Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbge

Associação entre a precipitação pluviométrica e a incidência de dengue em sete municípios do estado do Pará

Jéssica Ariana de Jesus Corrêa¹, Antônio Carlos Lôla da Costa², Izaura Cristina Nunes Pereira³

¹ Doutoranda no Programa de Pós-Graduação Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. jehssicorrea@yahoo.com.br (autor correspondente). ² Prof. Dr. da Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém, Pará, Brasil. lola@ufpa.br. ³ Profª Dra. do Programa de Ciências Econômica e Desenvolvimento Regional, Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. geoiza@yahoo.com.br.

Artigo recebido em 02/09/2016 e aceito em 14/10/2016

RESUMO

Este trabalho foi realizado em decorrência da necessidade de se entender a dengue em sete municípios do Estado do Pará localizados em diferentes áreas com distribuição de precipitação. A dengue por ser uma doença recorrente em quase todos os estados brasileiros precisa ser acompanhado quais fatores ambientais podem contribuir para desencadear uma epidemia. Esta doença é multifatorial, porém as condições ambientais agem como limitante ao vetor transmissor da doença, e dentro desse contexto enquadra-se a precipitação que dependendo da região que se estuda pode ser considerado desencadeador da doença. Utilizou-se a série epidemiológica e de precipitação do período de 2007 a 2011, correlação de Spearman para verificar a associação e ajustamento de curvas para verificar a relação entre incidência de dengue e precipitação. Como resultado obtido, verificou-se que a precipitação atua de forma diferenciada nas incidências de dengue nos municípios localizados em regiões de diferentes volumes de precipitação anual. A análise de correlação de Spearman demonstrou haver associação positiva da precipitação com a incidência de dengue, mas em anos diferentes, sendo os municípios de Belém (0,63 em 2007, 0,75 em 2008 e 0,8 em 2009), Itaituba (0,67 em 2007, 0,74 em 2008 e 0,68 em 2011) e Santarém (0,78 em 2008, 0,82 em 2009 e 0,64 em 2011) os que mais apresentaram resultado significativo. Embora, as regiões com diferentes distribuições de precipitação não tenham o mesmo comportamento na incidência de dengue, foi possível observar que os casos da doença começam a surgir quando inicia o período chuvoso de cada município.

Palavras-chave: dengue, precipitação, sazonal.

Association between the rainfall and the incidence of dengue in the state of Pará

ABSTRACT

This work was carried out due to the need to understand dengue in seven municipalities located in different areas of distribution of precipitation in Pará State. Dengue to be a recurrent disease in almost all Brazilian states must be accompanied what environmental factors may contribute to trigger an epidemic. This disease is multifactorial, but the environmental conditions act as limiting the transmission vector of the disease, and in this context relates to the precipitation depending on the region to be studied can be considered triggering the disease. We used epidemiological series and 2007 period precipitation to 2011, Spearman correlation to verify the association and adjustment curves to verify the relationship between dengue incidence and precipitation. Obtained as a result, it was found that the precipitation acting differently in dengue incidence in municipalities located in regions of different volumes of annual rainfall. The Spearman correlation analysis showed a positive association of precipitation with the incidence of dengue, but in different years, the cities of Belém (0.63 in 2007, 0.75 in 2008 and 0.8 in 2009) Itaituba (0.67 in 2007, 0.74 in 2008 and 0.68 in 2011) and Santarém (0.78 in 2008, 0.82 in 2009 and 0.64 in 2011) who showed more significant result. Although the regions with different precipitation distributions do not have the same behavior in the incidence of dengue, it was observed that cases of the disease begin to appear when you start the rainy season in each municipality.

Keywords: dengue, rainfall, seasonal.

Introdução

A Dengue é uma doença de transmissão vetorial que tem se constituído um dos principais problemas de saúde pública. De acordo com a

Organização Mundial da Saúde (OMS) estima-se que entre 50 a 100 milhões de pessoas se infectem anualmente, em mais de 100 países, pondo quase a

metade da população do mundo em risco (Who, 2016). A transmissão acontece pela picada de mosquitos da espécie *Aedes*, como o *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* infectados por vírus do gênero Flavivirus da família Flaviviridae, que estão agrupados em quatro sorotipos que são antigenicamente distintos (DENV-1, DENV-2, DENV-3, DENV-4) (Martín et al., 2010; Naish et al., 2014).

A incidência de dengue é comumente observada nas regiões tropicais e subtropicais, compreendidas principalmente entre os paralelos (latitudes) 35° N e 35° S (Consoli e Oliveira, 1994). Porém, as preocupações com a expansão desse vetor para regiões extratropical têm sido crescentes por causa dos efeitos das mudanças climáticas globais (Assad, 2016). Um aumento de temperatura pode propiciar a prevalência e surgimento do *aedes*, principal vetor desta doença em áreas não endêmicas.

