REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA ISSN: 1982-5528
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br Fortaleza, BRA

A VARIABILIDADE CLIMÁTICA E A FREQUÊNCIA DE DENGUE EM FORTALEZA, CE, BRASIL

The variability climate and frequency of dengue in Fortaleza, CE, Brazil

Gledson Bezerra Magalhães[1]; Maria Elisa Zanella[2]

RESUMO:

O objetivo desse trabalho constituiu-se em analisar a manifestação da dengue na cidade de Fortaleza/CE entre os anos 2001 a 2013, relacionando a quantidade de casos, as incidências da doença, a infestação predial do *Aedes Aegypti* e as características climáticas da região. Para isso, foram adquiridos dados das variáveis supracitadas. Confeccionaram-se mapas, gráficos e estabeleceram-se correlações estatísticas. Verificou-se um comportamento de chuvas heterogêneo espacial e temporalmente, porém similar a cada ano. Observa-se que nos anos com poucos casos de dengue e que configuraram tipologia climática de ano muito seco, seco, habitual ou muito chuvoso, a quantidade de casos concentra-se proporcionalmente fora da quadra chuvosa, a exemplo dos anos de 2002, 2004, 2009, 2010 e 2013. O que não se constatou em anos de grande epidemia, como os de 2001, 2008, 2011 e 2012 que tiveram proporcionalmente a maior concentração de casos na quadra chuvosa. O ápice dos casos ocorre, comumente, com intervalo de um a dois meses depois do aumento das chuvas e da temperatura do ar. A umidade relativa do ar apresentou uma relação de tempo mais curta no que se refere às condições ótimas para a proliferação do mosquito vetor.

Palavras Chave: Elementos Climáticos, Dengue, Análise Estatística.

ABSTRACT:

The objective of this work is analyzing the manifestation of dengue in the city of Fortaleza / CE between the years 2001 to 2013, relating the number of cases, the incidence of the disease, the *Aedes aegypti* building infestation and the climate of the region. For this purpose, the aforementioned variable data were acquired. Maps and charts were made and statistical correlations settled. There was a heterogeneous spatial and temporally behavior of rain, but similar at each year. It is observed that in years with few cases of dengue and that configured climate typology of very dry year, dry, normal or too rainy, the number of cases concentrated proportionally outside the rainy season, like the years of 2002, 2004, 2009, 2010 and 2013. What is not found in years of major epidemic, such as 2001, 2008, 2011 and 2012 that proportionally had the highest concentration of cases in the rainy season. The apex of the cases occur, usually, with an interval of one to two months after the increase in rainfall and air temperature. The relative humidity showed a shorter time relationship with respect to the optimal conditions for the proliferation of the mosquito vector.

Keywords: Climatic Elements, Dengue, Statistical Analysis.

[1] Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Ceará - UFC. gl_magalhaes@hotmail.com
[2] Doutora, Coordenadora do Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente e professora do Programa Pós-Graduação em Geografia - UFC. elisazv@terra.com.br

INTRODUÇÃO

A dengue apresenta-se socialmente complexa, afetando seres humanos independente da sua classe social e constituindo-se, atualmente, dentre as mais importantes doenças transmissíveis do mundo, especialmente nos países tropicais, onde as condições ambientais, em particular as climáticas, associadas à ineficácia das políticas públicas de saúde e da urbanização descontrolada favorecem o desenvolvimento e proliferação de seus vetores (*Aedes aegypti* e *Aedes albopictus)*.

A incidência de dengue ocorre nas regiões tropicais e subtropicais, entre as latitudes 45° N e 35º S ou mesmo fora desses limites, mas dentro da isoterma de 20°C (CONSOLI e OLIVEIRA, 1994). Rouquayrol e Goldbaum (1993) destacam a temperatura do ar, a umidade relativa e a precipitação pluviométrica como os aspectos do clima que mais influenciam os seres vivos implicados no processo de transmissão de doenças. Esses elementos climáticos afetam a capacidade de reprodução e sobrevivência de agentes patogênicos no meio ambiente e, principalmente, dos chamados vetores de agentes infecciosos, tais como os mosquitos envolvidos na transmissão da dengue.

