

OS EFEITOS DO CRESCIMENTO URBANO SOBRE A DENGUE

The effects of urban growth on dengue

Los efectos del crecimiento urbano sobre la dengue

Artigo Original

RESUMO

Objetivo: Analisar a dinâmica espacial e temporal da dengue em Coronel Fabriciano, Minas Gerais, Brasil, e associar os casos ao crescimento das áreas urbanas e à perda de áreas naturais nos últimos anos. **Métodos:** Trata-se de um estudo descritivo, exploratório, de abordagem quantitativa. Os casos de dengue relativos a 2009 foram obtidos na Secretaria Municipal, incluindo-se os suspeitos e os confirmados. Obtiveram-se *shape files* contendo informações sobre o limite municipal, limite da área urbana, setores censitários, áreas com construções e áreas naturais. Com base na distribuição dos casos, o estimador de Kernel foi utilizado para medir sua dispersão. **Resultados:** Casos de dengue notificados foram georreferenciados em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas). A paisagem mostrou mudanças nas unidades de zona urbana e pastagem, assim como crescimento urbano sobre a matriz de pastagem. Não foram observadas alterações nas áreas de floresta remanescente e eucalipto. Há casos distribuídos espacialmente com uma tendência a formar aglomerados. **Conclusão:** Observaram-se casos de dengue espacialmente agrupados na região norte da cidade, onde novos bairros surgiram nos últimos anos, acompanhando o crescimento populacional sem estrutura adequada de urbanização e planejamento. Além disso, o crescimento urbano reduziu a margem de cursos d'água e forneceu um solo nu, adequado para o acúmulo de lixo e a formação de criadouros de mosquitos. Fica mais uma vez constatado que políticas públicas eficientes e planejamento urbano adequado podem reduzir o impacto da dengue em regiões endêmicas.

Descritores: Dengue; *Aedes*; Distribuição Espacial da População; Saúde Pública.

ABSTRACT

Objective: To analyze the spatial and temporal dynamics of dengue in Coronel Fabriciano, Minas Gerais State, Brazil, and to associate cases to the growth of urban areas and loss of natural areas in recent years. **Methods:** This is a descriptive, exploratory study, with a quantitative approach. Dengue cases of 2009 were obtained from the Health Municipal Secretariat, including the suspected and confirmed cases. Shape files were obtained, containing information about the municipal boundary, boundary of the urban area, census tracts, areas with buildings and natural areas. Based on the distribution of dengue cases, the Kernel estimator was used to measure data dispersion. **Results:** Dengue cases reported were georeferenced in GIS (Geographic Information System) environment. The landscape showed changes in the units of urban area and pasture, as an urban growth over the pasture matrix. No changes were observed in the areas of remaining forest and eucalyptus. There are cases spatially spread with a tendency to form clusters. **Conclusion:** Cases of dengue were observed spatially clustered in the northern region of the city, where new neighborhoods have emerged in recent years, following the population growth without proper structure of urbanization and urban planning. In addition, urban growth have reduced the margin of watercourses providing a bare soil, suitable for accumulation of trash and formation of breeding sites for mosquitoes. Efficient public policies and appropriate urban planning might reduce the impact of dengue in endemic regions.

Descriptors: Dengue; *Aedes*; Residence Characteristics; Public Health.

Marco Aurélio Pereira Horta⁽¹⁾
Aldo Pacheco Ferreira⁽¹⁾
Robson Bruniera de Oliveira⁽¹⁾
Eduardo Dias Wermelinger⁽¹⁾
Fabrício Thomáz de Oliveira
Ker⁽²⁾
Ana Cristina Navarro Ferreira⁽³⁾
Cristina Maria Sousa Catita⁽³⁾

1) Escola Nacional de Saúde Pública
Sérgio Arouca - Fundação Oswaldo Cruz -
FIOCRUZ - Rio de Janeiro (RJ) - Brasil

2) Instituto Estadual de Florestas (IEF)
Projetos e Pesquisas - Minas Gerais (MG)
- Brasil

3) Departamento de Engenharia Geográfica
e Energia - Faculdade de Ciências -
Universidade de Lisboa - Lisboa - Portugal

Recebido em: 14/11/2012

Revisado em: 18/09/2013

Aceito em: 08/10/2013

RESUMEN

Objetivo: Analizar la dinámica espacial y temporal de la dengue en Coronel Fabriciano, Minas Gerais, Brasil, y asociar los casos al crecimiento de las áreas urbanas y la pérdida de áreas naturales en los últimos años. **Métodos:** Se trata de un estudio descriptivo, exploratorio, de abordaje cuantitativo. Los casos de dengue relativos a 2009 fueron obtenidos de la Secretaría Municipal incluyéndose los sospechosos y los confirmados. Se obtuvieron shape files conteniendo informaciones sobre el límite municipal, límite de área urbana, sectores censitarios, áreas con construcciones y áreas naturales. Basado en la distribución de los casos, el estimador de Kernel fue utilizado para medir su dispersión. **Resultados:** Los casos de dengue notificados fueron georeferenciados en ambiente SIG (Sistema de Informaciones Geográficas). El paisaje mostró cambios en las unidades de zona urbana y pasto así como el crecimiento urbano sobre la matriz de pasto. No fueron observadas alteraciones en las áreas de floresta remaneciente y de eucalipto. Hay casos distribuidos espacialmente con una tendencia a formar aglomerados. **Conclusión:** Se observaron casos de dengue espacialmente agrupados en la región norte de la ciudad donde nuevos barrios surgieron en los últimos años acompañando el crecimiento poblacional sin estructura adecuada de urbanización y planeamiento. Además, el crecimiento urbano redujo el margen de cursos de agua y forneció un suelo desnudo adecuado para el acumulo de basura y la formación de criaderos de mosquitos. Se queda una vez más constatado que políticas públicas eficientes y planeamiento urbano adecuado pueden reducir el impacto de la dengue en regiones endémicas.