Observa-se que dentre as regiões que estão dentro da faixa de risco de transmissão, as Américas são reportadas como as que mais aparecem com casos de dengue, em maior número ocorrendo na América do Sul onde o Brasil tem sido o principal contribuinte, sendo que até a semana 21 de 2015 correspondia a 85% dos casos das Américas (PAHO, 2016). Martín e colaboradores (2010), através de dados da Organização Pan-Americana de Saúde (PAHO) observaram que durante as últimas três décadas o número de casos de dengue saiu de um milhão de casos durante os anos 80 para 4,7 milhões no período de 2000 a 2007, dos quais mais da metade desses casos ocorreram na América do Sul.

No Brasil a incidência da dengue vem aumentando devido, principalmente, à disseminação do principal vetor do vírus, o mosquito *Aedes aegypti*, em todos os Estados (Lima-Camara et al., 2006). No Pará, os primeiros casos notificados de dengue ocorreram em 1995, nos municípios de Redenção e Rondon do Pará, região sudeste do Estado (Travassos da Rosa et al., 2000). Desde então, a dengue permanece presente na maioria dos municípios, atualmente com 32 municípios prioritários para o Programa Nacional de Controle da Dengue. Além disso, o número de óbitos aumentou de uma média de 3,6 (2002-2006) para 19,4 (2007-2011) (Ministério da Saúde, 2013), mostrando a importância de entender a dinâmica da doença no Estado.

A transmissão do vírus da dengue está condicionada a sobrevivência e reprodução do *Aedes* no ambiente, assim condições ideais de temperatura e umidade devem estar dentro da faixa adequada para replicação e maturação do vírus no vetor (Consoli e Oliveira, 1994). Nesse contexto,

condicionantes ambientais agem como limitante a expansão do vetor, bem como na dinâmica da sua distribuição espacial e temporal.

Diversos estudos apresentaram a relação existente entre temperatura e transmissão de dengue (Glasser e Gomes, 2002; Wua et al., 2009). Temperaturas mais altas reduz o tempo de desenvolvimento das larvas, assim, aumenta a população de vetores adultos. Além disso, diminui o período de incubação extrínseca, isto é, o tempo para que o vírus alcance a glândula salivar do mosquito, possibilitando, assim, maiores proporções de mosquitos infecciosos, além de aumentar a proporção de mosquitos infectados. Por exemplo, o período de incubação extrínseca para DENV-2 em 30°C é entorno de 12 dias, em contrapartida em 32-35°C somente 7 dias (Schreiber, 2001).

Em contrapartida, a precipitação ainda não ficou bem esclarecida em algumas regiões, ocasionado principalmente pela ambiguidade existente do impacto da precipitação sobre os criadouros, além da possibilidade deles serem mantidos ou não pelo período de chuvas (Wongkoon et al., 2011, Colón-González et al., 2013; Naish et al., 2014). Isso é devido às características urbanas do *Aedes aegypti*, pois a sua proliferação pode ocorrer tanto em área domiciliar, peridomiciliar e/ou espaços públicos que apresente condições adequadas a sua sobrevivência, tais como, disponibilidade de reservatório que acumulem água para a oviposição de seus ovos (Souza et al., 2008).

Embora existam vários estudos sobre os prováveis impactos de variáveis meteorológicas sobre a dinâmica da dengue, outros fatores relacionados às particularidades do clima regional poderiam distinguir a transmissão, principalmente em regiões com espaço geográfico amplo e com uma ampla variabilidade espacial e temporal da precipitação. Nesse contexto, o Estado do Pará apresenta condicionantes que justifiquem uma análise mais aprofundada sobre os possíveis efeitos que a precipitação causa na incidência de certas doenças de transmissão vetorial, em específico a dengue.

A escolha da variável precipitação para este trabalho é devido, além de ser uma das variáveis climáticas de maior variabilidade na região, a sua relação sobre a incidência de dengue ainda ser muito contraditório (Câmara et al., 2009), sendo encontrada associação entre estas variáveis em algumas regiões, enquanto em outras não (Lowe et al., 2011). Diferentemente da temperatura, que além de variar pouco tanto anualmente como sazonalmente na região, já foi explicado por diversos estudos sua influência na

atividade do *Aedes aegypti*, e consequentemente na proliferação da doença (Watts et al., 1987; Schreiber 2001; Wua et al., 2009).

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a ocorrência da incidência de dengue em sete municípios do Estado do Pará e analisar suas possíveis relações com a precipitação pluviométrica no período de 2007 a 2011.

Material e métodos

Área de estudo

O Estado do Pará ocupa uma área de 1.247.954,666 Km², correspondente a 14,66% do território do país, sendo o segundo maior Estado do país. De acordo com o último censo, a população é 7.581.051 habitantes, com uma densidade demográfica de 6,07 hab/km². Conta atualmente com 144 municípios, distribuídos em seis mesorregiões e vinte e duas microrregiões (IBGE, 2013).

