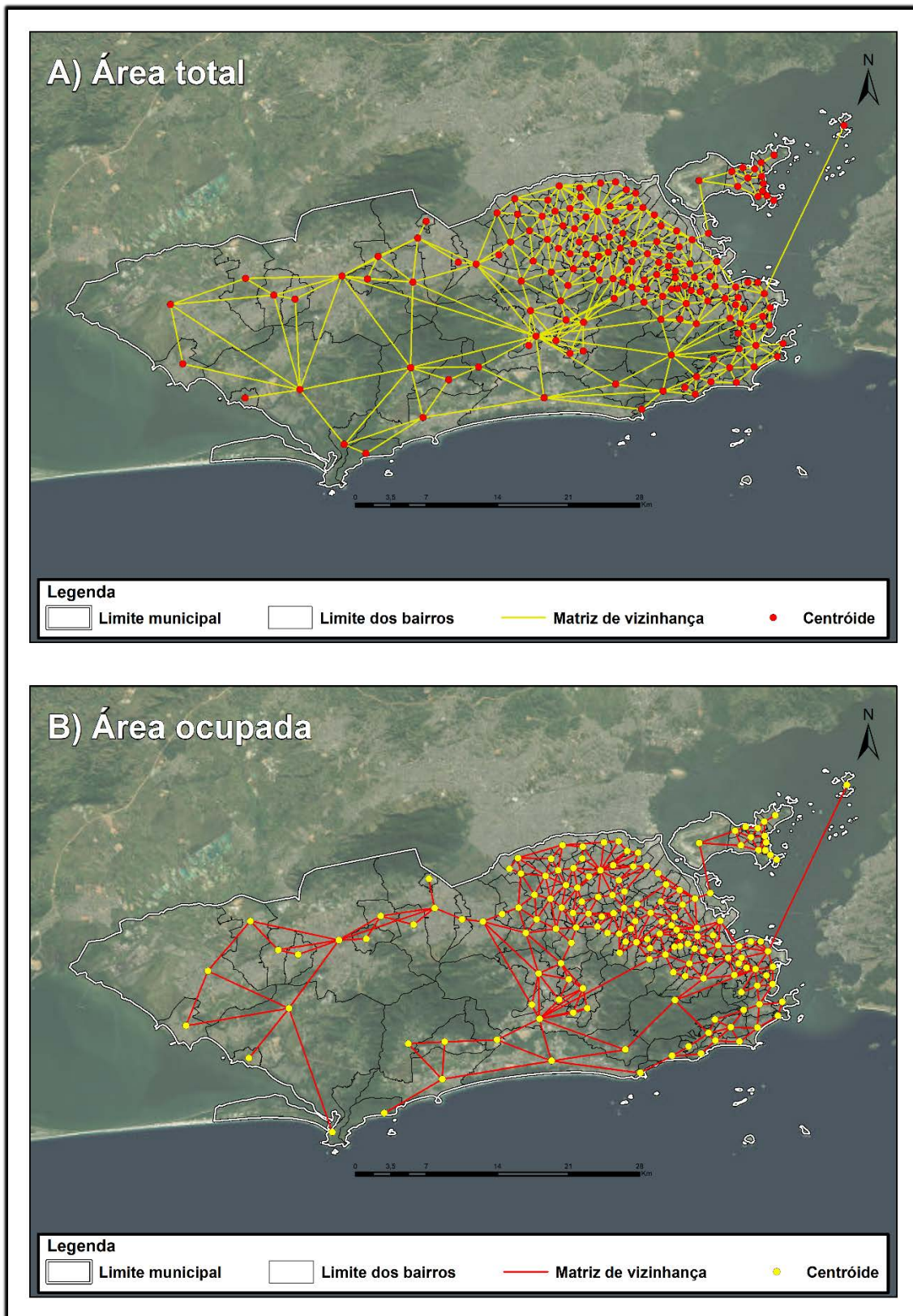


Figura 2: Matrizes de vizinhança com base na área total e na área ocupada da cidade do Rio de Janeiro.

Para a construção dos indicadores, foram utilizados dados referentes ao uso e ocupação do solo, matriz de vizinhança, clima e a paisagem da cidade buscando assim contemplar a complexidade do processo de saúde-doença do dengue na cidade.

Os seguintes indicadores foram construídos:

- Percentual de área ocupada (Ind 01):

Com base no mapeamento da área efetivamente ocupada, foi construído o indicador: percentual de área efetivamente ocupada em relação a área total correspondente aos limites político administrativos de cada bairro.

- Percentual de área residencial (Ind 02):

Através do mapeamento da área residencial foi construído o indicador: percentual de área residencial em relação a área total de cada bairro.

- Densidade demográfica líquida (Ind 03):

Esse indicador é calculado pela razão entre a população total residente para cada bairro e a área residencial de cada bairro.

- Percentual de área de aglomerados subnormais (Ind 04):

Na construção deste indicador foi utilizada a malha de aglomerados subnormais produzida pela atualização das bases do IBGE e da prefeitura (IPP, 2017), através da busca ativa de localidades com características de aglomerados subnormais através interpretação visual de imagens de satélite. São considerados como aglomerados subnormais as áreas de ocupação irregular, com grande densidade de construções residenciais improvisadas. No Rio de Janeiro, a maior parte destas áreas correspondem a favelas (IBGE, 2011). A partir desta base cartográfica construída foi calculado o percentual de área de aglomerados subnormais em relação a área residencial de cada bairro.

- Percentual de área de pontos estratégicos (Ind 05):

A delimitação dos pontos estratégicos, como cemitérios, borracharias, depósitos e outros estabelecimentos que representam macro-focos potenciais do vetor, foi realizada através da georreferenciamento do banco de endereços destes pontos fornecido pela prefeitura e posterior vetorização da área do entorno de cada ponto pela metodologia de interpretação visual de imagens de satélite. De posse desta malha cartográfica foi calculado percentual de área de pontos estratégicos em relação a área ocupada de cada bairro.

- Verticalização média dos edifícios (Ind 06):

Foi construído através do cálculo da média das altimetrias de todas as edificações de cada bairro. Os dados de altimetria são oriundos de mapeamento a laser (Lidar) realizado e adquiridos junto ao Instituto Pereira Passos da prefeitura da cidade do Rio de Janeiro (SIURB, 2017).

- Percentual de áreas verdes (Ind 07):

Os dados de áreas com vegetação foram obtidos pelo mapeamento do uso do solo feito por meio da metodologia de interpretação visual. Para tal, foi utilizada uma imagem de satélite com resolução espacial de 0,5 metro. A vegetação foi classificada em diferentes classes e posteriormente foi calculado o percentual de vegetação de mata atlântica (excluídos os parques e praças) em relação a área total de bairro.

- Número de bairros vizinhos (Ind 08):

O número de vizinhos de cada bairro foi calculado com base na contiguidade considerando a malha cartográfica da área ocupada.

- Comprimento da linha de fronteira (Ind 09):

Para cada bairro foi calculado o comprimento da linha de fronteira com outros bairros tendo como base a malha cartográfica da área ocupada.

- Temperatura média diurna (Ind 10) e noturna (Ind 11):

Os dados referentes à temperatura de superfície foram adquiridos de imagens do satélite Modis para o período de 2008 a 2014 (IRI, 2017). Os valores das temperaturas diurnas e noturnas, foram obtidos em formato raster, com células de 1000 metros por 1000 metros, foram agregados segundo o limite das áreas ocupadas dos bairros e calculado seus valores médios para todo o período.

- Pluviosidade média (Ind 12):

Os dados referentes à pluviosidade foram adquiridos das 33 estações pluviométricas instaladas na cidade e foram agrupadas na escala mensal. As estações foram georreferenciadas e os dados pluviométricos interpolados pelo método Ponderação do Inverso da Distância (IDW). Por meio da realização de álgebras de mapas foram calculadas as médias pluviométricas de cada bairro, considerando-se somente a área ocupada, para todo o período do estudo.

- Entorno (Ind 13, Ind 14, Ind 15, Ind 16 e Ind 17):

Indicadores que caracterizam a paisagem onde o domicílio se insere foram construídos com base nas informações referentes ao entorno disponíveis no Censo Demográfico de 2010. O percentual para cada indicador ao nível de bairro foi calculado através da agregação das informações segundo setores censitários. Todos os cálculos utilizaram como numerador o número de domicílios referentes a cada indicador e denominador o número total de domicílios.

Nesse estudo, foram considerados dois desfechos para avaliar a relação, através da sobreposição espacial, com as áreas de receptividade: incidência de casos de dengue e índice de densidade de ovos (IDO) de *Aedes*.

- Incidência de dengue

A taxa de incidência anual de dengue para cada bairro foi calculada pela razão entre o número de casos incidentes por ano e a população de cada ano multiplicada por 100.000. Além disso, calculamos a taxa de incidência média de dengue do período (2008-2014) para cada bairro através da razão entre o número médio de casos incidentes no período do estudo e a média da população no mesmo período multiplicada por 100.000 habitantes.

- IDO

O índice de densidade média de ovos de *Aedes* para cada bairro no período de 2013 a 2014 foi calculado através dos dados provenientes do monitoramento entomológico por ovitrampas realizado pela secretaria municipal de saúde da cidade do Rio de Janeiro. São cerca de 3400 armadilhas distribuídas numa grade regular por todo o município com distâncias variando entre 300 a 600 metros dependendo da região da cidade, abrangendo todos os bairros. As armadilhas são instaladas mensalmente e recolhidas após o período de 7 a 10 dias. As paletas são enviadas ao laboratório para contagem mensal do número de ovos. A média de ovos foi calculada para cada bairro da cidade no período de 2013 a 2014 (Figura 3).