No Brasil, a dengue vem ocorrendo de forma continuada, intercalando-se com a ocorrência de epidemias. Siqueira Junior et al (2005) verificaram que entre 1986 e 1993 foram notificados 294.419 casos, com intervalo de dois anos entre as grandes epidemias, com a maioria dos casos ocorrendo entre os meses de dezembro a maio. Entre 1994 e 2002 foram relatados 2.826.948 casos, um aumento de incidência de 37 para 454 por 100.000 habitantes. Duas grandes epidemias ocorreram em 1998 e 2002 com 528.388 e 794.219 casos respectivamente. De 2010 a 2013 ocorreram sucessivas epidemias em diferentes regiões do Brasil, ultrapassando um milhão de casos em 2010 e 2013 (BRASIL, 2015).

No Estado do Ceará há casos notificados de dengue desde 1986[3]. Até 2013 a dengue se manifestou de forma endêmica com o registro de seis picos epidêmicos nos anos de 1987, 1994, 2001, 2008, 2011 e 2012 (CEARÁ, 2014a). No mesmo ano a dengue chega em Fortaleza. A partir de então, essa cidade concentra o maior numero de casos entre os municípios cearenses e com tendência crescente, culminando em 2012 com a maior epidemia já registrada na cidade, com 40.208 casos (FORTALEZA, 2015).

Entre os anos de 2001 a 2013 o número de casos de dengue em Fortaleza foi de 191.165, representando 54,9% do total de casos do Estado. As características climáticas encontram-se entre os fatores determinantes desta manifestação. O estudo de LIMA (2003) verificou correlações entre os casos de dengue, temperatura do ar e precipitação pluviométrica. Realizou-se correlações com uma maior série temporal de dados (2001 a 2013) e variáveis (casos de dengue, infestação predição do *Aedes aegypti*, precipitação pluviométrica, temperatura e humidade relativa do ar), afim de evidenciar um padrão de comportamento temporal da doença na cidade e sua relação com os elementos atmosféricos.

[3]Segundo o Boletim de Saúde de Fortaleza (2003), os primeiros casos de dengue no Ceará surgiram na Praia de Canoa Quebrada (Aracati), em 1986, importados de Nova Iguaçu (RJ).

METODOLOGIA

Realizou-se o levantamento bibliográfico e cartográfico seguido da construção do banco de dados com as seguintes variáveis:

- Temperatura do ar, umidade relativa do ar e totais pluviométricos horários, diários e mensais coletadas junto a Estação Meteorológica do Campus do PICI/UFC (03° 44' Lat. S e 38° 33' Long. W; Altitude: 19,5m).
- Incidência e total de casos de dengue, IIP (Índices de Infestação Predial)[4] mensais por bairro, através da SESA (Secretaria de Saúde do Estado do Ceará) e da SMS (Secretaria Municipal de Saúde de Fortaleza)[5];

Ocorreu uma busca via *web* pelos sistemas de notificação de agravos das três esferas de governo (Sistema de Informação de Agravos de Notificação – SINAN/TABNET[6], Sala de Situação da Dengue – SSD, Sistema de Monitoramento Diário de Agravos – SIMDA[7]), agregando ao banco de dados às informações contidas nos boletins epidemiológicos emitidos pelo Ministério da Saúde e pelas secretarias de saúde estadual e municipal.

Foram utilizados os registros das variáveis epidemiológicas de 2001 até 2013. Incorporaram-se na análise os dados somente até 2013, e exclusivamente aqueles que estavam consolidados até março de 2014. A partir desse ano ocorreu uma nova classificação de dengue sugerida pela Organização Mundial de Saúde. As denominações: dengue clássico, febre hemorrágica do dengue (Grau I, II, III e IV), dengue com complicação e síndrome de choque do dengue deixaram de ser utilizadas, passando a ter a seguinte denominação: dengue, dengue com sinais de alarme e dengue grave. Dessa forma, não é possível comparar Dengue Grave (nova classificação) com casos de FHD + DCC (classificação antiga), perde-se, assim, a condição de comparar os casos com anos anteriores (CEARÁ, 2014b).