O clima do Estado, quente e úmido, é devido estar localizado na faixa equatorial. A sua temperatura média anual varia entre 22 °C a 32 °C e precipitação pluviométrica entre 1300 e 3500 mm (Parente et al., 2005). A precipitação é o elemento meteorológico de maior variabilidade na região. Além disso, a maioria dessa chuva ocorre entre as estações de verão e outono⁺, sendo devidas principalmente a Zona de Convergência do

Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

A sazonalidade é caracterizada por uma estação menos chuvosa que corresponde geralmente ao período de junho a novembro e outra chuvosa, que na maioria das localidades, compreende os meses de dezembro a maio. De acordo com relatório do Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM (ROCHA et al., 2009), a região mais chuvosa do Estado, com valores anuais de 2.500 e 3.100 mm, é a Nordeste, incluindo a ilha de Marajó, enquanto que a menos chuvosa, com valores entre 1700 e 2.100mm, é a região Sudeste, abrangendo Paragominas até Conceição do Araguaia (Moraes et al., 2005).

Neste estudo foram selecionados sete municípios (Figura 1) representativos de diferentes regiões quanto ao volume de precipitação anual segundo o critério estabelecido por Rocha e colaboradores (2009): Belém (2700-2900 mm), Breves (2500-2700 mm), Itaituba (2100-2300 mm), Santarém e São Félix do Xingu (1900-2100 mm), Redenção e Rondon do Pará (1700-1900). Além disso, a existência de banco de dados de precipitação e de casos notificados de dengue para cada localidade correspondente ao período de 2007 a 2011 foram requisitos para a escolha dos municípios utilizados nessa pesquisa.

Figura 1. Localização dos municípios no Estado. Fonte: Base cartográfica do IBGE.

Dados de dengue e precipitação

Os dados mensais de dengue foram disponibilizados pela Secretaria Estadual de Saúde do Pará (SESPA) através do banco de dados de notificações de dengue do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). São dados mensais notificados por município referentes ao período de janeiro de 2007 a dezembro de 2011. O coeficiente de incidência mensal dos casos notificados de dengue de cada município se deu através da razão entre o número de casos notificados no município com a população do mesmo e multiplicado pelo fator de 10.000 habitantes, no respectivo período. Essa população que participa como variável no cálculo foi obtida no setor de epidemiologia da SESPA, juntamente com o banco de dados de casos notificados.

Já os dados de precipitação totais mensais são provenientes de estações localizadas nos sete municípios do período de 2007 a 2011. Essas estações pertencem a Agência Nacional das Águas (ANA) e ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Métodos estatísticos

As séries de incidência de dengue e precipitação foram testadas para a normalidade usando o teste de Shapiro-Wilk que é calculado dividindo-se o quadrado da combinação linear dos valores ordenados da amostra pela variância simétrica estimada (Ayres et al., 2007). Essa verificação é decisiva para a aplicação ou não de técnicas inferenciais paramétricas com base na distribuição normal. Assim, se a variável dependente apresentar distribuição normal usa-se análise paramétrica, caso contrário, não paramétrica.

Devido a não normalidade das variáveis analisadas da maioria das cidades optou-se por uma análise não paramétrica neste estudo. Para análise de correlação usou-se Correlação de Spearman e ajustamento de curvas para análise de regressão.

Análise de Correlação de Spearman (ρ) foi realizada para verificar o grau de intensidade da associação entre a precipitação e incidência de dengue. A correlação de Spearman calcula a relação usando a ordem das observações, também chamada de postos, no lugar do valor observado, conforme fórmula (1) (Lira e Chaves Neto, 2006). Este coeficiente não mostra, necessariamente, uma tendência linear e não exige que os dados provenham de duas populações normais.

$$r_{ho} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d^2}{n(n^2-1)} \quad (1)$$

Onde:

r_{ho} é o coeficiente de correlação de Spearman; d é a diferença entre posições de valores correspondentes das variáveis x e y ; n = número de pares de ordenações (x_i, y_i); $\sum$ indica a soma de todos os pares de valores dados.

O valor de r_{ho} oscila entre -1 a 1 onde: $0,75 \leq r_{ho} < 1$ indica uma correlação forte, $0,50 \leq r_{ho} < 0,75$ indica uma correlação média, $r_{ho} < 0,50$ indica uma correlação fraca, $r_{ho} = 0$ indica ausência de correlação e $r_{ho} = \pm 1$ indica uma correlação perfeita.

Utilizou-se o teste de ajustamento de curvas para verificar se as variáveis se relacionam linearmente ou não. Ao realizar esta regressão verifica-se pelo coeficiente de determinação qual curva mais se ajusta aos dados uma vez que o modelo de distribuição pode não ser linear, podendo ser *exponencial*, *logarítmica* ou *geométrica*.

Uma das vantagens de se obter uma curva que se ajusta adequadamente é a possibilidade de prever os valores da função (variável dependente) para valores da variável explicativa que estão fora do intervalo fornecido, assim é possível determinar a relação de dependência entre duas variáveis.