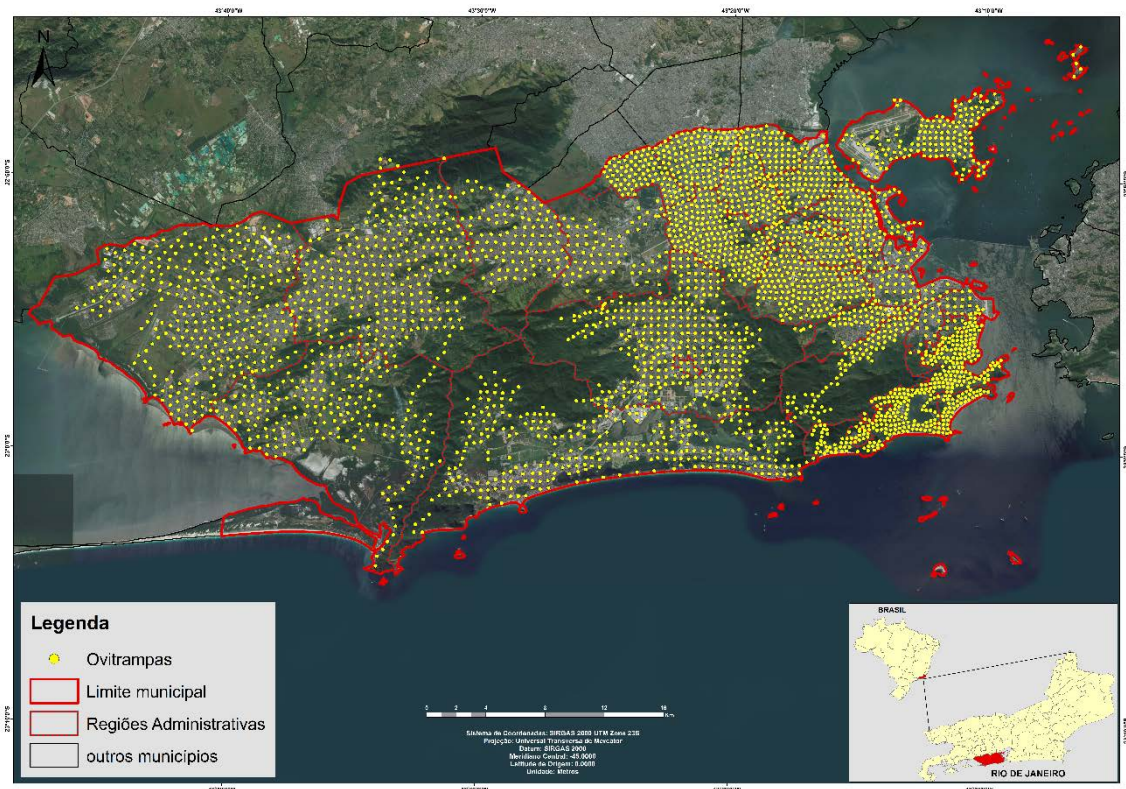


Figura 3: Mapa da distribuição das armadilhas de oviposição (ovitrampas) no município do Rio de Janeiro.

### Análise de dados

Dimensões da receptividade ao dengue foram criadas através da Análise de Componentes Principais (ACP) usando os 17 indicadores descritos na Tabela 1. ACP é uma técnica de análise multivariada que tem como finalidade transformar as variáveis originais, possivelmente correlacionadas, em componentes que são combinações lineares ortogonais dessas variáveis, de forma a obter uma redução na dimensão, com menor perda possível da informação (Jolliffe, 2002). Os indicadores foram padronizados e foi utilizado o critério de Kaiser para identificar os componentes, mantendo apenas aqueles com autovalores  $> 1,0$ . A importância de cada componente principal é avaliada por meio da proporção da variância total explicada pelo componente. As cargas de cada indicador foram utilizadas para determinar a importância de cada indicador na construção do componente. Para auxiliar na interpretação dos componentes, eles foram nomeados com base nos indicadores com maior contribuição.

Para criação do índice de receptividade ao dengue usamos a Análise de Multicritério. Análise Multicritério é um procedimento que envolve a álgebra de mapas, onde os diferentes planos de informação são cruzados com seus pesos e notas, tendo como resultado o mapa síntese. Para fazer essa integração é necessário que os critérios sejam padronizados, uniformizando as unidades de todos os mapas (Jiang & Eastman, 2000). No presente estudo, foram utilizados os componentes resultantes da análise de componentes principais como os planos de informação para gerar o mapa de receptividade ao dengue. Este mapa foi gerado por uma análise multicritério usando método de combinação linear ponderada, onde cada componente foi normalizado e recebeu peso igual. Posteriormente, o índice de receptividade foi dividido em quintis e o mapa resultante foi construído considerando 5 classes (muito alta, alta, média, baixa e muito baixa).

Os valores de taxa de incidência de dengue e da densidade ovos de *Aedes* foram interpolados pelo método da ponderação pelo inverso da distância ponderada de modo a gerar uma camada suavizada e contínua de onde foram extraídas isolinhas de igual valor. A taxa de incidência média e a densidade de ovos no formato vetorial foram sobrepostas aos mapas das componentes principais e ao mapa de receptividade para o exame visual de associações da incidência da doença e da densidade vetorial frente aos fatores socioambientais e territoriais relacionados à receptividade.

Para avaliar a relação entre os despechos, os componentes e o índice de receptividade ao dengue foi utilizado o coeficiente de correlação de *Spearman* (Spearman, 1904).

Todos os procedimentos de construção e análise de dados foram realizados no programa estatístico R (R Core Team, 2017) e os procedimentos de análise espacial e mapeamento no programa ArcGis 10.2 (ESRI, 2013).

Tabela 1: Indicadores territoriais, suas estatísticas descritivas e fonte de dados.

Cod	Indicador	Construção	Unidade	Min - Max	Média (sd)	Período	Fonte
Ind 01	Percentual de área ocupada	Área ocupada / Área total	%	3.38 - 100	76.013 (24.524)	2014	Prefeitura
Ind 02	Percentual de área residencial	Área residencial / Área total	%	0.74 - 100	64.878 (24.117)	2014	Prefeitura
Ind 03	Densidade demográfica líquida	Total da população / Área residencial	hab/Km <sup>2</sup>	1372.74 - 81171.23	16778.461 (10518.778)	2014	Prefeitura
Ind 04	Percentual de área de aglomerados subnormais	Área dos aglomerados subnormais / Área residencial	%	0 - 98.38	11.187 (14.7)	2014	Prefeitura
Ind 05	Percentual de área de pontos estratégicos	Área dos pontos estratégicos / Área ocupada	%	0 - 14.81	1.154 (2.547)	2014	Prefeitura
Ind 06	Verticalização média	Soma das alturas dos edifícios / Total de edifícios	m	2.45 - 36.69	6.37 (4.778)	2014	Prefeitura
Ind 07	Percentual de vegetação	Área de vegetação / Área total	%	0 - 94.34	25.108 (24.029)	2014	Prefeitura
Ind 08	Número de bairros vizinhos	Número de vizinhos através da matriz de vizinhança	bairros	1 - 13	4.375 (1.955)	2014	Própria
Ind 09	Perímetro de fronteira com bairros vizinhos	Comprimento total da linha de fronteira	m	12.33 - 32048.3	7095.125 (4658.223)	2014	Própria
Ind 10	Média temperatura da superfície terrestre diurna	Média da temperatura diurna na área ocupada	°C	23.69 - 33.48	30.22 (2.623)	2008-2014	MODIS/IRI
Ind 11	Média temperatura da superfície terrestre noturna	Média da temperatura noturna na área ocupada	°C	19.24 - 22.13	21.244 (0.733)	2008-2014	MODIS/IRI
Ind 12	Precipitação acumulada mensal	Média da precipitação acumulada na área ocupada	mm <sup>3</sup>	85.13 - 153.31	100.058 (10.844)	2008-2014	Prefeitura
Ind 13	Percentual de domicílio em rua sem pavimentação	(v015+v017+v019 / v001) - planilha entorno01	%	0 - 63.63	4.831 (10.452)	2010	Censo 2010
Ind 14	Percentual de domicílio em rua sem arborização	(v045+v047+v049 / v001) - planilha entorno01	%	0 - 77.28	19.869 (17.862)	2010	Censo 2010
Ind 15	Percentual de domicílio em rua sem bueiro	(v033+v035+v037 / v001) - planilha entorno01	%	0 - 91.96	12.342 (15.126)	2010	Censo 2010
Ind 16	Percentual de domicílio em rua com lixo exposto	(v056+v058+v060 / v001) - planilha entorno01	%	0 - 40.34	4.038 (5.584)	2010	Censo 2010
Ind 17	Percentual de domicílio em rua com esgoto a céu aberto	(v050+v052+v054 / v001) - planilha entorno01	%	0 - 31.44	4.123 (5.534)	2010	Censo 2010

## Resultados

Dentre os indicadores construídos destacam-se: o percentual de área ocupada (Ind 01) com variação de 3,38% a 100%; densidade demográfica líquida (Ind 03) variando de 1372 hab/Km<sup>2</sup> a 81171 hab/Km<sup>2</sup>; percentual de aglomerados subnormais (Ind 04) com média igual a 11,18% e desvio padrão 14,7%; verticalização média (Ind 06) com média de 6,23m e desvio padrão 4,77m; número de vizinhos (Ind 08) com média 4,3 e desvio padrão igual a 1,9; temperatura de superfície noturna (Ind 11) com média 21,2°C e desvio padrão de 0,73°C e o percentual de ruas sem arborização (Ind 14) com variação de 0% a 77,28%. Os indicadores Ind 01, 03, 04, 06 e 14 apresentaram grande amplitude e dispersão. Os Ind 08 e 11 tem uma menor amplitude e uma menor dispersão dos dados em torno da média (Tabela 01).

A ACP realizada com base nos 17 indicadores territoriais identificou 4 componentes que explicam 65,1 % da variância total dos dados, divididos da seguinte forma: componente 1 (30,1 %), componente 2 (17,6 %), componente 3 (9,4 %) e componente 4 (8,0%) (Tabela 2).

Os indicadores que mais contribuíram para o componente 1 foram Ind 01, Ind 02, Ind 10 e Ind 11 (relação direta) e Ind 07 (relação inversa) (Tabela 2). O Componente 1 representa áreas do território com alto percentual de área construída, com pouca vegetação e altas temperaturas representando assim ilhas de calor na cidade. Sua distribuição espacial se dá de forma desigual no território tendo os maiores valores fortemente concentrados na Zona Norte da cidade seguindo o eixo da Avenida Brasil e alguns bairros da Zona Oeste e da Ilha do Governador (Figura 4a).

O componente 2 teve maior contribuição dos indicadores Ind 14, Ind 15 (relação direta) e Ind 03 e Ind 06 (relação inversa) (Tabela 2). Este componente representa áreas do território com baixa infraestrutura urbana, baixa densidade populacional líquida e pouca verticalização dos edifícios representando assim as áreas urbanas não consolidadas, de ocupação mais recente e sem infraestrutura. Sua distribuição espacial é concentrada nas Zonas Norte e Oeste da cidade, sendo que a primeira apresenta o maior número de bairros com valores

elevados, e a segunda apresenta as maiores áreas com valores elevados (Figura 4b).

Os indicadores que mais contribuíram para o componente 3 foram: Ind 08, Ind 09 e Ind 16, ambos com relação positiva (Tabela 2). O componente 3 representa bairros com alta conexão dentro da cidade com muitos vizinhos e perímetro de fronteira (Figura 4c).