Na etapa seguinte elaboraram-se pranchas com gráficos contendo informações mensais de temperatura, precipitação, IIP e número de casos de dengue. Realizaram-se correlações[8]

[4] O Índice de Infestação Predial (IIP) corresponde ao número de imóveis com a presença do *Aedes aegypti* pelo número total de imóveis inspecionados. O IIP é utilizado pelos serviços de saúde para estimar o nível de infestação desse vetor. Devido à escassez de informações disponíveis sobre a densidade da população de *Aedes aegypti* em diferentes áreas de Fortaleza, não foi possível estabelecer uma correlação entre o IIP e a ocorrência de casos, assim como com os indicadores socioeconômicos. Todavia é importante considerar que o IIP, auxilia na medição do risco de ocorrência de dengue, sendo considerado como sentinela para a presença de mosquitos adultos no município.

[5] Os bancos de dados disponibilizados SESA (Secretaria de Saúde do Estado do Ceará) e da SMS (Secretaria Municipal de Saúde de Fortaleza) utilizados neste trabalho não contêm qualquer identificação dos pacientes notificados no SINAN, apenas o bairro de residência. Dessa forma, fica garantido o sigilo e confidencialidade dos mesmos.

[6] Conforme a portaria GM/Ms 1.893, de 18/10/01, os casos de dengue deverão ser notificados por meio do sistema de informação de agravos de notificação (SINAN). Utilizando a ficha de notificação e investigação os dados são alimentados pelos municípios e estados e a sua notificação é obrigatoriamente compulsória. O TABNET é um instrumento desenvolvido pelo DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde, órgão do Ministério da Saúde (MS), que permite tabulações *on-line* de dados e geração de informações provenientes do SINAN.

[7] O Sistema de Monitoramento Diário de Agravos – SIMDA é uma ferramenta desenvolvida pela equipe do Centro de Informações Estratégicas em Vigilância em Saúde – CIEVS da Secretaria de Saúde do Município de Fortaleza. Ele possibilita a notificação via *web* dos eventos de saúde pública considerados de importância municipal e as emergências em saúde pública de importância nacional (ESPIN) e internacional (ESPII).

[8] A correlação é uma variação concomitante entre duas variáveis. Larson e Farber (2010: 395) afirmam que "os dados podem ser representados por pares ordenados (x,y), onde x é a variável independente (ou explanatória) e y é a variável dependente (ou resposta)".

estatísticas entre a temperatura do ar, umidade relativa do ar, pluviosidade e número de casos de dengue. Procederam-se quatro grupos de correlações para cada dupla de variável correlacionada, calculadas sem e com o adiantamento de um a três meses no número de casos. A partir desse procedimento foi possível estimar estatisticamente a defasagem entre as condições atmosféricas e o aumento de casos da doença. Não se realizou correlações com o IIP, visto que o banco de dados não dispunha de uma continuidade nem um padrão fixo de tempo dos dados, impedindo uma equivalência mensal com as demais variáveis.

Análise estatística

As correlações foram realizadas por meio do *software SPSS 23.0* (*Statistical Package for the Social Sciences* - pacote estatístico para as ciências sociais). O método estatístico utilizado foi a "correlação de Pearson", uma vez que através de seu coeficiente pode-se estimar a força da relação entre duas variáveis ao nível de significância menor ou igual a 0,05[9].

A fórmula do coeficiente de correlação de Pearson é,

$$r = \frac{\sum (x_i - x')(y_i - y')}{\sqrt{\left(\sum (x_i - x')^2\right)\left(\sum (y_i - y')^2\right)}}$$

Depois do estabelecimento das correlações, as mesmas foram interpretadas de acordo com o modelo propostos por Bisquerra et al (2004) (Quadro 1). Para os coeficientes negativos houve a mesma interpretação.

Quadro 1 - Interpretação da correlação de Pearson

Coeficiente	Interpretação	Coeficiente	Interpretação
r = 1	Correlação perfeita	0,20 < r < 0,39	Baixa
0,80 < r < 1	Muito alta	0 < r < 0,19	Muito baixa
0,60 < r < 0,79	Alta	r = 0	Nula
0,40 < r < 0,59	Moderada		

Fonte: Bisquerra et al (2004)

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE FORTALEZA E A SAZONALIDADE DA DENGUE

O município de Fortaleza localiza-se no litoral norte do Estado do Ceará. Possui uma área de 313,8 km² e uma população de 2.447.481 habitantes (IBGE, 2010), resultando em