Descriptorios: Dengue; *Aedes*; Distribución Espacial de la Población; Salud Pública.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano pode afetar negativamente a saúde da população quando as medidas de planejamento de novas áreas habitacionais não são feitas corretamente⁽¹⁾. O aumento da urbanização, o desenvolvimento econômico e a expansão do número de locais que são potenciais criadouros permitiram ao *Aedes aegypti* invadir a América do Sul nos anos 1970, aumentando a incidência da dengue e da febre hemorrágica da dengue^(1,2). A reemergência da dengue, em conjunto com a ampliação das áreas do seu vetor, configura, atualmente, um problema mundial⁽³⁾.

Muitos fatores estão associados à dengue, destacando-se: aqueles relacionados às condições climáticas, como temperatura, umidade, regimes regionais de precipitação⁽⁴⁾ e *El Niño*; os fatores socioeconômicos, como os associados às condições de saneamento e coleta de lixo deficiente, a ausência de rede de água potável, as baixas condições de renda e o acúmulo de lixo; e aqueles fatores relacionados ao aumento da probabilidade de contato entre o vetor e o

hospedeiro em um episódio epidêmico, como a proximidade das habitações, o fluxo populacional, e o aumento e a rapidez das viagens intercontinentais. Essa transmissibilidade tem sido estudada considerando-se o desenvolvimento de modelos matemáticos que explicitamente descrevem os mecanismos envolvidos na transmissão do agente patogênico entre hospedeiro e vetores⁽⁵⁾.

O principal vetor do vírus da dengue, o mosquito *Aedes (Stegomyia) aegypti*⁽⁶⁾, vem eficientemente explorando o ambiente antrópico, onde encontra condições adequadas para sobrevivência de seus adultos e uma enorme variedade de *habitats* para suas formas imaturas, favorecendo o aumento da densidade e a dispersão ativa e passiva do vetor⁽⁷⁾. A situação agrava-se pelas condições precárias de saneamento ambiental e pela utilização intensa de recipientes descartáveis e não biodegradáveis, como os de plástico e de vidro⁽⁸⁻¹⁰⁾. Vale considerar ainda as alterações climáticas e os movimentos migratórios do homem, fornecendo condições ideais para o desenvolvimento do vetor e para a circulação viral em diversas áreas⁽⁷⁾.

Os quatro vírus da dengue (DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4)⁽¹⁻⁴⁾ estão atualmente em circulação no Brasil, provocando epidemias em várias regiões⁽¹¹⁾. Após a grande epidemia causada pela introdução do DEN-3, em 2002, o sistema de notificação utilizado pelos municípios em todo o país detectou o vírus DEN-1 recirculando e afetando um grande número de pessoas suscetíveis⁽¹²⁾. O DEN-4 tem atraído recentemente a atenção do público por causa da epidemia em diversas regiões, afetando indivíduos imunocompetentes⁽¹³⁾. No Brasil, a vigilância da dengue centra-se na detecção de casos^(1,12,13).

A análise da dispersão da infecção através de sistemas interligados de populações, tais como centros urbanos, é de grande importância e atrai considerável interesse, em especial, para o planejamento de resposta às doenças emergentes pandêmicas^(12,14). O padrão temporal epidemiológico da dengue é caracterizado por epidemias periódicas, com ciclos interepidêmicos, mostrando variações sazonais no tamanho da população do vetor e com prevalências de determinados sorotipos, variando na dominância ao longo do tempo e do espaço⁽¹⁵⁾.

A análise da paisagem utilizando técnicas de análise espacial pode fornecer ferramentas para um melhor planejamento urbano, permitindo uma melhor qualidade de vida e a preservação de áreas naturais. Surtos de dengue em cidades grandes têm, entre outros fatores da expansão urbana, o número elevado de locais de reprodução do mosquito, altas temperaturas e grande número de pessoas suscetíveis.

Nesse sentido, o mapeamento de doenças tem sido um instrumento básico no campo da saúde pública. Desde os

anos 1990, as técnicas de análise foram melhoradas para gerar mapas de identificação de áreas de risco, resultando em atenção diferenciada a ser dada pelos serviços de saúde⁽¹⁶⁾. Essas técnicas têm sido amplamente utilizadas para se compreender a dinâmica de doenças infecciosas^(14,17).

Para tanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a expansão de uma epidemia de dengue, tendo como cenário o crescimento urbano do município de Coronel Fabriciano, em Minas Gerais, e assim identificar fatores de associação de surtos epidêmicos de dengue, correlacionando os focos de acometimentos com as áreas de expansão urbana dentro do município estudado.

MÉTODOS

O presente trabalho trata-se de um estudo descritivo, exploratório, de abordagem quantitativa. É baseado em banco de dado secundário, não nominal, contendo informações a respeito dos casos, considerando a localização e a semana de início dos sintomas. O município de Coronel Fabriciano está localizado no Vale do Rio Doce, na região leste do estado de Minas Gerais (19°30'52" S, 42°37'31" W). Abrange uma área de 221 km², com 103.724 habitantes, segundo o Censo 2010 do Brasil⁽¹⁸⁾, incluindo uma zona rural composta principalmente por plantações de eucalipto e uma área urbana. Essa região foi industrializada há 30 anos, mas as áreas de transição com características rurais persistem na área periférica da cidade. Em 2009, as médias de temperatura e precipitação foram de 22°C e 177 mm, respectivamente.