O componente 4 foi composto pelos indicadores Ind 04, Ind 03, Ind 16 e Ind 17 ambos apresentaram relação direta com o componente (Tabela 2). O componente 4 descreve as áreas favelizadas da cidade, com alto percentual de área residencial, representada por aglomerados subnormais, com alta densidade populacional líquida e com grande déficit em infraestrutura de saneamento. Tem grande heterogeneidade na sua distribuição espacial embora a zona norte concentre mais bairros com estas características (Figura 4d).

Tabela 2: Carga dos indicadores, autovalor e variância explicada da Análise de Componentes Principais.

Indicadores	Cargas			
	Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4
IND 01	0,91	0,03	-0,25	0,05
IND 02	0,86	0,05	-0,18	0,06
IND 03	0,26	-0,67	-0,03	0,52
IND 04	0,05	-0,28	0,03	0,78
IND 05	0,14	0,10	0,35	0,02
IND 06	0,00	-0,67	0,00	-0,01
IND 07	-0,88	0,02	0,25	-0,03
IND 08	0,45	0,14	0,64	-0,16
IND 09	0,28	0,41	0,50	-0,14
IND 10	0,78	0,44	0,06	0,08
IND 11	0,87	0,19	-0,03	0,05
IND 12	-0,52	-0,52	0,31	0,03
IND 13	-0,58	0,48	-0,34	0,09
IND 14	-0,08	0,59	-0,22	0,25
IND 15	-0,57	0,58	-0,33	0,10
IND 16	-0,09	0,36	0,44	0,43
IND 17	-0,29	0,52	0,28	0,39
Autovalor	5,11	2,99	1,60	1,36
% de variância	30,06	17,60	9,44	7,99



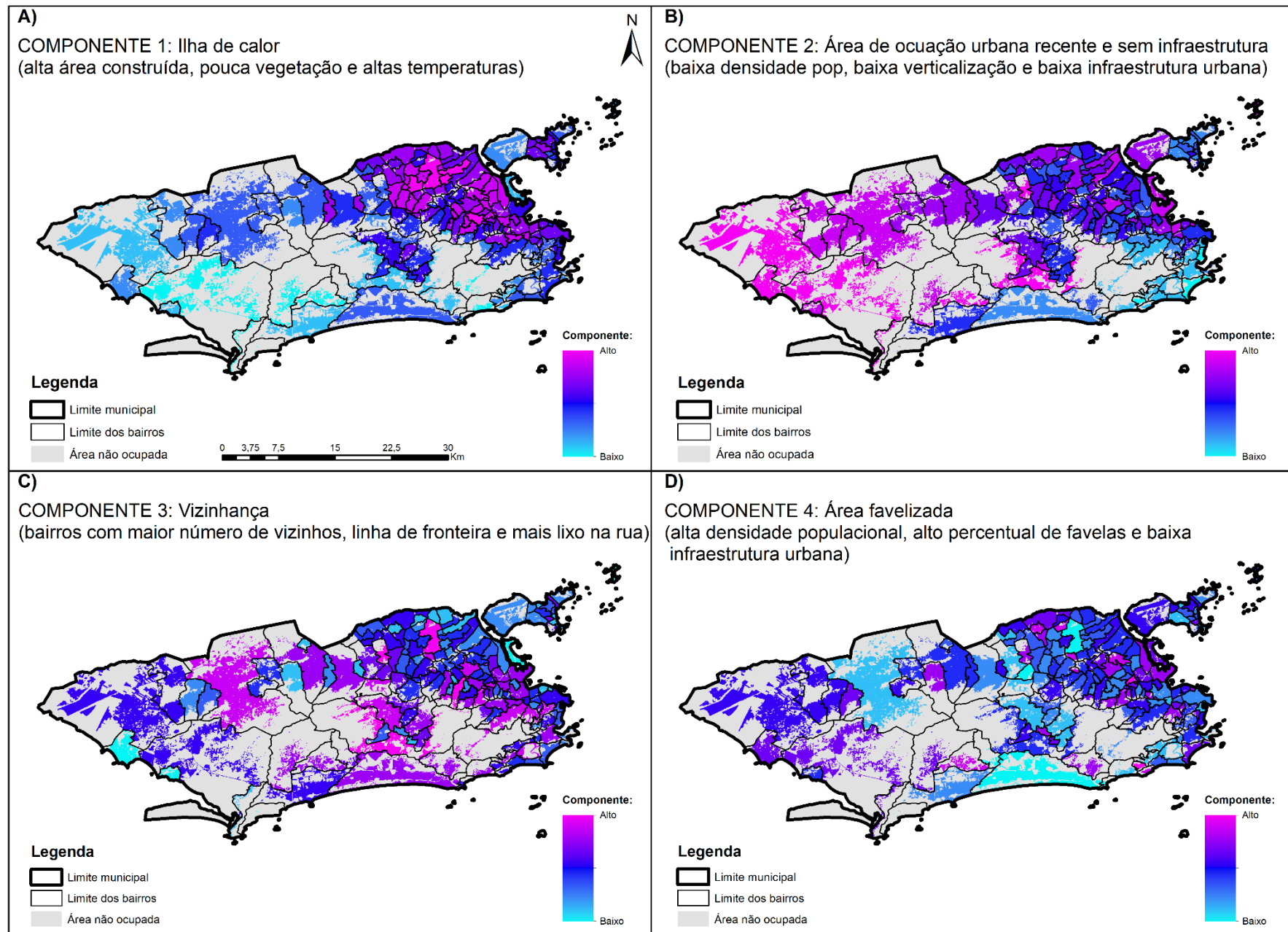


Figura 4: Espacialização dos componentes resultantes da análise de componentes principais: A) Componente 1, B) Componente 2, C) Componente 3 e D) Componente 4.



A figura 5a apresenta o mapa de receptividade ao dengue resultante do cruzamento dos planos de informação representados pelos quatro componentes oriundos da análise de componentes principal. Observamos que os bairros com maiores valores de receptividade estão concentrados na Zona Norte e Oeste da cidade. As principais áreas com menor receptividade foram: Zona Sul, central, grande Tijuca e o litoral da Zona Oeste (Figura 5a). As isolinhas representando a taxa de incidência média de dengue no período de 2008 a 2014 foram sobrepostas no mapa de receptividade e observamos uma grande similaridade na distribuição espacial de ambos. A receptividade ao dengue e a incidência média se concentram espacialmente nas Zonas Norte e Oeste, em especial na região de fronteira entre elas (Figura 5b). Ao analisarmos a sobreposição das isolinhas referentes a densidade média de ovos de *Aedes* para o período de 2013 a 2014, foi observado também uma similaridade na distribuição espacial com as áreas de receptividade ao dengue. Contudo diferente do que foi observado para a incidência, a distribuição espacial da densidade de ovos fica mais restrita a zona norte e na porção de fronteira da zona oeste com a norte (Figura 5c).

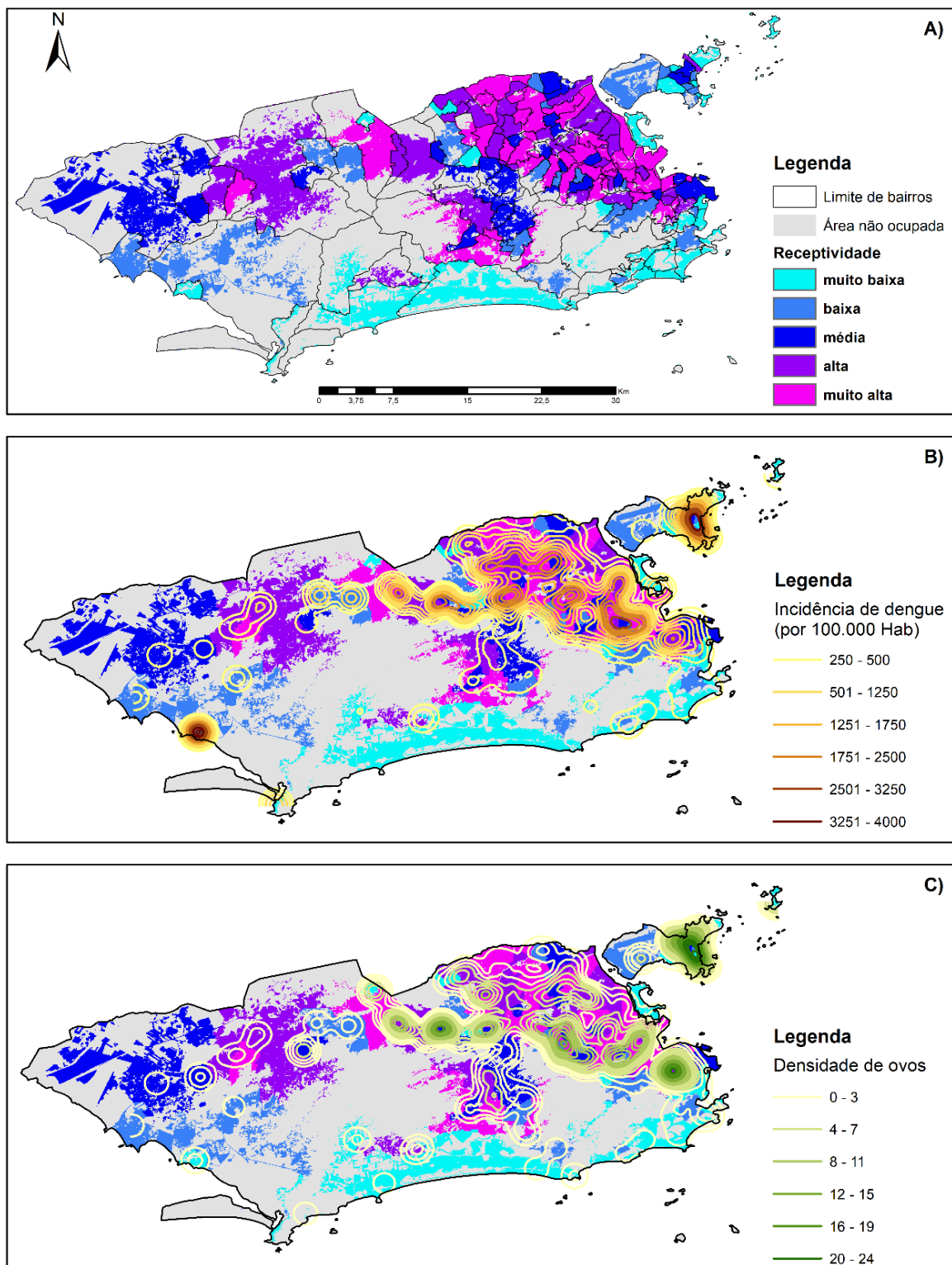


Figura 5: Mapa de receptividade ao dengue versus taxa incidência média de dengue (2008 a 2014) e índice de densidade de ovos de Aedes (2013 – 2014).