[9] O nível de significância é a probabilidade mínima de erro ao concluir que existe significância estatística (PAES, 1998). Ele indica a probabilidade de rejeitar a hipótese nula quando ela é efetivamente verdadeira. A hipótese nula é a hipótese que traduz a ausência do efeito que se quer verificar e a hipótese alternativa é a hipótese que o investigador quer verificar. O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente oscila entre os valores -1 e 1. O valor 0 significa que não há relação linear, os valores -1 e 1 indicam relações lineares perfeitas, todavia inversas. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é associação linear entre duas variáveis. Considerando xi e yi os valores das variáveis X e Y. x' e y' são respectivamente as médias dos valores xi e yi.

uma densidade populacional de 7.892 habitantes por km². Está dividido em 199 bairros e limita-se ao norte com o Oceano Atlântico, ao sul com os municípios Itaitinga, Pacatuba e Maracanaú, a oeste com os municípios Caucaia e Maracanaú e ao leste com o Oceano Atlântico e com os municípios Eusébio e Aquiraz (Figura 1). Fortaleza é uma cidade plana com altitude em torno de 16m e predominância de 0 a 8% de declividade, o que corresponde a terrenos planos e suave ondulados (SOUZA, 2009).

Apresenta marcada sazonalidade pluviométrica e elevadas temperaturas o ano todo. A sua localização latitudinal próximo ao Equador (paralelos de 3º a 4º Sul), portanto, inserida na zona climática equatorial, favorece uma intensa insolação o ano todo, proporcionando elevadas temperaturas com fracas amplitudes térmicas (atributos de climas tropicais quentes), e a circulação de diferentes sistemas atmosféricos estabelecendo a sazonalidade da precipitação. Fortaleza se encontra próximo ao oceano, sofrendo influência marítima e, consequentemente, temperaturas mais amenas do que outras regiões do interior do Estado.

Sua localização geográfica faz com que seja influenciada pelas massas de ar equatoriais (Massa Equatorial Atlântica), que associado à configuração geográfica, altitude e forma de relevo, maritimidade/continentalidade e extensão territorial, definem o clima da região como tropical equatorial com até 6 meses secos (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). A massa de ar supracitada traz tempo estável, enquanto que a instabilidade é dada pela ação de sistemas atmosféricos, principalmente a Zona de Convergência Intertropical.