Foram adquiridas pelo município de Coronel Fabriciano ortofotos datadas de 1989, confeccionadas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) em 4 cartas, na escala de 1:10.000. Essas cartas foram digitalizadas com definição de 400dpi e montadas em ambiente de SIG. Em 2010, foi visitado e georreferenciado todo o perímetro do município, incluindo a área urbana, as áreas naturais e de cultivo. Com o auxílio de um Global Positioning System (GPS), cuja precisão variou entre 6 e 15 metros, obtiveram-se as coordenadas geográficas do entorno destas, gerando polígonos das áreas de interesse.

Na Secretaria Municipal de Saúde de Coronel Fabriciano, levantou-se o número de casos de dengue notificados no período de 2009. Incluíram-se no estudo os casos suspeitos e confirmados, de acordo com o aparecimento de sintomas durante o período de estudo. As definições de casos prováveis e confirmados em uso pelo sistema de saúde brasileiro são as especificadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS)⁽¹⁹⁾, ou seja, um caso de dengue foi classificado como provável quando febre ou calafrios estavam presentes, além de pelo menos dois sintomas entre mialgia, artralgia, dor retro-orbital, erupção

cutânea, dor de cabeça ou alguma manifestação hemorrágica (petéquias, hematúria, hematêmese ou melena). Apenas uma pequena porcentagem dos casos de dengue prováveis foi confirmada através de testes de anticorpos IgM pelos laboratórios regionais.

No ano de 2009, obtiveram-se *shape files* contendo dados sobre o limite municipal, limite da área urbana, setores censitários, áreas com construções e áreas naturais. Para a avaliação do crescimento urbano, as informações dos mapas foram sobrepostas ao mapa gerado, sendo quantificado o crescimento em área quadrada e as principais regiões onde se verificou a expansão urbana.

Na sequência, utilizaram-se as notificações dos casos semanais no período de estudo, distribuídas em 52 semanas epidemiológicas. Inicialmente, para cada caso notificado foi realizado o georreferenciamento dos endereços com a ferramenta da internet (www.gpsvisualizer.com), a qual utiliza como base o banco de dados geográficos do Google sobre um mapa de base digital contendo os limites da cidade, através do SIG.

Com base na distribuição dos casos de dengue ao longo da cidade, procedeu-se o uso do estimador de Kernel para medir a dispersão deles, baseando-se em um comprimento de banda de 262 metros. Com isso, decorreram-se as análises, confrontando acometimentos, expansão urbana e foco do vetor. A análise espacial foi realizada utilizando-se ArcGIS® 9.3.

RESULTADOS

No período de estudo, foram identificados 3.389 casos de dengue. A incidência acumulada do período atingiu o alto valor de 3.271,22 casos por 100 mil habitantes. Os casos notificados de dengue seguem um padrão temporal já conhecido para muitos estados brasileiros, onde nota-se um crescimento dos casos nas primeiras semanas do ano (Figura 1). O aumento no número de notificações mantém-se durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril, e tende a reduzir a partir de maio. Pôde-se verificar um padrão endêmico a partir desse momento, em que a epidemia perde força, mas casos pontuais são notificados durante todo o ano.

De acordo com a Figura 2, fica evidenciado pelo estimador de Kernel um padrão de dispersão espacial dos casos de dengue em Coronel Fabriciano. A onda epidêmica teve início no norte da cidade, espalhando-se rapidamente para as áreas centrais. Na semana 9, pôde-se ver o enfraquecimento da onda epidêmica no setor norte, sendo desviada para a região nordeste da cidade. Entre as semanas 10 a 15, percebe-se o esgotamento dos casos em áreas do norte e a presença de pontos quentes (*hot spots*) na região mais central, além da ocorrência de um ponto quente no