Os resultados da correlação de *Spearman* entre a incidência média de dengue e os componentes da ACP e o índice de receptividade ao dengue para o período de 2008 a 2014, bem como para cada ano são apresentados na tabela 3. Na análise com a incidência média de todo o período de estudo, a correlação com a receptividade foi de 0,18. Nos anos epidêmicos de 2008, 2012 foram verificados os maiores valores de correlação, 0,24 e 0,32, respectivamente. Nos anos seguintes a epidemias foram observados valores de correlações negativas entre o índice de receptividade e as taxas de incidência de dengue (Tabela 03). O ano epidêmico de 2008 houve a predominância da circulação do sorotipo Denv-2 e em 2012 foi a primeira epidemia com a predominância do Denv-4. Quando analisamos a correlação de *Spearman* entre o índice de receptividade e a densidade média de ovos de *Aedes* para o período do estudo foi constatado uma relação positiva de 0,14.

Ao analisar a correlação entre os componentes e os desfechos, observamos que o componente 2 apresentou as maiores correlações tanto para incidência quanto para o IDO, inclusive maiores valores que o índice de receptividade. A correlação do componente 2 com a taxa de incidência do período 2008-2014 foi igual a 0,35 e com o IDO no período 2013-2014 foi de 0,28. (Tabela 3).

Tabela 3: Coeficiente de correlação de *Spearman* entre o índice de receptividade, a taxa de incidência de dengue e o índice de densidade de ovos (IDO) de *Aedes aegypti* nos bairros do Rio de Janeiro.

Período	Incidência							IDO	
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2008-2014	2013-2014
Sorotipo predominante	Denv 2	Denv 2	Denv 2	Denv 1	Denv 4	Denv 4	Denv 4	-	-
Componente 1	0.11	0.02	<b>-0.15</b>	<b>-0.19</b>	<b>0.31</b>	-0.13	0.03	0.11	0.07
Componente 2	<b>0.29</b>	0.08	<b>-0.21</b>	<b>0.24</b>	<b>0.41</b>	<b>-0.16</b>	0.08	<b>0.35</b>	<b>0.28</b>
Componente 3	0.04	-	-0.01	-0.02	-0.02	-0.04	0.02	-0.04	-0.05
Componente 4	<b>0.14</b>	0.01	-0.09	0.00	0.01	-0.12	-0.05	0.07	-0.06
<b>Receptividade</b>	<b>0.24</b>	0.00	<b>-0.24</b>	-0.06	<b>0.32</b>	<b>-0.26</b>	-0.01	<b>0.18</b>	<b>0.14</b>

\* Valores em negritos: significativos com nível de significância igual a 5%

## Discussão

O dengue é considerado um grave problema de saúde pública do Brasil, impondo grandes desafios para as vigilâncias de saúde locais. Com efeito, a transmissão do dengue é altamente heterogênea tanto no espaço quanto no tempo (Vanlerberghe et al. 2017).

Através da síntese espacial, os resultados do presente estudo revelaram, a elucidação de quatro dimensões territoriais: ilhas de calor, área de expansão urbana não consolidada, vizinhança e favelização, que representam processos urbanos que estão relacionados à incidência de dengue e a maior densidade de mosquitos vetores. Quando analisadas de forma integrada estas dimensões são capazes de estratificar o território do Rio de Janeiro em áreas de maior receptividade ao dengue.

Ao contrário de outras cidades, no Rio de Janeiro a área com maiores temperaturas médias, identificadas como ilha de calor, está localizada, não no centro. Está localizada na zona oeste e norte da cidade, isolada do litoral pelos dois maciços litorâneos da cidade: Pedra Branca e da Tijuca (Fialho, 2012). Esta região da cidade apresenta grandes vias cercadas por áreas obsoletas ou degradadas, além da pouca vegetação e alta densidade populacional (Filho, 2012).

As áreas de crescimento urbano não consolidado, representadas pela dimensão 2, ficaram concentradas na transição das zonas Norte e Oeste da cidade do Rio de Janeiro. Nesta área são observadas as maiores incidências de dengue e uma maior infestação pelo *Ae. aegypti*. Este componente foi o que mais se correlacionou com a incidência, especialmente nos anos epidêmicos.

O fluxo populacional dentro da cidade e a mobilidade espacial, expressa neste trabalho pela relação de vizinhança entre bairros, demonstra que bairros isolados possuem menor tendência de manutenção das epidemias de dengue, enquanto os bairros mais conectados e sub-centros da cidade são mais receptivos à doença.

A estratificação do território em áreas de receptividade ao dengue mostrou uma heterogeneidade espacial na distribuição das mesmas no município. As áreas em maior receptividade ficaram concentradas nos bairros pertencentes ao “subúrbio proletário” da cidade localizados nas áreas de transição das Zonas Norte e Oeste conformado pelos vetores ferroviários e posteriormente o rodoviário. Já as áreas de

menor receptividade ficaram concentradas nos bairros com maior poder aquisitivo e melhores serviços públicos e privados em geral que estão localizados na Zona Sul da cidade, litoral da zona Oeste e região da Grande Tijuca na Zona Norte, o “subúrbio de elite” (Fernandes, 2010; Lessa, 2000).

O processo de uso e ocupação do solo de uma cidade está intimamente ligada à conformação de lugares e paisagens singulares dentro do território urbano. A cidade do Rio de Janeiro teve um processo complexo de expansão urbana com dois principais vetores bem definidos: um respondendo a elite econômica e outro respondendo a população trabalhadora. O vetor de expansão direcionado da região central para a zona Sul e posteriormente para o litoral da zona Oeste da cidade respondeu a demanda das elites econômicas. O vetor direcionado da região central para a zona Norte e interior da zona Oeste da cidade respondeu a demanda das camadas populares. Esta região antes do fenômeno da desindustrialização carioca eram as áreas industriais e operárias da cidade. Ao fim deste processo estas áreas passaram por um grande período de estagnação e decadência econômica que se expressa no território até os dias de hoje através da grande quantidade de rugosidades presentes nestas áreas (Fernandes, 2010; Lessa, 2000).

O componente 2 que representa áreas da cidade com uma ocupação urbana não consolidada foi o que apresentou as maiores correlações tanto com a incidência de dengue como para o IDO e geograficamente apresenta uma similaridade com o vetor de expansão urbana dinamizado pelas populações mais pobres. Desta maneira é possível associar a incidência de dengue e a densidade vetorial com as áreas de expansão urbana não consolidada que não apresentem infraestrutura urbana.

O índice de receptividade se mostrou positivamente correlacionado à taxa de incidência para os anos epidêmicos de 2008 e 2012 e negativamente correlacionados para os demais anos. Este achado demonstra que os casos de dengue se concentram em áreas de maior receptividade nos momentos de introdução de novos tipos de vírus, em que se atinge uma grande parcela de população suscetível. Nos demais anos, de baixa incidência, esta tendência se inverte, já que estes bairros atingiram uma condição coletiva de imunidade (Xavier et al, 2017).

As maiores correlações com a incidência foram observadas no ano de 2012 tanto para o componente 2 como para o índice de receptividade. Este ano foi epidêmico e teve o Denv-4 como o sorotipo predominante pela primeira vez na cidade do Rio de Janeiro. Desta forma toda a população era praticamente suscetível, minimizando muito assim o fator de confundimento imposto pela imunidade. Sendo assim, o fato de apresentar as maiores correlações, pode estar ligado ao fato da distribuição espacial da incidência de dengue responder em 2012 de maneira mais direta aos determinantes territoriais (Nogueira & Eppinghaus, 2011).

O índice de receptividade e seus componentes demonstraram coerência com os fatores socioambientais e biológicos apontados na literatura como determinantes da transmissão de dengue em áreas urbanas e pode ser empregado em outras cidades.

Este índice pode ser usado para o direcionamento de políticas e práticas de controle vetorial e de fortalecimento dos serviços de saúde. Contudo a utilização desta metodologia não pode ser feita de maneira automática, pois é indispensável o reconhecimento do território em questão e a proposição de indicadores que retratem as dimensões apontadas pelos componentes identificados no estudo, podendo variar de cidade para cidade os indicadores que reflitam tais dimensões.

Nesse sentido, o artigo aponta para a necessidade de abordagens que integrem as diferentes dimensões do espaço habitado expressas no território para delimitar as áreas de receptividade ao dengue. Desta maneira subsidiando as ações de intervenção por parte da vigilância nestes espaços, com vistas a otimizar os recursos disponíveis no território.



## Bibliografia

BARCELLOS, Christovam de Castro; SABROZA, Paulo Chagastelles; PEITER, Paulo; *et al.* Organização espacial, saúde e qualidade de vida: análise espacial e uso de indicadores na avaliação de situações de saúde. **Informe Epidemiológico do Sus**, v. 11, n. 3, 2002.

BHATT, Samir; GETHING, Peter W.; BRADY, Oliver J.; *et al.* The global distribution and burden of dengue. **Nature**, v. 496, n. 7446, p. 504–507, 2013.

BRAACK, Leo; GOUVEIA DE ALMEIDA, A. Paulo; CORNEL, Anthony J.; *et al.* Mosquito-borne arboviruses of African origin: review of key viruses and vectors. **Parasites & Vectors**, v. 11, n. 1, 2018.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). ArcGIS Professional GIS for the desktop, versão 10.2.2, 2014.

FARES, Rafaelle C. G.; SOUZA, Katia P. R.; AÑEZ, Germán; *et al.* Epidemiological Scenario of Dengue in Brazil. **BioMed Research International**, v. 2015, p. 1–13, 2015.

FERNANDES, Nelson da Nobrega. O conceito carioca de subúrbio: um raptó ideológico. **Revista da FAU UFRJ**, v. 2, p. 8–15, 2010.

FIALHO, Edson Soares. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. **Revista ACTA Geográfica**, p. 61–76, 2012.

FILHO, Otto Corrêa Rotunno. (A EVOLUÇÃO DA ILHA DE CALOR NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO). **REVISTA GEONORTE**, p. 14, 2012.