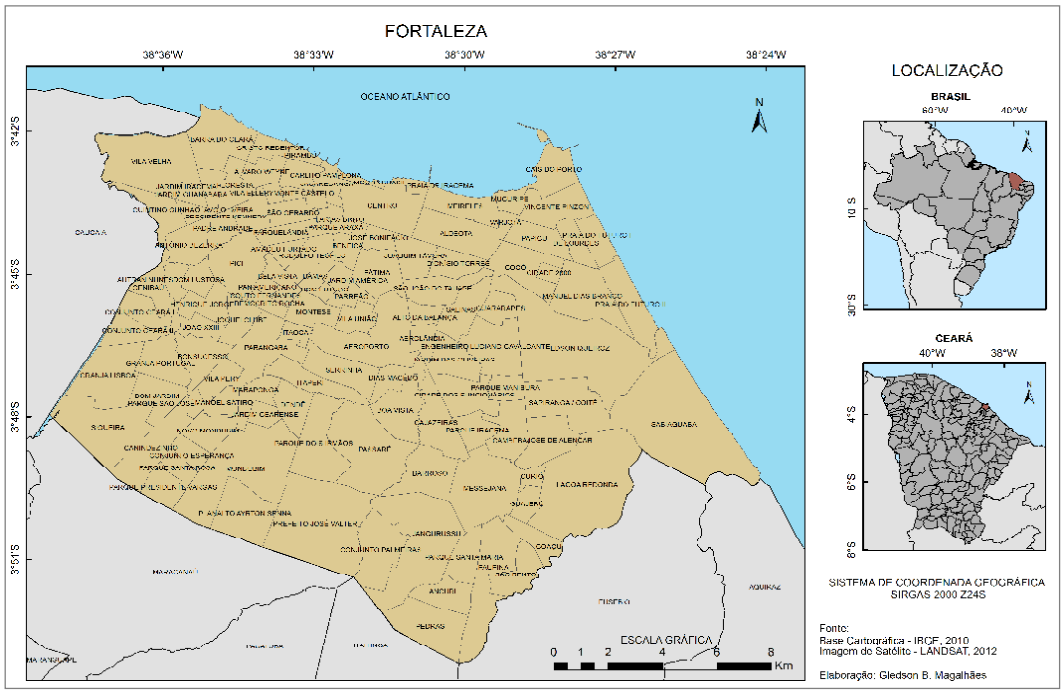

Figura 1 – Mapa de localização de Fortaleza

A altitude e a latitude de Fortaleza constituem-se nos dois principais fatores geográficos (estáticos) da caracterização climática da cidade. O adensamento urbano, a distribuição de terras, águas e vegetação da superfície associam-se a estes fatores na sua definição climática.

Os sistemas atmosféricos[10] que atuam em Fortaleza provocam estabilidade atmosférica no período do inverno e primavera, e instabilidade no período sazonal do verão e outono,

[10] A circulação atmosférica é fruto do dinamismo atmosférico superior, cujos processos físicos estabelecem, influenciam e controlam os centros de ação, que se configuram através da circulação atmosférica global, e

ocasionando chuvas concentradas nos meses de fevereiro a maio, denominada de quadra chuvosa. No período de fevereiro a maio Fortaleza fica sob a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema atmosférico causador de precipitação (ZANELLA, 2006). Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS), as Linhas de Instabilidade, os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs). Ondas de Leste e as Frentes de Brisa muitas vezes associados à ZCIT, intensificam as chuvas nesse período, e podem gerar precipitação nos demais meses, todavia, com menos probabilidade, visto a circulação da Massa Equatorial Atlântica (MEA)[11], sistema atmosférico de grande escala responsável pela estabilidade do tempo em Fortaleza, principalmente no inverno e primavera, constituindo o sistema de maior permanência na cidade.

A variabilidade de precipitação também é influenciada pela circulação dos fenômenos El Niño e La Niña, assim, como pela temperatura da superfície do mar do oceano Atlântico Tropical norte e sul (Dipolos do Atlântico Tropical). Estes modificam a circulação de grande escala causando alterações nos totais pluviométricos do Estado do Ceará.

A figura 02 mostra as normais climatológicas (1973 a 2013) dos elementos climáticos trabalhados na pesquisa (precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa do ar). Observa-se no comportamento mensal das normais da temperatura média da máxima, média e média da mínima um gradiente térmico elevado o ano todo devido à situação latitudinal de Fortaleza, todavia, é possível identificar a sazonalidade inverno e verão nos valores extremos das normais mensais de temperatura do ar (Figura 2A).

A média anual de temperatura máxima corresponde a 30,5°C, com os meses de junho e julho conservando as normais mensais mais reduzidas da série histórica investigada, ambos registrando 30,1°C, enquanto em novembro e dezembro identificam-se as normais mensais mais elevadas, ambos marcando 31,1°C. Já a temperatura média possui um valor anual de 26,9°C com extremos mínimos de 26,3°C e 26,2°C em junho e julho respectivamente, extremos máximos em novembro (27,6°C) e dezembro (27,7°C). A média anual de temperatura mínima para a cidade é de 23,7°C e seus extremos são de 22,8°C em julho e agosto, e 24,6 e 24,7°C em novembro e dezembro.

A umidade relativa do ar (Figura 2B) detém média histórica anual de 77%, com umidades mais elevadas nos meses de março e abril, ambos registrando uma média mensal de 83%, enquanto que as menores umidades ocorrem nos meses de setembro e outubro, com normais mensais de 72% nos meses de setembro e outubro. A umidade relativa do ar registra valores mais elevados no verão e outono, principalmente entre fevereiro a maio, onde também se verifica as maiores taxas de nebulosidades.