Os dados foram analisados no programa estatístico BioEstat 5.0 (Ayres et al., 2007), software gratuito, para aplicações estatísticas. Além disso, considerou-se uma probabilidade de erro menor ou igual a 5% ($p\text{-valor} \leq 0,05$) de intervalo de confiabilidade.

Resultados

Epidemiologia descritiva

Analisando a série de dados dos casos de dengue registrados no período de 2007 a 2011, observou-se que as maiores incidências médias anuais de dengue foram registradas nos municípios de Redenção e São Felix do Xingú com 48,6 e 45,7 casos para 10.000 habitantes, respectivamente, enquanto a menor incidência de dengue ocorreu em Breves com 0,7 casos, conforme Figura 2. Ressalta-se que, espacialmente, houve uma distribuição heterogênea na incidência entre os municípios, com maior variabilidade interanual para Redenção em maior e menor transmissão de dengue.

Figura 2. Séries históricas dos dados anuais da incidência de dengue anual nos municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu.

A distribuição da precipitação nos setes municípios não apresentou padrão homogêneo de precipitação, com volumes acima de 3000 mm para Belém e acima de 1000 mm para Rondon do Pará. Esses valores estão dentro da faixa categorizadas neste trabalho assim como de acordo com o

trabalho de Moraes al. (2005). Observou-se que as maiores médias anuais estão nas cidades de Belém 3.349 mm e Santarém 2.392 mm, enquanto os menores em Rondon 1234 mm e São Félix do Xingú 1906 mm (Figura 3).

Figura 3. Séries históricas dos dados anuais de precipitação nos municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu.

Os municípios com maiores valores médios de incidência de dengue com 48.6 e 45.7 casos por 10.000 habitantes (Redenção e São Félix do Xingu, respectivamente) apresentaram padrão de precipitação aproximado de acordo com a média anual em 1960 mm (Figura 4), contudo esses municípios estão localizados em faixas de

distribuição de precipitação anual diferentes. Além disso, verificou-se que a incidência média de dengue não ocorre de forma homogênea entre os municípios localizados dentro da mesma faixa de distribuição de precipitação como, por exemplo, em Santarém e São Félix do Xingu em que suas médias anuais são em torno de 1900 a 2100 mm.

Figura 4. Média anual da incidência de dengue e precipitação para os municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu.

O padrão médio de incidência de dengue mensal nos sete municípios, como apresentado na Figura 5, não mostrou uma importante diferença nos valores de incidência de dengue entre os municípios conforme foi verificado pela análise de variância, contudo, como nos dados anuais, Redenção e São Félix apresentaram valores de incidência de dengue acima dos demais municípios. Ao longo do ano, observaram-se máximos principais de incidência em janeiro, fevereiro e março, a maioria ocorrendo em março. Em geral a transição para os meses de incidência mínima ocorre durante abril a novembro na maioria das localidades. Breves não apresentou máximos durante o período analisado devido a sua incidência ser baixa.

Observa-se na Figura 6 o perfil da dengue para quatro dos sete municípios, em incidências mensais por 10.000 habitantes, e o comportamento da precipitação para o mesmo período. É interessante notar inicialmente que as séries de incidência de dengue e de pluviosidade apresentaram um comportamento semelhante em

algumas cidades, enquanto em outras não. Além disso, as duas séries apresentam uma variabilidade bastante acentuada entre os municípios.

Na primeira metade dos anos (correspondente aos meses de janeiro a abril) houve maior incidência de dengue e coincidiu com a maior quantidade de chuva. Exceto em São Félix do Xingu quando a incidência cresce a partir de outubro. Em Belém, Itaituba e São Félix pode-se observar claramente uma sazonalidade em ambas as séries. Essa sazonalidade usualmente inicia em janeiro, com picos em março e abril. A partir disto, percebe-se que há um maior favorecimento para a disseminação da dengue nos primeiros meses do ano (Confalonieri, 2003; Souza et al., 2007).

A incidência de dengue apresentou uma periodicidade, mas podendo ocorrer picos esporádicos ao longo do ano, com uma “explosão” nos meses de janeiro a março e mínimos nos meses de junho a setembro. Além disso, observou-se na incidência uma flutuação interanual nos municípios.

Figura 5. Média mensal da incidência de dengue para os municípios de Belém, Breves, Itaituba, Redenção, Rondon do Pará, Santarém e São Félix do Xingu.

Figura 6. Média anual da incidência de dengue e precipitação para os municípios de Belém, Itaituba, Santarém e São Félix do Xingú.