FLAUZINO, Regina Fernandes; SOUZA-SANTOS, Reinaldo; OLIVEIRA, Rosely Magalhães. Dengue, geoprocessamento e indicadores socioeconômicos e ambientais: um estudo de revisão. **Rev Panam Salud Publica**, v. 25, n. 5, p. 456–61, 2009.

GONDIM, Gracia Maria de Miranda. **Territórios da Atenção Básica: múltiplos, singulares ou inexistentes?** Tese de Doutorado, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, RJ, 2011.

HONÓRIO, Nildimar Alves; CÂMARA, Daniel Cardoso Portela; CALVET, Guilherme Amaral; *et al.* Chikungunya: uma arbovirose em estabelecimento e expansão no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 31, n. 5, p. 906–908, 2015.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. 2011. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>.

IPP, Instituto Pereira Passos. **Rio em síntese**. Disponível em: [http://apps.data.rio/datarioresources/arquivos/RIOemSINTESE\\_2017\\_portugues.pdf](http://apps.data.rio/datarioresources/arquivos/RIOemSINTESE_2017_portugues.pdf).

IRI, International Research Institute for Climate and Society. **IRI/LDEO Climate Data Library**. Disponível em: <<http://iridl.ldeo.columbia.edu/>>.

JIANG, Hong; EASTMAN, J. Ronald. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 14, n. 2, p. 173–184, 2000.

JOLLIFFE, Ian. **Principal Component Analysis**. 2. ed. [s.l.]: Springer International Publishing, 2002.

KUNO, Goro. Review of the Factors Modulating Dengue Transmission. **Epidemiologic Reviews**, v. 17, n. 2, p. 321–335, 1995.

LESSA, Carlos. **O rio de todos os Brasis - Uma reflexão em busca da auto-estima**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Record, 2000.

LIMA-CAMARA, Tamara Nunes. Emerging arboviruses and public health challenges in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 50, n. 0, 2016.

LOWE, Rachel; BARCELLOS, Christovam; BRASIL, Patrícia; *et al.* The Zika Virus Epidemic in Brazil: From Discovery to Future Implications. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 1, p. 96, 2018.

MONKEN, Maurício; BARCELLOS, Christovam. Vigilância em saúde e território utilizado: possibilidades teóricas e metodológicas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, n. 3, p. 898–906, 2005.

NOGUEIRA, Rita Maria Ribeiro; ARAÚJO, Josélio Maria Galvão de; SCHATZMAYR, Hermann Gonçalves. Dengue viruses in Brazil, 1986-2006. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 22, n. 5, p. 358–363, 2007.

NOGUEIRA, Rita MR; EPPINGHAUS, Ana LF. Dengue virus type 4 arrives in the state of Rio de Janeiro: a challenge for epidemiological surveillance and control. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 106, n. 3, p. 255–256, 2011.

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

RANDOLPH, Sarah E.; ROGERS, David J. The arrival, establishment and spread of exotic diseases: patterns and predictions. **Nature Reviews Microbiology**, v. 8, n. 5, p. 361–371, 2010.

SABROZA, Paulo Chagastelles; LEAL, Maria do Carmo. Saúde, ambiente e desenvolvimento: alguns conceitos fundamentais. *In: Saúde, ambiente e desenvolvimento*. Rio de Janeiro, RJ: HUCITEC-ABRASCO, 1992, v. 1, p. 45–94.

SANTOS, Milton. **O espaço dividido: os dois circuitos da economia urbana dos países subdesenvolvidos**. 2. ed. São Paulo: USP, 2008.

SENA, C. A. P.; FRANÇA, J. R. A.; PERES, L. F. Study of Heat Islands in The Metropolitan Area of Rio de Janeiro Using Data from MODIS. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 37, n. 2, p. 111, 2014.

SIURB, Instituto Pereira Passos. **Sistema Municipal de Informações Urbanas**. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/ipp/siurb>>.

SMS, RJ. Plano de contingencia ZIKA, CHIKUNGUNYA e DENGUE. 2016.

SMS, Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro. Apresentação do centro de vigilância epidemiológica sobre situação das arboviroses na cidade do Rio de Janeiro. *In: Rio de Janeiro, RJ: [s.n.]*, 2017.

SPEARMAN, C. The Proof and Measurement of Association between Two Things. **The American Journal of Psychology**, v. 15, n. 1, p. 72, 1904.

VANLERBERGHE, Veerle; GÓMEZ-DANTÉS, Hector; VAZQUEZ-PROKOPEC, Gonzalo; *et al.* Changing paradigms in Aedes control: considering the spatial heterogeneity of dengue transmission. **Rev Pan American Journal of Public Health**, n. 41, p. 1–6, 2017.

WEAVER, Scott C.; REISEN, William K. Present and future arboviral threats. **Antiviral Research**, v. 85, n. 2, p. 328–345, 2010.

XAVIER, Diego Ricardo; MAGALHÃES, Mônica de Avelar Figueiredo Mafra; GRACIE, Renata; *et al.* Difusão espaço-tempo do dengue no Município do Rio de Janeiro, Brasil, no período de 2000-2013. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, n. 2, 2017.

## 9. Considerações finais

O histórico de combate à dengue no Brasil reúne importantes experiências e avanços em termos de políticas públicas. Contudo os esforços empreendidos pelos programas de controle desta arbovirose apresentam limitação com relação aos resultados obtidos. Os processos epidêmicos são regulados em grande parte pelo estoque de população suscetível do que por ações de combate e controle oriundas dos programas de controle vetorial. Na maioria dos países, os programas de controle do *Ae. aegypti* apresentam limitações para obterem cobertura universal efetiva. Este quadro é mais crítico nos grandes centros urbanos, que apresentam um território altamente complexo com diferentes realidades expressas no nível local. Na prática, a maioria dos países não atua numa vigilância em saúde pró-ativa de maneira continuada e focada na prevenção. Ao contrário, geralmente utilizam ações de controle reativas, a partir da detecção do aumento da incidência.

Com o advento da circulação simultânea dos vírus dengue, chikungunya e Zika nas Américas, incluindo o Brasil, é ainda mais importante repensar a implementação de estratégias inovadoras de intervenção devido a ocorrência de surtos e/ou epidemias simultâneas. Estratégias para a estratificação de áreas prioritárias para intervenção dessas arboviroses se tornam prementes como forma de subsidiar as ações de vigilância em saúde e controle vetorial, bem como otimizar a alocação de recursos e a tomada de decisão por parte do poder público local.

A cidade do Rio de Janeiro e sua região metropolitana são áreas onde historicamente as epidemias de dengue ocorrem sucessivamente e com grande magnitude. Esta região do país tem e teve papel importante na maioria das grandes epidemias de dengue, assim como na introdução e dispersão de novos sorotipos. O município do Rio de Janeiro apresenta um processo complexo de expansão urbana com dois principais vetores bem definidos: um respondendo a elite econômica e outro a população trabalhadora menos favorecida. O vetor de expansão direcionado da região central para a zona Sul e posteriormente para o litoral da zona Oeste da cidade respondeu a demanda das elites econômicas. Enquanto o vetor direcionado da região central para a zona Norte e interior da zona Oeste da cidade respondeu a demanda das camadas médias e populares. As áreas ocupadas pela população com mais alta renda foram dotadas de infraestrutura e serviços públicos. Já a região ocupada pelas

camadas menos favorecidas dotadas em sua maioria de investimentos em infraestrutura urbana, zoneamento urbano e de serviços.

Sob os aspectos anteriormente mencionados, o presente estudo destacou a importância do fortalecimento das ações de vigilância e controle, com uma abordagem que buscou integrar os parâmetros entomológicos, epidemiológicos, socioeconômicos, ambientais e territoriais incorporando a complexidade do processo de saúde doença do dengue e do uso e ocupação do território.

O manuscrito I demonstrou que os *clusters* identificados para o dengue na cidade do Rio de Janeiro apresentaram uma variabilidade espacial ao nível de bairro ao longo dos anos nos dois grupos populacionais avaliados. Esta variabilidade pode estar ligada a diversos fatores, como por exemplo: à dinâmica populacional do *Ae. aegypti*, à mobilidade humana e principalmente ao estoque de suscetíveis.

No nosso estudo, as áreas de maior risco não coincidiam espacialmente na maioria das vezes nos dois grupos populacionais, quando analisado ano a ano. Somente apresentaram coincidência espacial nos anos em que o perfil imunológico dos dois grupos era similar. O fato de duas populações com mobilidades diferentes apresentarem a mesma localização para os *clusters* nos anos em que tiveram perfis imunológicos parecidos sugere que a definição espacial dos *clusters* ocorre mais em função do estoque de susceptíveis do que de mobilidade.

A Zona Oeste da cidade foi a região que apresentou o maior número de *clusters* persistentes ao longo do período de estudo e em ambos os grupos populacionais analisados.

No manuscrito II por meio da análise de componentes principais utilizando os indicadores de base territorial foi possível através da análise de componentes principais, definir quatro componentes que representam dimensões do território: ilhas de calor, área de expansão urbana não consolidada, vizinhança e favelização. Quando analisadas de forma integrada estas dimensões foram capazes de estratificar o território do Rio de Janeiro em áreas de maior receptividade ao dengue. As áreas de expansão urbana não consolidada foi a dimensão que mais se correlacionou com a incidência do dengue, especialmente nos anos epidêmicos que retratam melhor a distribuição espacial por existir um estoque maior de suscetíveis sofrendo menos confundimento pela imunidade.



A distribuição espacial das áreas de receptividade ao dengue foi heterogênea no município. As áreas em maior receptividade ficaram concentradas nos bairros pertencentes ao “subúrbio proletário” da cidade, que estão localizados nas áreas de transição das zonas Norte e Oeste. Já as áreas de menor receptividade ficaram concentradas nos bairros localizados na zona Sul da cidade, litoral da zona Oeste e região da Grande Tijuca na zona Norte, o “subúrbio de elite”.

Tanto as áreas de maior risco persistente quanto as áreas de maior receptividade foram definidas na região de transição da zona Norte e Oeste. Esta região concentrava grande parte das indústrias da cidade. Com o fenômeno da desindustrialização carioca estas áreas passaram por um grande período de estagnação e decadência econômica. Este processo deixou marcas no território até os dias de hoje através da grande quantidade de rugosidades presentes nestas áreas. Recentemente estes espaços rugosos (fábricas abandonadas, estaleiros desativados, vilas operárias abandonadas e outras) veem sendo refuncionalizados, principalmente na Zona Norte da cidade e se transformando em áreas luminosas, novamente atrativas para os investimentos públicos ou privados.