A precipitação pluviométrica tem uma normal anual de 1605,3mm. Os totais pluviométricos são maiores no verão-outono (Figura 2C), com volume acumulado de 1416,5mm, correspondendo a 88,2% da precipitação total anual, caracterizando uma concentração de chuvas no primeiro semestre, principalmente no quadrimestre fevereiro-maio, onde se verifica 69,4% da chuva anual e 78,6% da chuva acumulada no primeiro semestre. Os volumes de precipitação mais reduzidos ocorrem no segundo semestre, correspondendo ao inverno e primavera, com acumulado de 188,8mm o que representa 11,7% do total anual de chuva. Os extremos mensais da média pluviométrica ocorrem nos meses de março e abril com

determinam o comportamento da atmosfera em nível de grandeza inferior, em uma interação constante entre o macroclima e as características regionais e locais, materializada através da associação entre os controles climáticos (condições físico-naturais do território associada ao sítio, estrutura, morfologia e função urbana) e os atributos climáticos (temperatura e umidade do ar, precipitação pluviométrica, velocidade do vento, etc.) (ZANELLA e MOURA, 2013).

[11] Para mais informações MEA e sobre os sistemas atmosféricos causadores de chuva em Fortaleza consultar Nimer (1989) e Ferreira e Mello (2005).

337,9 e 352mm respectivamente e os menores em outubro com 11,6mm e novembro com 11,1mm.

A média de casos de dengue evidencia a sazonalidade da doença e sua relação com as chuvas e a umidade relativa do ar. Na figura 2D nota-se um crescente aumento no número de casos a partir de janeiro atingindo a maior quantidade em abril e junho, decrescendo gradativamente de julho a dezembro.

Os meses que ocorreram maiores números de casos de dengue em Fortaleza foram abril, maio, junho e julho (Figura 3), não coincidindo com a temporada completa da quadra chuvosa, fato corroborado pelo período de defasagem entre as chuvas e os casos de dengue, que nesse estudo adotou-se como sendo de um a três meses. Com exceção de fevereiro, os outros três meses da quadra chuvosa apresentaram o maior número de casos em algum dos anos, seguidos de janeiro, junho e julho (Quadro 2), o que mostra um padrão de comportamento temporal da doença onde a partir de março verifica-se um aumento significativo da doença com picos de casos em abril e maio, decrescendo em junho e julho, se mantendo com baixa incidência nos meses do segundo semestre.

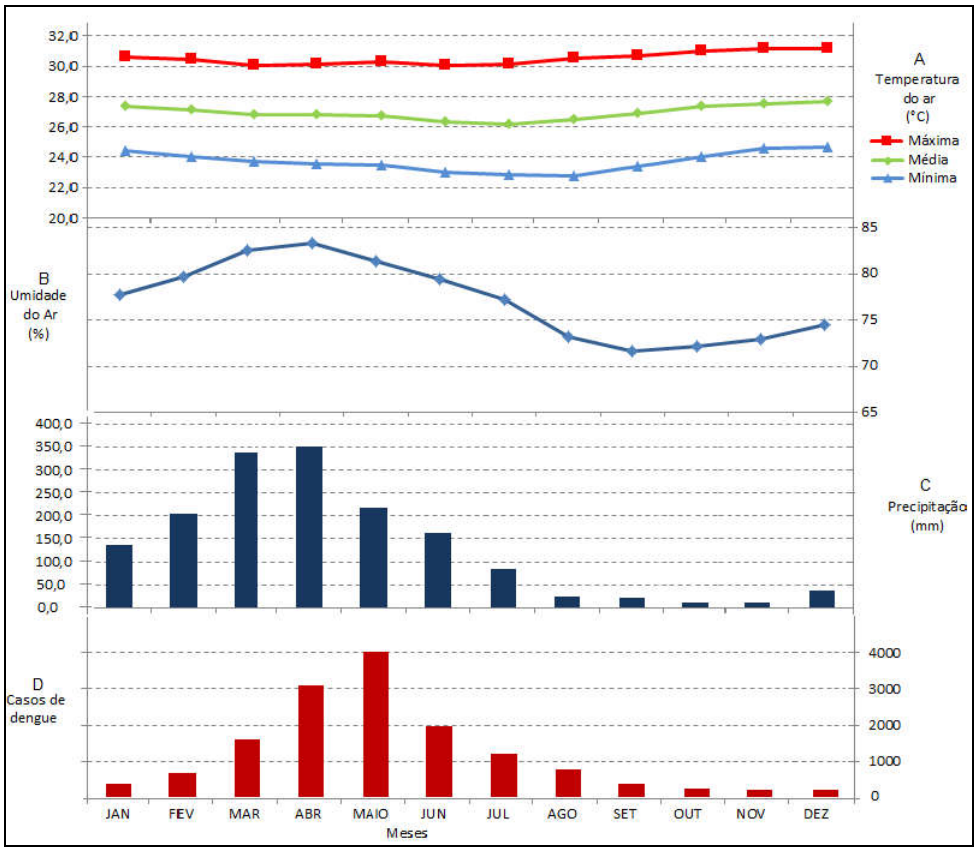

Figura 2 – Prancha com as normais climatológicas de Fortaleza de 1973 – 2013 médias dos casos de dengue de 2001 a 2013. Fonte: Estação Meteorológica do Campus do Pici/ SESA/ SMS.