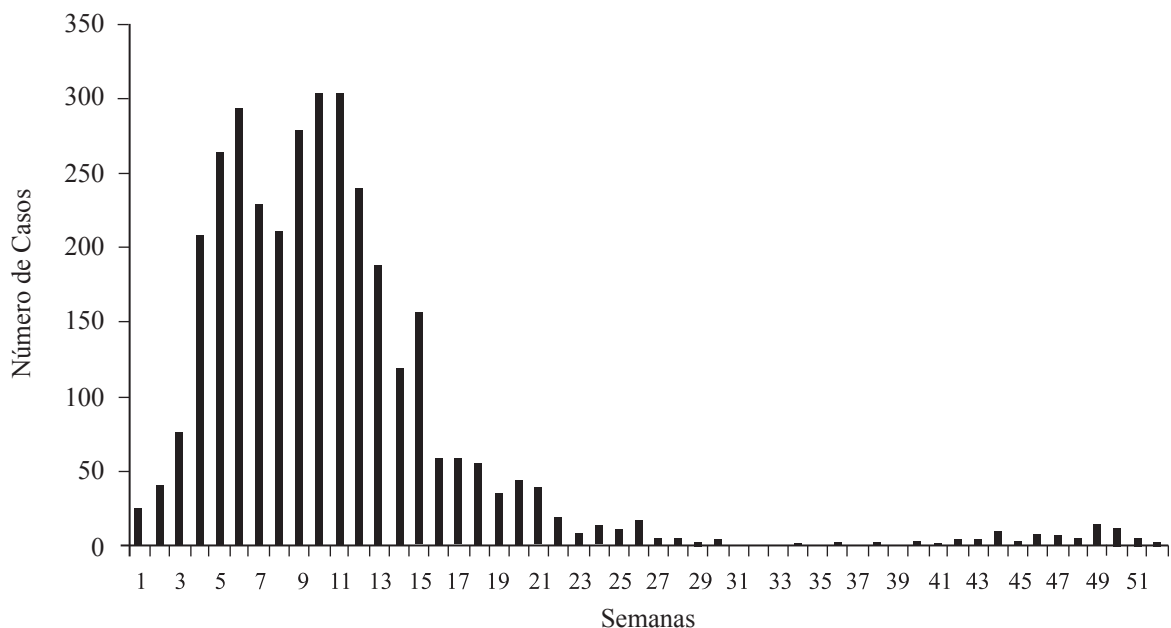


Figura 1 - Número de casos de dengue notificados durante as 52 semanas epidemiológicas em Coronel Fabriciano, MG, em 2009.

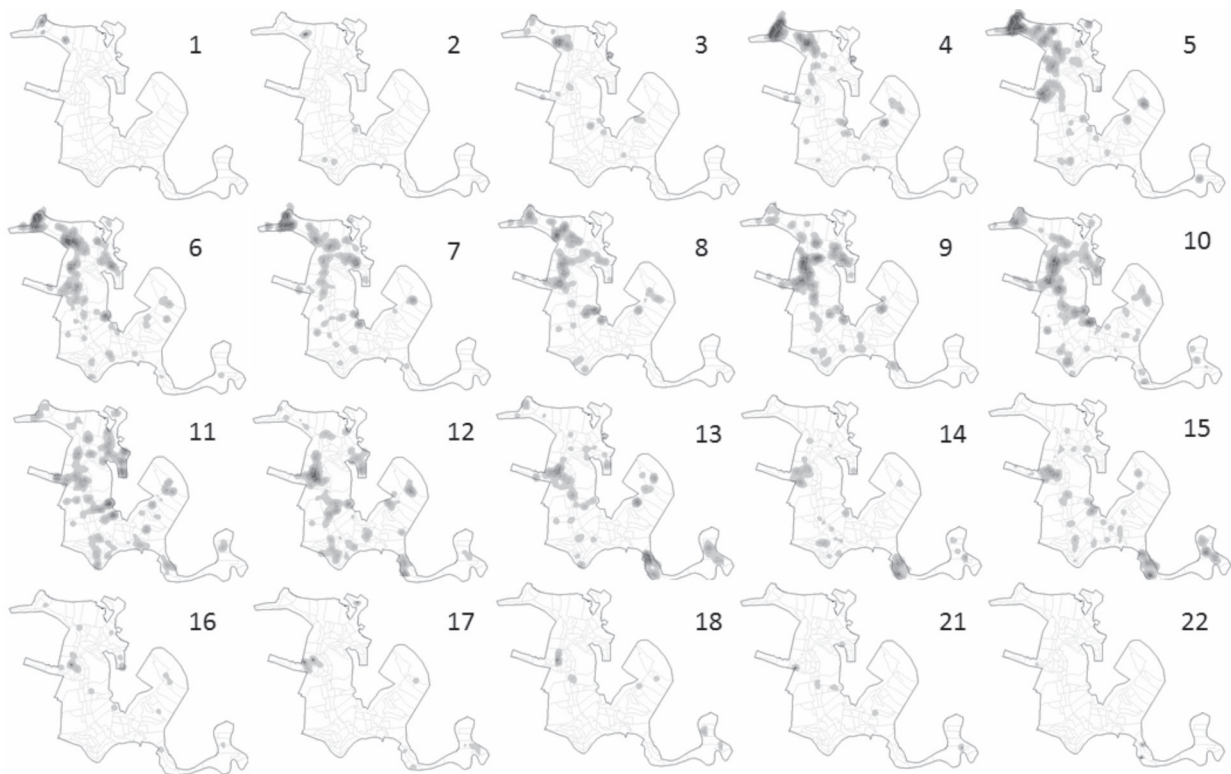


Figura 2 - Evolução dos casos de dengue no município de Coronel Fabriciano, MG, em 2009, entre as semanas 1 e 22. As manchas escuras representam áreas de maior aglomeração de casos (*hot spots*).

setor sul da cidade. Os casos estão esgotados até a semana 18, com poucos casos restantes. Após 22 semanas, alguns casos isolados ocorrem na cidade, demonstrando o padrão de dengue endêmica nessa região.

No período entre 1989 e 2009, a paisagem mostrou mudanças nas unidades da zona urbana e pastagem. Observou-se um crescimento urbano sobre a matriz de pastagem. Não foram observadas alterações nas áreas de floresta remanescente e eucalipto. A área total estudada

do município de Coronel Fabriciano corresponde a 63,667 km². Identificaram-se cinco unidades na paisagem: matriz (pastagem), urbano, semiurbano, eucalipto e floresta (Figura 3). As áreas de centro das unidades de paisagem ocupam 81,39% da área de estudo, sendo sua maioria composta por matriz (35%), urbano (27,1%), floresta (22,5%) e eucalipto (12,3%).