Cabe ressaltar que os resultados apresentados demonstram a importância de saber utilizar as janelas de oportunidade que os anos epidêmicos e de entrada de novos sorotipos possibilitam para o estudo territorial e para a estratificação de áreas, seja de risco ou receptividade ao dengue. Por apresentarem um alto número de população susceptível, mitigando assim um grande fator de confusão no estudo desta arbovirose que é a imunidade. Além disso, é importante ressaltar que os estudos de dengue de base territorial devem ter uma preocupação especial com a descrição do território, incorporando indicadores que reflitam de maneira mais precisa o espaço geográfico em função do seu uso e ocupação do solo.

Por fim, espera-se que estes achados possam motivar outros estudos voltados à análise da importância da estratificação das áreas de risco e receptividade para o dengue. Integrando indicadores de dimensões sociais, econômicos, ambientais, entomológicos, epidemiológicos e territoriais determinantes no processo de produção desta arbovirose, de forma a contribuir com o entendimento e fortalecimento das ações de vigilância e controle em nível intramunicipal. É imprescindível que as

atividades de vigilância e controle do dengue nos municípios utilizem estratégias diferenciadas no território em função do risco e receptividade de cada área.

## 10. Bibliografia

ALMEIDA, Andréa Sobral de; MEDRONHO, Roberto de Andrade; VALENCIA, Luís Iván Ortiz. Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ. **Revista de Saúde Pública**, v. 43, n. 4, p. 666–673, 2009.

ARAÚJO, José Raimundo de; FERREIRA, Efigênia Ferreira e; ABREU, Mauro Henrique Nogueira Guimarães de. Revisão sistemática sobre estudos de espacialização da dengue no Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 11, n. 4, p. 696–708, 2008.

AYLLÓN, Tania; CÂMARA, Daniel Cardoso Portela; MORONE, Fernanda Cristina; *et al.* Dispersion and oviposition of *Aedes albopictus* in a Brazilian slum: Initial evidence of Asian tiger mosquito domiciliation in urban environments. **PLOS ONE**, v. 13, n. 4, p. e0195014, 2018.

BAILEY, Trevor C.; GATRELL, Anthony C. **Interactive spatial data analysis**. Harlow Essex, England; New York, NY: Longman Scientific & Technical ; J. Wiley, 1995.

BALIEIRO, Antônio Alcirley da Silva. **Deteção de conglomerados dos alertas de desmatamentos no Estado do Amazonas usando estatística de varredura espaço-temporal**. Dissertação de mestrado, 2008.

BALY, Alberto; TOLEDO, Maria Eugenia; VANLERBERGHE, Veerle; *et al.* Cost-Effectiveness of a Community-Based Approach Intertwined with a Vertical *Aedes* Control Program. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, p. 88–93, 2009.

BANU, Shahera; HU, Wenbiao; HURST, Cameron; *et al.* Space-time clusters of dengue fever in Bangladesh. **Tropical Medicine & International Health**, v. 17, n. 9, p. 1086–1091, 2012.

BARBAZAN, Philippe; YOKSAN, Sutee; GONZALEZ, Jean-Paul. Dengue hemorrhagic fever epidemiology in Thailand: description and forecasting of epidemics. **Microbes and Infection**, v. 4, n. 7, p. 699–705, 2002.

BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 5. ed. [s.l.: s.n.], 2006.

BARCELLOS, Christovam de Castro; SABROZA, Paulo Chagastelles; PEITER, Paulo; *et al.* Organização espacial, saúde e qualidade de vida: análise espacial e uso de indicadores na avaliação de situações de saúde. **Informe Epidemiológico do Sus**, v. 11, n. 3, 2002.

BARCELLOS, Christovam; PUSTAI, Adelaide Kreutz; WEBER, Maria Angélica; *et al.* Identificação de locais com potencial de transmissão de dengue em Porto Alegre através de técnicas de geoprocessamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 38, n. 3, p. 246–250, 2005.

BARCELLOS, Christovam; LOWE, Rachel. Expansion of the dengue transmission area in Brazil: the role of climate and cities. **Tropical Medicine & International Health**, v. 19, n. 2, p. 159–168, 2014.

BARRETO, Maurício L.; TEIXEIRA, Maria Glória. Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa. **Estudos avançados**, v. 22, n. 64, p. 53–72, 2008.

BARTH, Ortrud Monika. **ATLAS OF DENGUE VIRUSES MORPHOLOGY AND MORPHOGENESIS**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2000.

BHATT, Samir; GETHING, Peter W.; BRADY, Oliver J.; *et al.* The global distribution and burden of dengue. **Nature**, v. 496, n. 7446, p. 504–507, 2013.

BOUZID, Maha; COLÓN-GONZÁLEZ, Felipe J.; LUNG, Tobias; *et al.* Climate change and the emergence of vector-borne diseases in Europe: case study of dengue fever. **BMC public health**, v. 14, n. 1, p. 1, 2014.

BRAACK, Leo; GOUVEIA DE ALMEIDA, A. Paulo; CORNEL, Anthony J.; *et al.* Mosquito-borne arboviruses of African origin: review of key viruses and vectors. **Parasites & Vectors**, v. 11, n. 1, 2018.

BRAGA, Ima Aparecida; VALLE, Denise. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. **Epidemiologia e serviços de saúde**, v. 16, n. 2, p. 113–118, 2007.

BRAKS, Marieta A. H.; HONORIO, Nildimar A.; LOURENCQO-DE-OLIVEIRA, Ricardo; *et al.* Convergent habitat segregation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in southeastern Brazil and Florida. **Journal of medical entomology**, v. 40, n. 6, p. 785–794, 2003.

BRASIL, Ministério da Saúde -Fundação Nacional de Saúde. Dengue - Instruções para Pessoal de Combate ao Vetor: manual de normas técnicas. 2001.

BRASIL, Ministério da Saúde - Secretaria de Vigilância em Saúde. **Saúde Brasil 2010: uma análise da situação de saúde e de evidências selecionadas de impacto de ações de vigilância em saúde**. 1. ed. Brasília - BR: Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL, Ministério da Saúde - Secretaria de Vigilância em Saúde. Dengue: diagnóstico e manejo clínico: adulto e criança. 2016.

BURROUGH, Peter Alan; MACMILLAN, Robert; DEURSEN, Van. Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observations and topography. **Journal of Soil Science**, v. 43, n. 2, p. 193–210, 1992.

CAIAFFA, Waleska Teixeira; FERREIRA, Fabiane Ribeiro; FERREIRA, Aline Dayrell; *et al.* Saúde urbana: “a cidade é uma estranha senhora, que hoje sorri e amanhã te devora”. **Ciência saúde coletiva**, v. 13, p. 1785–1796, 2008. (6).

CAIAFFA, Waleska Teixeira; FRICHE, Amélia Augusta de Lima; DANIELLE, C. Urban health: landmarks, dilemmas, prospects, and challenges. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 31, n. suppl 1, p. 5–6, 2015.

CÂMARA, Gilberto; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira; MEDEIROS, JS de. Representações computacionais do espaço: fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação. **Geografia, Rio Claro**, v. 28, n. 1, p. 83–96, 2003.

CARVER, Stephen J. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. **International journal of geographical information systems**, v. 5, n. 3, p. 321–339, 1991.

CATÃO, Rafael de Castro. **Dengue no Brasil: abordagem geográfica na escala nacional**. UNESP, Presidente Prudente, 2011.

CONSOLI, Rotrout A. G. B.; OLIVEIRA, Ricardo Lourenço de. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: Editora FIOCRUZ, 1994.

CORDEIRO, Marli Tenório. **Evolução da dengue no estado de Pernambuco, 1987-2006: Epidemiologia e caracterização molecular dos sorotipos circulantes**. Doutorado em Ciências, Centro de Pesquisa Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife - PE, 2008.

COSTA, Maria da Conceição Nascimento; TEIXEIRA, Maria da Glória Lima Cruz. A concepção de “espaço” na investigação epidemiológica. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 15, n. 2, p. 271–279, 1999.

COSTA, Heloisa S M; MONTE-MÓR, Roberto L.M. Population and Environment: selected issues. *In*: **Population and environment in Brazil: Rio + 10**. Campinas - SP: ABEP, 2002, p. 127–146.

CZERESNIA, Dina. Ciência, técnica e cultura: relações entre risco e práticas de saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 2, p. 447–455, 2004.

DHEWANTARA, Pandji Wibawa; RULIANSYAH, Andri; FUADIYAH, M. Ezza Azmi; *et al*. Space-time scan statistics of 2007-2013 dengue incidence in Cimahi city, Indonesia. **Geospatial Health**, v. 10, n. 2, 2015.

DONALISIO, Maria Rita. **O Dengue no Espaço Habitado**. [s.l.]: Hucitec, 1999.

DRUCK, Suzana. **Análise espacial de dados geográficos**. [s.l.]: Empraba Cerrados, 2004.

EISEN, Lars; BEATY, Barry J.; MORRISON, Amy C.; *et al*. Proactive Vector Control Strategies and Improved Monitoring and Evaluation Practices for Dengue Prevention. **Journal of Medical Entomology**, v. 46, n. 6, p. 1245–1255, 2009.

EISEN, Lars; EISEN, Rebecca J. Using Geographic Information Systems and Decision Support Systems for the Prediction, Prevention, and Control of Vector-Borne Diseases. **Annual Review of Entomology**, v. 56, n. 1, p. 41–61, 2010.



FARES, Rafaelle C. G.; SOUZA, Katia P. R.; AÑEZ, Germán; *et al.* Epidemiological Scenario of Dengue in Brazil. **BioMed Research International**, v. 2015, p. 1–13, 2015.

FARIA, Rivaldo Mauro; BORTOLOZZI, Arlêude. Espaço, território e saúde: contribuições de Milton Santos para o tema da Geografia da Saúde no Brasil. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 17, 2009.

FAVIER, C.; SCHMIT, D.; MULLER-GRAF, C. D.M; *et al.* Influence of spatial heterogeneity on an emerging infectious disease: the case of dengue epidemics. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 272, n. 1568, p. 1171–1177, 2005.

FERNANDES, Nelson da Nobrega. O conceito carioca de subúrbio: um raptó ideológico. **Revista da FAU UFRJ**, v. 2, p. 8–15, 2010.

FIALHO, Edson Soares. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. **Revista ACTA Geográfica**, p. 61–76, 2012.

FILHO, Otto Corrêa Rotunno. (A EVOLUÇÃO DA ILHA DE CALOR NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO). **REVISTA GEONORTE**, p. 14, 2012.