Correlação entre incidência de dengue e precipitação

Analisando a existência de associação entre incidência de Dengue nos municípios e a precipitação pela correlação de Spearman, através da Tabela 1, observou-se que a correlação apresentou-se positiva, mas não houve uniformidade nos anos entre as cidades. Dentre as cidades, Breves não apresentou correlação significativa em nenhum dos anos estudados. Belém, Itaituba e Santarém foram os municípios mais correlacionados com a precipitação anual, apresentando correlação forte de 0,75 e 0,80 para o município de Belém e 0,79 e 0,82 para Santarém, nos anos de 2008 e 2009 respectivamente. Para esses mesmos municípios, correlação média de 0,63 para Belém no ano de 2007 e 0,64 no ano de 2011 para o município de Santarém (Tabela 1).

Itaituba apresentou correlação significativa média para os anos de 2007, 2008 e 2011 com valores de 0,67, 0,74 e 0,68 respectivamente. Redenção apresentou correlação significativa somente para o ano de 2008 com correlação forte de 0,76. Observa-se que para Rondon do Pará no ano de 2007 não houve resultado do teste de correlação devido a valores baixos de dados de precipitação.

Na tabela 2 está apresentado somente o resultado que teve maior coeficiente de determinação de acordo com curva mais adequada às variáveis que poderia ser linear, exponencial (exp.), logarítmica (log.) ou geométrica (geom.). Observou-se que em Belém 52,1% da incidência de dengue sendo possivelmente explicado pela precipitação em 2007 com uma relação exponencial, 69,8% em 2008, 78,8% em 2009, 5,4% em 2010 em 21,7% em 2011. Para Breves

ressalta-se que nos anos de 2077 a 2011 a relação estava abaixo de 20%, enquanto em 2011 correspondeu a 38,4% de relação linear. Itaituba em 2007 a relação exponencial de 34,2%, 2008 de 53,3% de relação linear, 2009 e 2010 abaixo de 20%, 2011 49,7% de relação geométrica. Redenção com 40,4% de incidência possivelmente explicado

pela precipitação com ajustamento geométrica. Rondon do Pará com 63,9% em 2009.

Santarém apresentou relação geométrica com 67% em 2007, linear de 52,1% em 2008, linear com 68,4% em 2009 e 64,6% de relação linear em 2011. São Félix do Xingú com 25,2% de relação geométrica em 2007, 34,5% em 2008, linear de 22,1% em 2010 e exponencial de 31,6% em 2011.

Tabela 1. Coeficiente de correlação de Spearman entre precipitação e incidência de Dengue.

Ano	Belém	Breves	Itaituba	Redenção	Rondon do Pará	Santarém	São Félix do Xingú
2007	0,63*	0,25	0,67*	0,36	-	0,37	0,27
2008	0,75*	0	0,74*	0,76*	0,04	0,78*	0,56
2009	0,80*	0,32	-0,52	0,47	0,69*	0,82*	0,14
2010	0,17	0,39	0,55	0,07	0,14	0,01	0,58*
2011	0,39	0,26	0,68*	0,21	0,53	0,64*	0,61*

*Significativo= $p < 0,05$

Tabela 2. Ajustamento de Curvas entre precipitação e incidência de Dengue.

Ano	Belém	Breves	Itaituba	Redenção	Rondon do Pará	Santarém	São Félix do Xingú
2007	52,1% exp.	17,4% geom.	34,2% exp.	16,5% geom.	16,8% linear	67% geom.	25,2% geom.
2008	69,8% linear	1,6% geom.	53,3% linear	40,4% geom.	0,01% linear	52,1% linear	34,5% geom.
2009	78,8% exp.	14,7% linear	18,9% linear	26,8% linear	63,9% linear.	68,4% linear	0,9% geom.
2010	5,4% log.	18,4% linear	19,7% geom.	3,1% linear	9,7% geom.	1% geom.	22,1% linear
2011	21,7% exp.	38,4% linear	49,7% geom.	9,4% geom.	34,5% linear	64,6% linear	31,6% exp.

Discussão

O comportamento plurianual da incidência de dengue nos municípios não foi periódico, embora haja uma indicação sazonal que poderia caracterizar esse comportamento entre os anos. Isto pode não acontecer devido às particularidades de cada localidade, pois o Estado do Pará possui uma área extensão com diferenças climáticas, além disso, a dinâmica das chuvas possui uma variabilidade interanual influenciada por outros agentes climáticos como os fenômenos El Niño e La Niña que modificam a distribuição da precipitação em várias regiões de formas diferenciadas.

A relação que a precipitação possui sobre a transmissão da dengue é muito complexa e contraditória. Essa contradição estaria no fato de

que a chuva pode ser benéfica para reprodução de mosquitos quando moderada, mas pode destruir ou lavar criadouros existentes e interromper o desenvolvimento dos ovos do mosquito quando em excesso (Wongkoon et al., 2011). Além disso, a chuva pode aumentar a sobrevivência de mosquitos adultos, pois também aumenta a umidade relativa. A partir dos resultados foi possível verificar que a distribuição da dengue nos municípios analisados apresentou diferenciados padrões com relação à variabilidade espacial e temporal da precipitação.