Não houve diferenças quanto às áreas das unidades de floresta, eucalipto e semiurbano, mas foram observadas

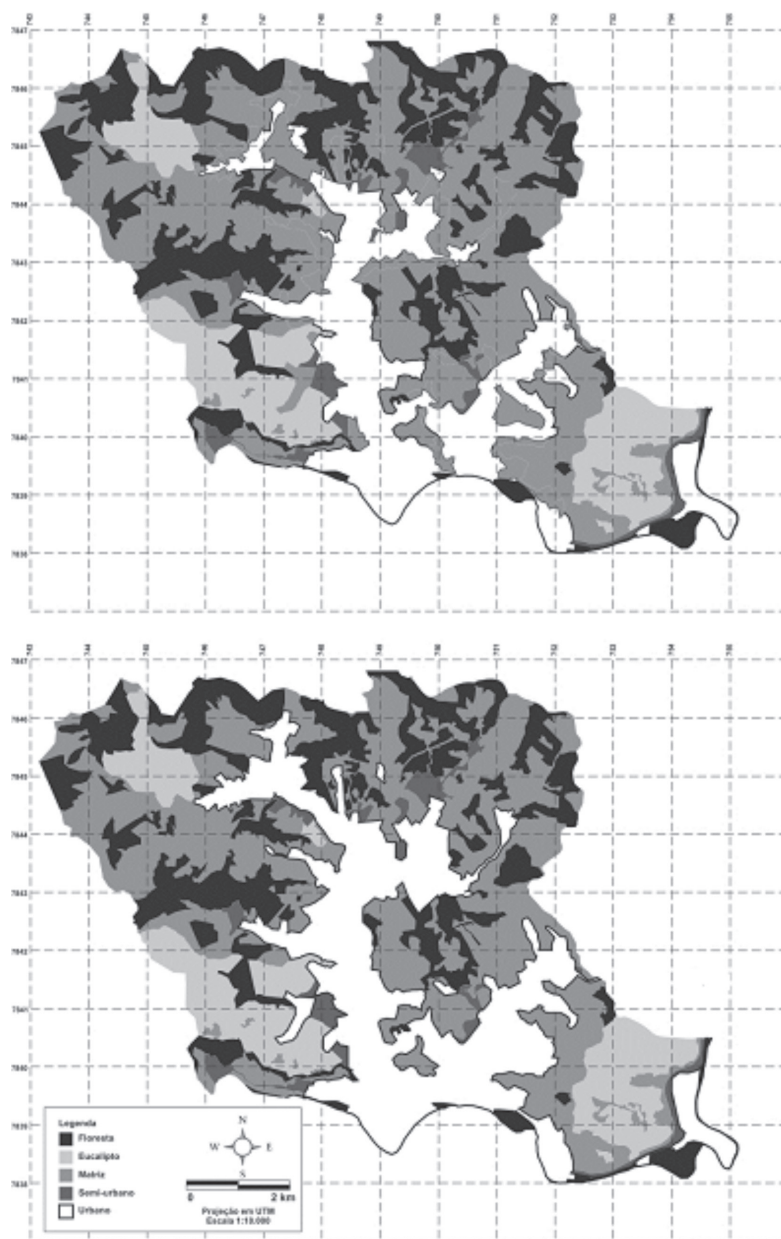


Figura 3 - Diversificação de paisagens encontradas no município de Coronel Fabriciano em 1989 e 2009. Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Coronel Fabriciano, MG.

diferenças nas áreas de matriz e urbana. Ocorreu um aumento na área urbana entre os anos de 1989 e 2009 (de 19,1% para 27,1%; $p < 0,001$) e uma redução na área de matriz nesse mesmo período (de 43% para 35%; $p < 0,001$). As bordas representam 18,09% da área de estudo, sendo compostas basicamente por matriz (37%), floresta (27%) e urbano (23%). Com a expansão urbana, alteraram-se as proporções de unidades de borda. As bordas da matriz diminuíram em aproximadamente 1/4 e a borda urbana

praticamente duplicou. As áreas de cor escura na Figura 4 são pontos com densidade máxima de casos de dengue.

Na Figura 4, as áreas amarelas mostram o perímetro urbano, enquanto as áreas em laranja, o perímetro semiurbano, entre 1989 e 2009. Fica denotada a expansão da área urbana, com bastante destaque na porção norte da cidade, onde novos bairros apareceram nos últimos anos. Esses bairros caracterizam-se por estarem localizados em áreas de condições socioeconômicas baixas, com deficiente serviço de infraestrutura urbana.