FLAUZINO, Regina Fernandes; SOUZA-SANTOS, Reinaldo; OLIVEIRA, Rosely Magalhães. Dengue, geoprocessamento e indicadores socioeconômicos e ambientais: um estudo de revisão. **Rev Panam Salud Publica**, v. 25, n. 5, p. 456–61, 2009.

GATHERER, Derek; KOHL, Alain. Zika virus: a previously slow pandemic spreads rapidly through the Americas. **Journal of General Virology**, v. 97, n. 2, p. 269–273, 2016.

GATRELL, A.C.; BAILEY, T.C. Interactive spatial data analysis in medical geography. **Social Science & Medicine**, v. 42, n. 6, p. 843–855, 1996.

GESLER, Wil. The uses of spatial analysis in medical geography: A review. **Special Issue: Medical Geography: Selected Papers from the 1985 Nottingham Symposium**, v. 23, n. 10, p. 963–973, 1986.

GIULIANO, Genevieve. A multicriteria method for transportation investment planning. **Transportation Research Part A: General**, v. 19, n. 1, p. 29–41, 1985.

GONDIM, Gracia Maria de Miranda. **Territórios da Atenção Básica: múltiplos, singulares ou inexistentes?** Tese de Doutorado, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, RJ, 2011.

GRANDA, Edmundo; BREILH, Jaime. **Saude na sociedade: guia pedagogico sobre um novo enfoque do metodo epidemiologico**. S.l.: Cortez, 1989.

GUBLER, D. J.; KUNO, G. **Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever**. [s.l.]: CAB International, 1997.

GUBLER, Duane J. Epidemic Dengue/Dengue Haemorrhagic Fever: A Global Public Health Problem in the 21st Century. **Dengue Bulletin**, v. 21, p. 1–14, 1997.

GUBLER, Duane J. Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever. **Clinical microbiology reviews**, v. 11, p. 17, 1998.

GUBLER, Duane J. The Global Emergence/Resurgence of Arboviral Diseases As Public Health Problems. **Archives of Medical Research**, v. 33, n. 4, p. 330–342, 2002.

GUBLER, D.J. The changing epidemiology of yellow fever and dengue, 1900 to 2003: full circle? **Advances on some vector-borne diseases**, v. 27, n. 5, p. 319–330, 2004.

GUBLER, Duane J. Dengue, Urbanization and Globalization: The Unholy Trinity of the 21st Century. **Tropical Medicine and Health**, v. 39, n. 4SUPPLEMENT, p. S3–S11, 2011.

GURUGAMA, Padmalal; GARG, Pankaj; PERERA, Jennifer; *et al.* Dengue viral infections. **Indian Journal of Dermatology**, v. 55, n. 1, p. 68, 2010.

HAESBAERT, Rogério. **O mito da desterritorialização: do “fim dos territórios” à multiterritorialidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

HAIR, Joseph F; TATHAM, Ronald L; ANDERSON, Rolph E; *et al.* **Multivariate Data Analysis**. 5. ed. [s.l.: s.n.], 1998.

HALL, G B; WANG, F; SUBARYONO. Comparison of Boolean and Fuzzy Classification Methods in Land Suitability Analysis by Using Geographical Information Systems. **Environment and Planning A**, v. 24, n. 4, p. 497–516, 1992.

HARPHAM, T.; LUSTY, T.; VAUGHAN, P. **In the Shadow of the City: Community Health and the Urban Poor**. [s.l.]: Oxford University Press, 1988. (Oxford medical publications).

HENCHAL, E A; PUTNAK, J R. The dengue viruses. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 3, n. 4, p. 376–396, 1990.

HONÓRIO, Nildimar Alves; SILVA, Wellington da Costa; LEITE, Paulo José; *et al.* Dispersal of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in an urban endemic dengue area in the State of Rio de Janeiro, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 2, p. 191–198, 2003.

HONÓRIO, Nildimar Alves; CÂMARA, Daniel Cardoso Portela; CALVET, Guilherme Amaral; *et al.* Chikungunya: uma arbovirose em estabelecimento e expansão no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 31, n. 5, p. 906–908, 2015.

HOPP, Marianne J; FOLEY, Jonathan A. Global-scale relationships between climate and the dengue fever vector, *Aedes Aegypti*. **Climate Change**, v. 48, n. 2–3, p. 441–463, 2001.

HORSTICK, Olaf; RUNGE-RANZINGER, Silvia; NATHAN, Michael B.; *et al.* Dengue vector-control services: how do they work? A systematic literature review and country case studies. **Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 104, n. 6, p. 379–386, 2010.

HORTA, Marco Aurélio Pereira. **Tese apresentada com vistas à obtenção do título de Doutor em Ciências na área de Saúde Pública e Meio Ambiente**. Tese de Doutorado, Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, RJ, 2013.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2000 Agregado por Setores Censitários dos Resultados do Universo. 2003.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. 2011.

IPP, Instituto Pereira Passos. **Rio em síntese**. Disponível em: <[http://apps.data.rio/datarioresources/arquivos/RIOemSINTESE\\_2017\\_portugues.pdf](http://apps.data.rio/datarioresources/arquivos/RIOemSINTESE_2017_portugues.pdf)>.

IRI, International Research Institute for Climate and Society. **IRI/LDEO Climate Data Library**. Disponível em: <<http://iridl.ldeo.columbia.edu/>>.

JACOBI, Pedro. Impactos socioambientais urbanos – do risco à busca de sustentabilidade. *In: Impactos socioambientais urbanos*. Curitiba - PR: UFPR, 2004, p. 169–184.

JANKOWSKI, Piotr. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. **International journal of geographical information systems**, v. 9, n. 3, p. 251–273, 1995.

JANSSEN, Ron; RIETVELD, Piet. Multicriteria analysis and geographical information systems: an application to agricultural land use in the netherlands. *In: SCHOLTEN, Henk J.; STILLWELL, John C. H. (Orgs.). Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1990, p. 129–139.

JIANG, Hong; EASTMAN, J. Ronald. Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 14, n. 2, p. 173–184, 2000.

JOLLIFFE, Ian. **Principal Component Analysis**. 2. ed. [s.l.]: Springer International Publishing, 2002.

KAWA, Helia; SABROZA, Paulo Chagastelles. Espacialização da leishmaniose tegumentar na cidade do Rio de Janeiro. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 18, n. 3, p. 853–865, 2002.

KULLDORFF, Martin. A spatial scan statistic. **Communications in Statistics - Theory and Methods**, v. 26, n. 6, p. 1481–1496, 1997.

KUNO, Goro. Review of the Factors Modulating Dengue Transmission. **Epidemiologic Reviews**, v. 17, n. 2, p. 321–335, 1995.

LA BLACHE, Paul Vidal de. O Princípio da Geografia Geral. **GEOgraphia**, v. 3, 2002.

LAWSON, Andrew B; KULLDORFF, Martin. A review of cluster detection methods. *In: Disease mapping and risk assessment for Public Health*. Chichester: John Wiley and Sons, 1999, p. 99–110.

LESSA, Carlos. **O rio de todos os Brasis - Uma reflexão em busca da auto-estima**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Record, 2000.

LIMA-CAMARA, Tamara Nunes. Emerging arboviruses and public health challenges in Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 50, n. 0, 2016.

LOWE, Rachel; BARCELLOS, Christovam; BRASIL, Patrícia; *et al.* The Zika Virus Epidemic in Brazil: From Discovery to Future Implications. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 1, p. 96, 2018.

MACHADO, Juliana Pires; OLIVEIRA, Rosely Magalhães de; SOUZA-SANTOS, Reinaldo. Análise espacial da ocorrência de dengue e condições de vida na cidade de Nova Iguaçu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, n. 5, p. 1025–1034, 2009.

MACIEL, Elvira Maria Godinho de Seixas; TELLES, Fernando Salgueiro Passos. Ensaio sobre a relação epistemológica entre probabilidade e método científico. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 16, n. 2, p. 487–497, 2000.

MACIEL, Ivan José; SIQUEIRA JÚNIOR, João Bosco; TURCHI MARTELLI, Celina Maria. Epidemiologia e desafios no controle do dengue. **Revista de Patologia Tropical**, v. 37, n. 2, 2008.

MANLY, B. F. J. M. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. [s.l.]: Bookman, 2008.

MARZOCHI, Keyla Belã-zia Feldman. Dengue in Brazil - situation, transmission and control: a proposal for ecological control. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 89, p. 235–245, 1994.

MATTOS ALMEIDA, Maria Cristina; CAIAFFA, Waleska Teixeira; ASSUNÇÃO, Renato Martins; *et al.* Spatial Vulnerability to Dengue in a Brazilian Urban Area During a 7-Year Surveillance. **Journal of Urban Health**, v. 84, n. 3, p. 334–345, 2007.

MEDRONHO, Roberto de Andrade. Geoprocessamento e saúde: uma nova abordagem do espaço no processo saúde-doença. *In: Geoprocessamento e saúde: uma nova abordagem do espaço no processo saúde-doença.* [s.l.: s.n.], 1995.

MENDONÇA, Francisco. S.A.U.- Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. *In: Impactos Socioambientais Urbanos.* Curitiba - PR: UFPR, 2004, p. 185–208.

MINGOTI, Sueli Aparecida. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** [s.l.]: Editora UFMG, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Secretaria de Vigilância em Saúde. Boletim Epidemiológico: Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e febre pelo vírus Zika até a Semana Epidemiológica 53, 2017. 2018.

MONDINI, Adriano; CHIARAVALLI NETO, Francisco; GALLO Y SANCHES, Manuela; *et al.* Análise espacial da transmissão de dengue em cidade de porte médio do interior paulista. **Revista de Saúde Pública**, v. 39, n. 3, p. 444–451, 2005.

MONKEN, Maurício; BARCELLOS, Christovam. Vigilância em saúde e território utilizado: possibilidades teóricas e metodológicas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, n. 3, p. 898–906, 2005.

MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira; FELGUEIRAS, Carlos Alberto; CAMARGO, Eduardo Celso Gerbi; *et al.* **Análise espacial de dados geográficos.** Brasília - BR: EMBRAPA, 2004.

NAISH, Suchithra; DALE, Pat; MACKENZIE, John S; *et al.* Climate change and dengue: a critical and systematic review of quantitative modelling approaches. **BMC Infectious Diseases**, v. 14, n. 1, 2014.

NOGUEIRA, Rita Maria Ribeiro; MIAGOSTOVICH, Marize Pereira; LAMPE, Elisabeth; *et al.* Isolation of dengue virus type 2 in Rio de Janeiro. **Memória Instituto Oswaldo Cruz**, v. 85 (2), p. 253, 1990.