No período de 2007 a 2011, Redenção e São Félix apresentaram as maiores incidências anuais de dengue com média de 48,6 e 45,7 casos para 10.000 habitantes, respectivamente. Esses municípios apresentaram-se correlacionados significativamente com a precipitação em 2008 para Redenção e 2010 a 2011 para São Félix. Esses

municípios estão submetidos a diferentes padrões de precipitação anual (Moraes et al., 2005). São Félix do Xingu pertence a uma localidade com médio volume de precipitação, enquanto Redenção está sob o menor regime de precipitação anual no Pará, sugerindo que a precipitação pode não ser determinante para o incremento na incidência de dengue nesses locais, e sim que características específicas locais influem sobre a dinâmica da dengue. Além disso, observou-se que no ano de 2009, em que o volume de precipitação apresentou-se mais elevados, esses dois municípios não apresentaram suas maiores incidências. Comparando esses dois municípios observou-se que em Redenção, o qual mostrou maior volume anual de precipitação, a incidência anual de dengue foi menor do que em São Félix onde o volume anual de precipitação foi menor.

Em São Félix o início da estação chuvosa pode ocorrer no mês de outubro (Moraes et al., 2005) e consequentemente observou-se nos gráficos de incidência mensal que há um início de crescimento da dengue nos meses de outubro e novembro. Indicando que a incidência de dengue comece juntamente com as chuvas.

Em Redenção, em dezembro de 2007 houve um surto epidêmico com oito casos de febre hemorrágica, forma mais grave da doença, e quatro casos de óbito de acordo com o Ministério da Saúde. Esse resultado é corroborado com o maior valor de incidência de dengue do ano.

Nos municípios de Redenção, Rondon do Pará e Santarém, no ano de 2008, a incidência de dengue foi mais elevada da série. Os registros de chuva, desse ano, apresentaram aumento pluviométrico acima da média para Santarém de 259,8 mm. Além disso, há associação positiva entre a precipitação para Santarém com 52% de dependência linear, enquanto para Redenção o único ano em que houve associação entre as variáveis com uma dependência geométrica de 40,3%. De acordo com CPTEC/INPE (2014), o ano de 2008 foi de La Niña de intensidade forte, o que poderia justificar o volume de precipitação nesses municípios, já que esse evento altera a formação de nuvens convectivas propiciando o aumento da precipitação na região e assim podendo contribuir para a proliferação da doença, uma vez que condições climáticas, caracterizadas pelas precipitações pluviométricas e temperaturas elevadas, em geral mostram relação positiva com a transmissão de dengue (Ribeiro et al., 2006)

Em Belém, a precipitação apresentou associação significativa em três períodos 2007 a 2009. Em 2007 ocorreu a maior incidência de dengue da série histórica de Belém em março. Neste ano, no primeiro semestre houve influência

de El Niño, mesmo período de incidência, porém a intensidade foi classificada como fraca. Esse fenômeno é uma importante força motriz que regula epidemias de diversas doenças em regiões diversas e o grau do impacto varia de acordo com a intensidade do evento (Gagnon, Bush; Smoyer-Tomic, 2001; Johansson; Cummings; Glass, 2009). Contudo, é preciso verificar qual é sua influência na dinâmica dessa endemia no Estado. Além disso, o vetor da dengue pode produzir-se em locais onde há armazenamento de água durante o período de secas (Tipayamongkhogul et al., 2009) porque a população tende ao armazenamento de água nesse período. Logo é interessante verificar se os criadouros predominantes são ou não mantidos pelo volume de chuvas em período de El Niño.

Observou-se ainda para Belém, que não houve uma grande variabilidade anual de precipitação. Isso pode ser devido a outros fenômenos meteorológicos atuando, como Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Linhas de Instabilidade (Lis) (Marengo e Nobre, 2009). Esses fenômenos modulam a precipitação no Estado, entre eles La Niña como ocorrido em 2008. Nesse ano a incidência apresentou diminuição comparada ao ano anterior, mas verificou-se uma dependência linear de 69,8% entre as variáveis, indicando que apesar do índice ser baixo comparado ao ano anterior esse foi influenciado pela precipitação. Além disso, no ano seguinte em que predomina o evento El Niño de fraca intensidade (CPTEC/INPE, 2014), verificou-se uma maior associação de dependência exponencial de que 78,8% da incidência de dengue fossem decorrentes do volume de precipitação desse ano.

Itaituba apresentou correlação moderada em 2007, 2008 e 2011, sendo o maior valor da série de precipitação anual em 2011 com 2718.9 mm, no entanto quando verificado os valores anuais à incidência foi menor em relação ao ano anterior. Em 2010, observaram-se valores altos o ano todo, com picos na estação seca, contudo não foi apresentado associação entre as variáveis. Nesse município as maiores incidências de dengue concentraram-se nos meses de janeiro a março período chuvoso na região. Portanto, o que deve ser considerado nesta relação é a sazonalidade das chuvas, e não o total precipitado anualmente (Paula, 2005).