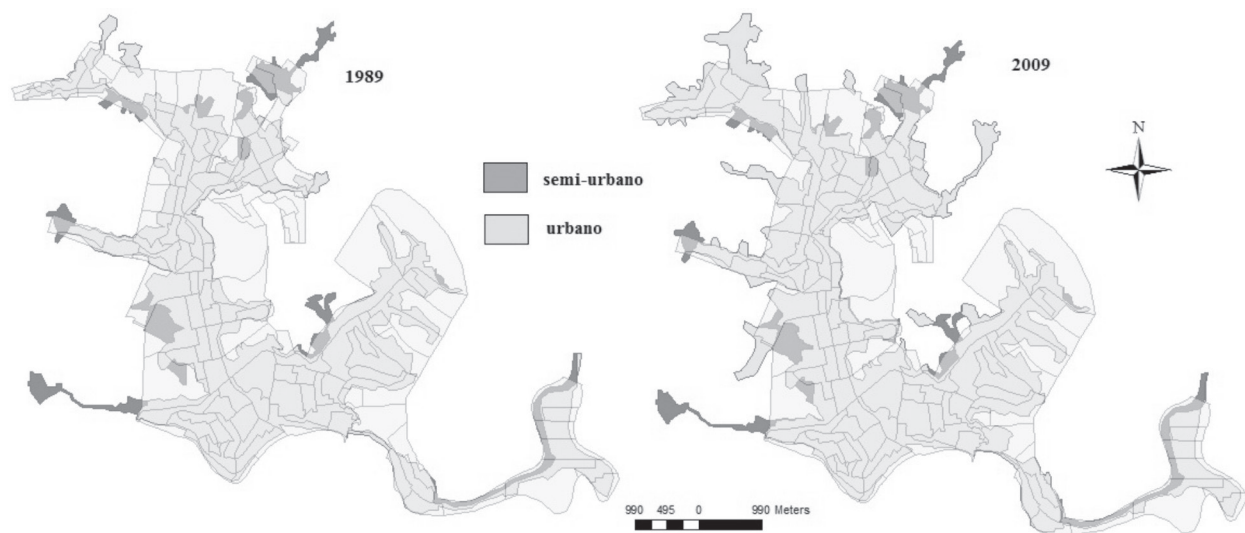


Figura 4 - Comparativo da expansão urbana (perímetro urbano e semiurbano), município de Coronel Fabriciano, MG, entre 1989 e 2009. Fonte: Secretaria Municipal de Saúde de Coronel Fabriciano, MG.

DISCUSSÃO

Nas duas últimas décadas, os quatro vírus da dengue foram se alternando na população brasileira, variando em gravidade e entre regiões geográficas^(10,12,20). Com a alternância de sorotipos no Brasil, o vírus encontra-se em períodos cíclicos. Fatores tais como o número de indivíduos suscetíveis, os níveis de populações de mosquitos, as características físicas e ambientais determinam a força de infecção da doença⁽²¹⁾ e explicam os surtos observados na região estudada na presente pesquisa.

De forma concernente, os surtos de dengue geralmente ocorrem em vários estados brasileiros após as condições climáticas favorecerem a reprodução do mosquito, ou seja, no período chuvoso e úmido⁽²²⁾. No entanto, não só as condições climáticas podem fornecer pistas para a alta transmissão de dengue em cidades como Coronel Fabriciano, localizada em uma região de altas temperaturas médias e umidade. A suscetibilidade da população é outra

característica fundamental que deve ser explorada em modelos de transmissibilidade^(23,24).

As medidas de controle da dengue estão focadas na participação comunitária, no controle de vetores e na redução da fonte larval⁽¹⁷⁾. Estações secas e úmidas são típicas na região, e condições quentes temperadas ocorrem ao longo do vale no qual está o município de Coronel Fabriciano. A dengue, sendo uma doença transmitida por vetor, é a mais importante arbovirose global e é geralmente associada a ambientes construídos em áreas tropicais⁽²⁵⁾. A temperatura quente, a alta pluviosidade e a posição geográfica da cidade criaram um local ideal para criadouros de populações do mosquito *Aedes aegypti*, assegurando a sobrevivência deste ao longo do ano. Assim como outros municípios, Coronel Fabriciano tem um programa de inseticidas e busca ativa de larvas de *Aedes* ativo durante todo o ano.

O surgimento da onda epidêmica na cidade de Coronel Fabriciano ocorre nas localidades que experimentaram uma expansão urbana nos últimos anos, com destaque para

a região norte do município, onde há uma presença forte da interface urbano-rural e uma infraestrutura deficiente, promovendo a proliferação do vetor e a rápida transmissão da doença. Além disso, o nível socioeconômico inferior em relação a outras áreas do município favorecerá a epidemia. Assim, a literatura denota associações entre as condições socioeconômicas e a incidência de dengue⁽²⁶⁻²⁹⁾.

Em outro cenário, o vetor está presente em toda a área urbana do município investigado no atual estudo – ainda que os índices entomológicos apresentem valores variantes entre os bairros –, sinalizando que a transmissão da doença se mantém, mesmo em áreas de baixa densidade populacional do mosquito⁽²⁴⁾. Com isso, os movimentos populacionais teriam uma importância. Um grande número de pessoas se desloca diariamente entre as áreas centrais de Coronel Fabriciano (onde trabalham ou utilizam dos serviços) e as zonas periféricas ao norte (onde residem). Dessa forma, as zonas de transmissão se dariam em um local diferente de onde se deu o início do surto.

Além desses fatores, a existência de suscetíveis nas áreas ao norte poderia ser um ponto importante na cadeia de transmissão da dengue na cidade de Coronel Fabriciano. Como não estão disponíveis dados sorológicos sobre o sorotipo circulante entre os diferentes bairros, ficou dificultado saber se a distribuição de pessoas suscetíveis ao sorotipo epidêmico dentro do município é heterogênea ou não. Um estoque de suscetíveis aliado às questões socioeconômicas que favorecem o vetor e o maior encontro entre este e o homem seria o passo inicial para o surgimento dos casos e a posterior epidemia nessas áreas ao norte.

O monitoramento da circulação de sorotipos em 2010 apontou para uma nova mudança do sorotipo predominante, com uma recirculação significativa de DENV-1. Esta aumenta a possibilidade de surtos em regiões onde a população não tenha estado em contato com o vírus desde os anos 1980. O efeito da recirculação do DENV-1 deve ser acompanhado de perto pelo serviço de vigilância da dengue em todos os níveis do sistema, uma vez que pode levar a um padrão semelhante de casos em crianças, devido à reduzida circulação desse sorotipo durante a última década.