NOGUEIRA, Rita Maria Ribeiro; ARAÚJO, Josélio Maria Galvão de; SCHATZMAYR, Hermann Gonçalves. Dengue viruses in Brazil, 1986-2006. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 22, n. 5, p. 358–363, 2007.

NOGUEIRA, Rita MR; EPPINGHAUS, Ana LF. Dengue virus type 4 arrives in the state of Rio de Janeiro: a challenge for epidemiological surveillance and control. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 106, n. 3, p. 255–256, 2011.

OMS, World Health Organization; TDR, Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (Orgs.). **Dengue: guidelines for diagnosis, treatment, prevention, and control**. New ed. Geneva: TDR : World Health Organization, 2009.

OMS, World Health Organization (Org.). **Comprehensive guidelines for prevention and control of dengue and dengue haemorrhagic fever**. Rev. and expanded. ed. New Delhi, India: World Health Organization Regional Office for South-East Asia, 2011. (SEARO Technical publication series, no. 60).

OMS, World Health Organization. **Sustaining the drive to overcome the global impact of neglected tropical diseases: second WHO report on neglected tropical diseases**. [s.l.]: Professor David WT Crompton, 2013.

OPAS, Organização Pan-americana de Saúde. **Dengue and Dengue Haemorrhagic Fever in the Americas: guidelines for prevention and control**. Washington: Organização Pan-americana de Saúde, 1994.

OPAS / OMS, Pan American Health Organization / World Health Organization. Epidemiological Update: Neurological syndrome, congenital anomalies, and Zika virus infection. 2016.

OSANAI, Carlos H; TRAVASSOS DA ROSA, Amélia P. A; T. TANG, Amazonia; *et al.* Surto de dengue em Boa Vista, Roraima. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 25, n. 1, p. 53–54, 1983.



PEREIRA, José M. C.; DUCKSTEIN, Lucien. A multiple criteria decision-making approach to GIS-based land suitability evaluation. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 7, n. 5, p. 407–424, 1993.

PONTES, Ricardo J. S.; RUFFINO-NETTO, Antonio. Dengue em localidade urbana da região sudeste do Brasil: aspectos epidemiológicos. **Revista de Saúde Pública**, v. 28, n. 3, p. 218–227, 1994.

PORTO, Marcelo Firpo de Souza. **Uma ecologia política dos riscos: princípios para integrarmos o local e o global na promoção da saúde e da justiça ambiental**. Rio de Janeiro, RJ: Editora FIOCRUZ, 2007.

RANDOLPH, Sarah E.; ROGERS, David J. The arrival, establishment and spread of exotic diseases: patterns and predictions. **Nature Reviews Microbiology**, v. 8, n. 5, p. 361–371, 2010.

REGASOLI, J. C. Cartograma Febre Amarela.

REISKIND, Michael H.; ZARRABI, Ali A.; PHILIP LOUNIBOS, L. Invasive leaf resources alleviate density dependence in the invasive mosquito, *Aedes albopictus*. **Biological Invasions**, v. 12, n. 7, p. 2319–2328, 2010.

REITER, Paul; AMADOR, Manuel A.; ANDERSON, Robert A.; *et al.* Short Report: Dispersal of *Aedes aegypti* in an Urban Area after Blood Feeding as Demonstrated by Rubidium-Marked Eggs. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 52, n. 2, p. 177–179, 1995.

RIPSA, Rede Interagencial de Informações para a Saúde. **Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações**. 2a edição. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, Escritório Regional para as Américas da Organização Mundial da Saúde, 2008.

ROCHA, C.H.B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. [s.l.]: Ed. do autor, 2002.

RODRÍGUEZ VIGNOLI, Jorge. **Vulnerabilidad y grupos vulnerables: un marco de referencia conceptual mirando a los jóvenes**. Santiago de Chile: Naciones Unidas, CEPAL, Proyecto Regional de Población CELADE-FNUAP, Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE), Div. de Población, 2001. (Serie población y desarrollo, 17).

SABROZA, Paulo Chagastelles. Espaço e produção de endemias. *In: Anales del II Taller de la Asociación Latino-Americana de Medicina Social*. [s.l.: s.n.], 1991, p. 237–247.

SABROZA, Paulo Chagastelles; LEAL, Maria do Carmo. Saúde, ambiente e desenvolvimento: alguns conceitos fundamentais. *In: Saúde, ambiente e desenvolvimento*. Rio de Janeiro, RJ: HUCITEC-ABRASCO, 1992, v. 1, p. 45–94.

SABROZA, Paulo Chagastelles. *Concepções Saúde Doença*, 2006.

SABROZA, Paulo Chagastelles. Estudos epidemiológicos na perspectiva do aumento da vulnerabilidade dos sistemas sócio-ambientais brasileiros. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 16, n. 4, p. 229–232, 2007.

SANCHEZ, L.; CORTINAS, J.; PELAEZ, O.; *et al.* Breteau Index threshold levels indicating risk for dengue transmission in areas with low *Aedes* infestation. **Tropical Medicine & International Health**, v. 15, n. 2, p. 173–175, 2010.

SANTOS, M.; DIAS, J. F. **A urbanização desigual: a especificidade do fenômeno urbano em países subdesenvolvidos**. [s.l.]: Editora Vozes, 1980.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e método- lógicos da geografia**. [s.l.]: Hucitec, 1988.

SANTOS, Milton. **O espaço dividido: os dois circuitos da economia urbana dos países subdesenvolvidos**. 2. ed. São Paulo: USP, 2008.

SANTOS SILVA, Júlia; ALENCAR, Jeronimo; COSTA, Janira Martins; *et al.* Feeding patterns of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in six Brazilian environmental preservation areas. **Journal of Vector Ecology**, v. 37, n. 2, p. 342–350, 2012.

SCHOLTEN, H. J.; STILLWELL, J. **Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning**. [s.l.]: Springer Netherlands, 2013.

SENA, C. A. P.; FRANÇA, J. R. A.; PERES, L. F. Study of Heat Islands in The Metropolitan Area of Rio de Janeiro Using Data from MODIS. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 37, n. 2, p. 111, 2014.

SIURB, Instituto Pereira Passos. **Sistema Municipal de Informações Urbanas**. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/web/ipp/siurb>>.

SKUSE, Frederick Askew. The banded mosquito of Bengal. **Indian Museum notes**, v. 3, p. 1, 1894.

SMS, RJ. Plano de contingencia ZIKA, CHIKUNGUNYA e DENGUE. 2016.

SMS, Secretaria Municipal de Saúde do Rio de Janeiro. Apresentação do centro de vigilância epidemiológica sobre situação das arboviroses na cidade do Rio de Janeiro. *In*: Rio de Janeiro, RJ: [s.n.], 2017.

SPEARMAN, C. The Proof and Measurement of Association between Two Things. **The American Journal of Psychology**, v. 15, n. 1, p. 72, 1904.

SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão. **Capitalismo e urbanização**. [s.l.]: Contexto, 1988.

STODDARD, Steven T.; MORRISON, Amy C.; VAZQUEZ-PROKOPEC, Gonzalo M.; *et al*. The Role of Human Movement in the Transmission of Vector-Borne Pathogens. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 3, n. 7, p. e481, 2009.

TAUIL, Pedro Luiz. Urbanização e ecologia do dengue Urbanization and dengue ecology. **Cad Saúde Pública**, v. 17, p. 99–102, 2001.

TEIXEIRA, Maria da Glória; BARRETO, Maurício Lima; COSTA, Maria da Conceição N.; *et al*. Avaliação de impacto de ações de combate ao *Aedes aegypti* na cidade de Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 5, n. 1, p. 108–115, 2002.

TEIXEIRA, Maria da Glória; BARRETO, Maurício Lima; GUERRA, Zouraide. Epidemiologia e medidas de prevenção do dengue. **Informe epidemiológico do SUS**, v. 8, n. 4, p. 5–33, 1999.

VANLERBERGHE, Veerle; GÓMEZ-DANTÉS, Hector; VAZQUEZ-PROKOPEC, Gonzalo; *et al.* Changing paradigms in Aedes control: considering the spatial heterogeneity of dengue transmission. **Rev Pan American Journal of Public Health**, n. 41, p. 1–6, 2017.

VANWAMBEKE, Sophie O.; ŠUMILO, Dana; BORMANE, Antra; *et al.* Landscape Predictors of Tick-Borne Encephalitis in Latvia: Land Cover, Land Use, and Land Ownership. **Vector-Borne and Zoonotic Diseases**, v. 10, n. 5, p. 497–506, 2009.

VASCONCELOS, Pedro Fernando da Costa. **Estudo de Epidemias de Dengue. Uso e Significado dos Inquéritos Soroepidemiológicos Transversais**. Doutorado em Medicina, Faculdade de Medicina, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1999.

VEGA-RUA, A.; ZOUACHE, K.; GIROD, R.; *et al.* High Level of Vector Competence of Aedes aegypti and Aedes albopictus from Ten American Countries as a Crucial Factor in the Spread of Chikungunya Virus. **Journal of Virology**, v. 88, n. 11, p. 6294–6306, 2014.

VIANA, Dione Viero; IGNOTTI, Eliane. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 16, n. 2, p. 240–256, 2013.

VILAS BOAS, Cíntia de Lima. **Análise da aplicação de métodos multicritérios de apoio à decisão (MMAD) na gestão de recursos hídricos**. Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente, UnB/FACH, Brasília, 2005.

VOOGD, JH Henk. **Multicriteria evaluation for urban and regional planning**. Gouda, Netherlands: Delftsche Uitgevers Maatschappij, 1982.

WEAVER, Scott C.; REISEN, William K. Present and future arboviral threats. **Antiviral Research**, v. 85, n. 2, p. 328–345, 2010.

XAVIER, Diego Ricardo; MAGALHÃES, Mônica de Avelar Figueiredo Mafra; GRACIE, Renata; *et al.* Difusão espaço-tempo do dengue no Município do Rio de Janeiro, Brasil, no período de 2000-2013. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, n. 2, 2017.

XAVIER-DA-SILVA, Jorge. **Geoprocessamento para análise ambiental**. [s.l.]: J. Xavier da Silva, 2001.

YOON, In-Kyu; GETIS, Arthur; ALDSTADT, Jared; *et al.* Fine Scale Spatiotemporal Clustering of Dengue Virus Transmission in Children and *Aedes aegypti* in Rural Thai Villages. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 6, n. 7, p. e1730, 2012.

ZANLUCA, Camila; MELO, Vanessa Campos Andrade de; MOSIMANN, Ana Luiza Pamplona; *et al.* First report of autochthonous transmission of Zika virus in Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 110, n. 4, p. 569–572, 2015.