A incidência de dengue no município de Breves foi baixa. Na análise de correlação, constatou-se que não existe associação significativa para o período analisado. Logo, o que pode estar influenciando nos casos nesse município deve ser decorrente das características espaciais do local. As características geográficas associadas a ocupação urbana em Breves favorecem a

transmissão de doenças, principalmente aquelas associadas à proliferação de vetores (Xisto et al., 2012).

A análise da distribuição da incidência da dengue apresentou resultados diferentes quanto a componente espacial e temporal. No que se refere à distribuição espacial o resultado encontrado mostrou que não há influência da precipitação nos municípios, portanto a localização dos municípios em diferentes volumes de precipitação não apresenta significância e que a incidência espacial pode estar associada a outros fatores. Já com relação à distribuição temporal, encontraram-se resultados diferentes entre as cidades. Conforme verificado nos resultados a variabilidade temporal da precipitação influencia de modo heterogêneo a incidência da dengue nos municípios.

Nesse estudo abordou-se somente um dos fatores que podem explicar a distribuição de dengue no Estado do Pará. Essa doença é multidimensional, resultante de vários fatores que contribuem para a proliferação da doença como: coleta de lixo deficiente, densidade populacional alta, habitações sem água encanada e com recipientes inadequados de armazenamento e condições socioeconômicas precárias, logo a variável utilizada neste estudo não explica totalmente a heterogeneidade espacial da dengue. No entanto, o resultado é importante na detecção e elaboração de estratégias de controle da dengue em municípios que apresente características semelhantes.

Conclusão

A influência da precipitação sobre os casos de dengue foi verificada com considerável associação. Contudo a variável utilizada não explica totalmente a heterogeneidade espacial, uma vez que a incidência desta doença é resultado da combinação de vários fatores que contribuem para sua proliferação.

Observou-se que durante a estação chuvosa na região (dezembro a maio) período que apresenta maiores totais pluviais na maioria das cidades, a incidência de dengue apresentou-se mais elevada, quando comparada ao período seco, verificou-se assim a sazonalidade da doença, ou seja, há o favorecimento do aumento da incidência a partir do início da estação chuvosa. No entanto, os casos que foram confirmados no período seco, podem ser decorrentes do acúmulo de água em recipientes artificiais nos domicílios urbanos, que servem como criadouros ao mosquito.

Embora haja limitações neste estudo, principalmente no que se refere a uma única variável explicativa, visto que é uma doença

multifatorial, esta informação reflete a importância de estudos adicionais para a compreensão da dengue no Estado principalmente no que se refere à prevenção e mitigação dos efeitos da precipitação na epidemiologia da dengue.

Referências

- Assad, L., 2016. Relações perigosas: aumento de temperatura e doenças negligenciadas. *Cienc. Cult* 68. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602016000100007>
- Ayres, M., Jr, M.A., Ayres, D.L., Santos, A.A.S., 2007. *BioEstat 5.0: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas*. Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.
- Brasil. Ministério da Saúde, 2013. Situação Epidemiológica. Disponível: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/situacao-epidemiologica-dados-dengue>. Acesso: 13 set. 2013.
- Câmara, F.P., Gomes, A.F., Santos, G.T., Câmara, D.C.P., 2009. Clima e epidemias de dengue no Estado do Rio de Janeiro. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 42, 137-140.
- Colón-González, F. J., Fezzi, C., Lake, I. R., Hunter, P. R., 2013. The Effects of Weather and Climate Change on Dengue. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 7.
- Confalonieri, U. E. C., 2003. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. Fundação Oswaldo Cruz.
- Consoli, R. A. G. B., Oliveira, R. L., 1994. *Principais Mosquitos de Importância Sanitária no Brasil*. Fiocruz, Rio de Janeiro.
- Gagnon, A. S., Bush, A. B. G., Smoyer-Tomic, K. E., 2001. Dengue epidemics and the El Niño Southern Oscillation. *Climate Research* 19, 35-43.
- Glasser, C. M., Gomes, A. C., 2002. Clima e sobreposição da distribuição de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* na infestação do Estado de São Paulo. *Revista de Saúde Pública* 36, 166-172.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Disponível: [GSearch](#)
- Johansson, M. A., Cummings, D. A., Glass, G. E., 2009. Multiyear climate variability and dengue-El Niño southern oscillation, weather, and dengue incidence in Puerto Rico, Mexico, and Thailand: a longitudinal data analysis. *PLoS Med* 6.
- Lima-Camara, T. M., Honório, N. A., Lourenço-de-Oliveira, R., 2006. Frequência e distribuição espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (Díptera, Culicidae) no Rio de Janeiro, Brasil. *Cadernos Saúde Pública* 22, 2079-2084.