Como o monitoramento da circulação do vírus da dengue no Brasil, em 2010, apresentou uma maior proporção de isolamento do sorotipo DENV-1, isso pode ser associado à transmissão aumentada em algumas regiões, como Coronel Fabriciano⁽²⁴⁾ e alguns estados, evidenciando o sorotipo 4 a partir de 2011 no país. A maioria da população brasileira não tem imunidade contra esse tipo de vírus, o que aumenta as chances de uma epidemia. O vírus circula em 10 países nas Américas⁽³⁰⁾, incluindo a Venezuela, que faz fronteira com o estado de Roraima, por onde esse tipo de vírus da dengue provavelmente pode ter entrado no Brasil.

A onda epidêmica vista no presente estudo parece ter um caráter unidirecional, pois as notificações vão acontecendo em um local até o esgotamento do mínimo de suscetíveis para a manutenção da epidemia. Uma onda epidêmica é definida como uma sequência de semanas ininterruptas com a ocorrência de casos⁽³¹⁾. Em Coronel Fabriciano, as áreas urbanas são divididas em distritos, cada um com diferente tamanho da população e uma chance de infecção que pode diferir, a depender das condições ambientais.

A dengue tem, provavelmente, uma distribuição espacial heterogênea sobre as áreas afetadas⁽²⁴⁾. Muitas regiões são propensas a experimentar grandes impactos de surtos, especialmente quando um novo sorotipo começa a circular. Neste estudo, a disseminação de casos de dengue vista durante o período estudado oferece uma indicação de que a epidemia de dengue evoluiu temporariamente e espacialmente, ocupando diferentes áreas dentro da cidade. Os pontos evidenciaram a maioria dos casos atendidos na região norte, local da primeira ocorrência de casos de *cluster*, causando um esgotamento de suscetíveis nesse ponto. Em seguida, os movimentos de ondas epidêmicas foram para outra direção, onde havia um grande número de pessoas em bairros caracterizados por más condições sociais, de saneamento básico e infraestrutura urbana. Há evidências do efeito do saneamento e crescimento urbanos na proliferação da dengue no Brasil^(32,33).

Algumas limitações podem ser estabelecidas no presente estudo, como as análises conduzidas a partir de casos notificados pelos serviços hospitalares à Secretaria Municipal de Saúde, e não a partir dos casos laboratorialmente confirmados de dengue. Na maioria dos municípios em Minas Gerais, o principal padrão de confirmação de dengue é o clínico, uma vez que poucos exames sorológicos são realizados. O viés no atual estudo pode surgir a partir do momento em que os casos de dengue são subnotificados ou supernotificados durante o período epidêmico nos primeiros meses do ano. Isso advém do fato de outras doenças estarem inseridas na síndrome febril icterica aguda (SFIA) e na síndrome febril icterica hemorrágica aguda (SFIHA) e, assim, serem diagnosticadas e notificadas como dengue pelos serviços de saúde.

CONCLUSÃO

Neste estudo observaram-se casos de dengue espacialmente agrupados na região norte do município de Coronel Fabriciano, onde novos bairros surgiram nos últimos anos acompanhando o crescimento populacional, sem estrutura adequada de urbanização e planejamento urbano. Além disso, o crescimento urbano tem levado a uma abordagem de fragmentos florestais nativas com mais efeitos de borda, reduzindo a margem de cursos d'água e

fornecendo um solo nu, adequado para o acúmulo de lixo e formação de criadouros de mosquitos.

Os resultados obtidos mostraram que a expansão urbana, associada às condições climáticas e às atividades humanas, propiciou dispersão do vetor por toda a área do município, de forma oportunista.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento deste estudo. À Direção e aos Agentes Comunitários de Saúde pertencentes à Secretaria Municipal de Saúde de Coronel Fabriciano, MG.

REFERÊNCIAS

1. Almeida MCM, Caiaffa WT, Assunção RM, Proietti FA. Spatial vulnerability to dengue in a Brazilian urban area during a 7-year surveillance. *J Urban Health*. 2005;84(3):334-45.
2. Anderson RM, May RM. Infectious diseases of humans: dynamics and control. Oxford Univ. Press; 1991.
3. Araújo JM, Bello G, Schatzmayr HG, Santos FB, Nogueira RM. Dengue virus type 3 in Brazil: a phylogenetic perspective. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2009;104(3):526-9.
4. Medronho RA. Dengue e o ambiente urbano. *Rev Bras Epidemiol*. 2006;9(2):159-61.
5. Tauil PL. Urbanização e ecologia do dengue. *Cad Saúde Pública*. 2001;17(1):99-102.
6. Mcconnel KJ, Gubler DJ. Guidelines on the cost-effectiveness of larval control programs to reduce dengue transmission in Puerto Rico. *Rev Panam Salud Pública*. 2003;14(1):9-16.
7. Coelho GE. Challenges in the control of *Aedes aegypti*. *Rev Inst Med Tropical*. 2012; 54(18):13-24.
8. Sly PD. Health impacts of climate change and biosecurity in the Asian Pacific region. *Rev Environ Health*. 2011;26(1):7-12.
9. Schmidt WP, Suzuki M, Thiem VD, White RG, Tsuzuki A, Yoshida LM, et al. Population density, water supply, and the risk of dengue fever in Vietnam: cohort study and spatial analysis. *PLoS Med*. 2011;8(8):e1001082.
10. Tapia-Conyer R, Betancourt-Cravioto M, Méndez-Galván J. Dengue: an escalating public health problem in Latin America. *Paediatr Int Child Health*. 2012;32(1):14-7.
11. Regis L, Monteiro AM, Melo Santos MAV, Silveira Jr JC, Furtado AF, Acioli RV, et al. Developing new approaches for detecting and preventing *Aedes aegypti* population outbreaks: basis for surveillance, alert and control system. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2008;103:50-9.
12. Simone TS, Nogueira RMR, Araújo ESM, Guimarães FR, Santos FB, Schatzmayr HG, et al. Dengue virus surveillance: the co-circulation of DENV-1, DENV-2 and DENV-3 in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2004;98(9):553-62.
13. Earnest A, Tan SB, Wilder-Smith A. Meteorological factors and El Niño Southern Oscillation are independently associated with dengue infections. *Epidemiol Infect*. 2011;140(7):1244-51.
14. Sazonova I, Kelberta M, Gravenora MB. The speed of epidemic waves in a one-dimensional lattice of SIR Models. *Math Model Nat Phenom*. 2008;3(04):28-47.
15. Degallier N, Favier C, Boulanger JP, Menkes C. Imported and autochthonous cases in the dynamics of dengue epidemics in Brazil. *Rev Saúde Pública*. 2009;43(1):1-7.
16. Siqueira Junior JB, Maciel IJ, Barcellos C, Souza WV, Carvalho MS, Nascimento NE, et al. Spatial point analysis based on dengue surveys at household level in central Brazil. *BMC Public Health*. 2008;8:361.
17. Coelho FC, Codeço CT, Struchiner CJ. Complete treatment of uncertainties in a model for dengue R0 estimation. *Cad Saúde Pública*. 2008;24(4):853-61.
18. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE; 2012. Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data referência em 1º de julho de 2012. [acesso em 2012 Ago 6]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2012/>
19. World Health Organization - WHO. The Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases. Dengue: Guidelines for Diagnosis, Treatment, Prevention and Control. Switzerland: WHO; 2009.
20. Campos RD, Veiga CS, Meneses MD, Souza LM, Fernandes CA, Malirat V, et al. Emergence of Dengue virus 4 genotypes II b and I in the city of Rio de Janeiro. *J Clin Virol*. 2012;56(1):86-8.

21. Favier C, Degallier N, Rosa-Freitas MG, Boulanger JP, Costa Lima JR, Luitgards-Moura JF, et al. Early determinations of the reproductive number for vector-borne diseases: the case of dengue in Brazil. *Trop Med Int Health*. 2006;11(3):332-40.
22. Yang HM, Macoris ML, Galvani KC, Andrighetti MT. Follow up estimation of *Aedes aegypti* entomological parameters and mathematical modellings. *Biosystems*. 2011;103(3):360-71.
23. Focks DA, Daniels E, Haile DG, Keesling JE. A simulation model of the epidemiology of urban dengue fever: literature analysis, model development, preliminary validation, and samples of simulation results. *AM J Trop Med Hyg*. 1995; 53(5):489–506.
24. Horta MAP, Ferreira AP, Catita CMS, Ker FTO, Bruniera R. Temporal and spatial relationship by environmental factors as an effective prediction for occurrence of dengue fever: Case study. *Int Journal Epidemiol*. 2013;1:4-10.
25. Anderson RM, May RM. *Infectious diseases of humans: dynamics and control*. Oxford Univ. Press; 1991.
26. Mondini A, Chiaraualloti Neto F. Spatial correlation of incidence of dengue with socioeconomic, demographic and environmental variables in a Brazilian city. *Sci Tot Environ*. 2008;393(2-3):241–8.
27. Teixeira MG, Barreto ML, Costa MCN, Ferreira LDA, Vasconcelos PFC, Cairncross S. Dynamics of dengue virus circulation: a silent epidemic in a complex urban area. *Trop Med Int Health*. 2002;7(9):757–62.
28. Bartley LM, Carabini H, Vinh-Chau N, Ho V, Luxemburger C, HienTT, et al. Assessment of the factors associated with flavivirus seroprevalence in a population in Southern Vietnam. *Epidemiol Infect*. 2002;128(2):213–20.
29. Vasconcelos PFC, Lima JWO, Rosa APAT, Timbó MJ, Rosa EST, Lima Hr, et al. Epidemia de dengue em Fortaleza, Ceará: inquérito soro-epidemiológico aleatório. *Rev Saúde Pública*. 1998; 32(5):447–54.
30. Clark GG, Rubio-Palis Y. Mosquito vector biology and control in Latin America--a 22nd symposium. *J Am Mosq Control Assoc*. 2012;28(2):102-10.
31. Wen TH, Lin NH, Lin CH, King CC, Su MD. Spatial mapping of temporal risk characteristics to improve environmental health risk identification: a case study of a dengue epidemic in Taiwan. *Sci Total Environ*. 2006;367(2-3):631-40.
32. Cordeiro R, Donalisio MR, Andrade VR, Mafra ACN, Nucci LB, Brown JC, et al. (2011) Spatial distribution of the risk of dengue fever in southeast Brazil, 2006-2007. *BMC Public Health*. 2011;11(355):1-10.
33. Teixeira TRA, Medronho RA. Socio-demographic factors and the dengue fever epidemic in 2002 in the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Cad Saúde Pública*. 2008;24(9):2160-70.

Endereço para correspondência

Aldo Pacheco Ferreira
 Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca,
 Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil
 Rua Leopoldo Bulhões, 1480, CEP: 21041-210 –
 Manguinhos - Rio de Janeiro - Brasil
 E-mail: aldopachecoferreira@gmail.com