- Lira, S. A., Chaves Neto, A., 2006. Coeficientes de correlação para variáveis ordinais e dicotômicas derivados do Coeficiente Linear de Pearson. *RECIE* 15, 45-53.
- Lowe, R., Bailey, T. C., Stephenson, D. B., Graham, R. J., Coelho, C. A. S., Carvalho, M. S., Barcellos, C., 2011. Spatio-temporal modelling of climate-sensitive disease risk: Towards an early warning system for dengue in Brazil. *Computers and Geosciences* 37, 371-381.
- Marengo, J. A., Nobre, C. A., 2009. Clima da Região Amazônica, in: Cavalcanti I. F. A. et al. (Org.), *Tempo e Clima no Brasil. Oficina de Textos*, São Paulo, pp. 197-212.
- Martín, J. L. S., Brathwaite, O., Zambrano, B., Solórzano, J. O., Bouckennooghe, A., Dayan, G. H., Guzman, M., 2010. The Epidemiology of Dengue in the Americas over the Last Three Decades: A Worrisome Reality. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 82, 128-135.
- Moraes, B.C., Costa, J.M.N., Costa, A.C.L., Costa, M.H., 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazônica*; v. 35, p. 207-214.
- Naish, S., Dale, P., Mackenzie, J. S., McBride, J., Mengersen, K., Tong, S., 2014. Climate change and dengue: a critical and systematic review of quantitative modelling approaches. *BMC Infectious Diseases*, 14:167
- Paula, E. V., 2005. Dengue: Uma análise climato-geográfica de sua manifestação no Estado do Paraná (1993-2003). Dissertação (Mestrado). Curitiba, UFPR.
- Parente, A. T., Souza, E. B., Ribeiro, J. B. M., 2012. A ocorrência de malária em quatro municípios do estado do Pará, de 1988 a 2005, e sua relação com o desmatamento. *Acta Amazônica* 42, 41-48.
- Ribeiro, A. F., Marques, G., Voltolini, J. C., Condino, M. L. F., 2006. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. *Rev Saúde Pública* 40, 671-686.
- Rocha, E. J. P., Souza, E. B., Santos, F. A. A., Lopes, M. N., Santos, D. M., Rolim, P. A. M., Neto, B. S., Maia, I. F., 2009. Zoneamento Climático: relatório preliminar ZEE-PA. SIPAM, Belém.
- Schreiber, K., 2001. An investigation of relationships between climate and dengue using a water budgeting technique. *Int. J. Biometeorol* 45, 81-89.
- Souza, I. C. A., Vianna, R. P. T., Moraes, R. M., 2007. Modelagem da incidência do dengue na Paraíba, Brasil, por modelos de defasagem distribuída. *Cadernos de Saúde Pública* 23.
- Souza, L. J., Ribeiro, E. F., Barros, A. R., Siqueira, R., 2008. Centro de Controle de Zoonoses e Vigilância Ambiental e Estratégias Técnica e Operacional para o Controle do Aedes Aegypti no Município de Campos dos Goytacazes, RJ, in: Souza, L. J. (Org.), *Dengue – diagnóstico, tratamento e prevenção*, 2 ed. Editora Rubio, Rio de Janeiro, pp. 125-168.
- Travassos da Rosa, A. P. A., Vasconcelos, P. F. C., Travassos da Rosa, E. S., Rodrigues, S. G., Mondet, B., Cruz, A. C. R., Sousa, M. R., Travassos da Rosa, J. F. S., 2000. Dengue Epidemic in Belém, Pará, Brazil, 1996–97. *Emerging Infectious Diseases* 6.
- Tipayamongkhogul, M., Fang, C. T., Klinchan, S., Liu, C.M., King, C.C., 2009. Effects of the El Niño-Southern Oscillation on dengue epidemics in Thailand, 1996-2005. *BMC Public Health* 9.
- Xisto, I. S., Oliveira Filho, A. B., Oliveira, G. C. S., 2012. Condições ambientais associadas à saúde humana na área urbana do município de Breves, Ilha do Marajó-PA. VI Encontro Nacional da ANPPAS; Belém, Pará. Xisto
- Watts, D. M., Burke, D. S., Harrison, B. A., Whitmire, R. E., Nisalak, A., 1987. Effect of Temperature on the Vector Efficiency of Aedes aegypti for Dengue 2 Virus. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 36, 143-152.
- Wongkoon, S., Jaroensutasinee, M., Jaroensutasinee, K., 2011. Climatic variability and dengue virus transmission in Chiang Rai, Thailand. *Biomedica* 27.
- WHO. World Health Organization, 2012. Dengue control: Dengue. Disponível: <http://www.who.int/denguecontrol/en/index.html>. Acesso: 05 nov. 2012.
- Wua, Pei-Chih., Layb, Jinn-Guey., Guoc, How-Ran., Lind, Chuan-Yao., Lungd, Shih-Chun., Suc, Huey-Jen., 2009. Higher temperature and urbanization affect the spatial patterns of dengue fever transmission in subtropical Taiwan. *Science of the Total Environment* 407, 2224-33.