A respeito da caracterização pluviométrica, em um detalhamento mensal para os anos de 2001 a 2013, percebe-se que as chuvas seguem um padrão de comportamento, não havendo tendência significativa em relação ao aumento ou diminuição da chuva na série investigada. Entretanto, ocorre uma concentração de chuvas no primeiro semestre do ano, o

que é considerado habitual no Estado (Figura 4). Os meses que tiveram mais dias de chuva foram fevereiro (216), março (269), abril (226) e maio (214).

Uma análise comparativa das médias de temperaturas mínima, máxima e média mensais entre 2001 e 2013 (Figura 4) revela que Fortaleza apresentou baixa amplitude térmica mensal entre os anos, ou seja, teve médias de temperatura do ar similares no mesmo período do mês a cada ano. As temperaturas intra-mensais também não possuem grandes amplitudes, o que favorece a utilização de médias mensais para estudar o perfil térmico da cidade. Entretanto, verifica-se uma significativa amplitude dio-noturna, com diferenças que vão de 8 a 11,6 °C entre a mínima (com temperaturas mínimas que variam de 19,4 a 23,4 ºC) e máxima absolutas (com temperaturas máximas entre 31,2 e 33,8 °C). Observa-se os meses de junho, julho e agosto como os mais frios e outubro, novembro e dezembro como os mais quentes. Todavia, a diferença da temperatura média entre o mês mais quente (dezembro) e mais frio (junho) de toda a série é de apenas 2,1°C. Para a média de temperatura mínima a diferença é de 4,2ºC e para a média de temperatura máxima é de 2,0°C.

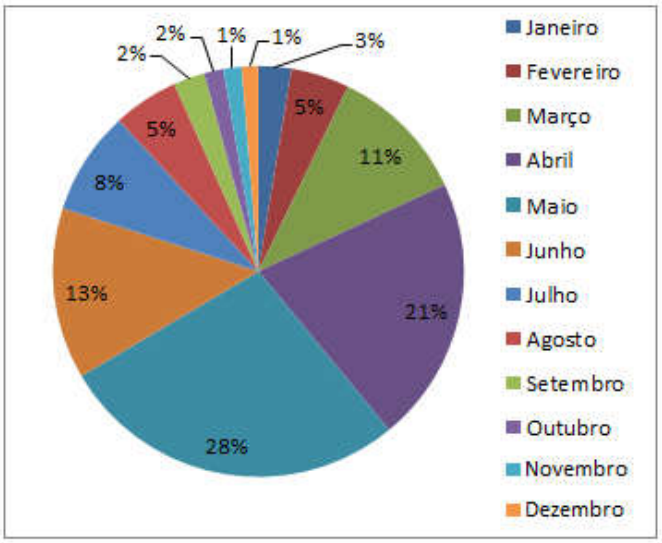

Figura 3 – Porcentagem de casos mensais de dengue entre os anos de 2001 a 2013 em Fortaleza. Fonte: SIMDA/SMS.

Os anos de 2003 e 2009 tiveram temperaturas do ar similares aos anos adjacentes e foram muito chuvosos, de acordo com a classificação de Xavier (2001). Os anos de 2001, 2005, 2006, 2007 e 2008 apresentaram uma tipologia habitual e quantidade de casos de dengue maiores do que os anos de 2003 e 2009. Isso se justifica pela possibilidade de ter ocorrido uma baixa circulação do vírus e/ou uma significativa parcela da população estar imune ao tipo de vírus circundante, as políticas de prevenção e os planos de controle terem sido mais eficientes, assim, como a intensidade e a frequência das chuvas podem ter prejudicado a reprodução e proliferação dos mosquitos, visto a redução dos intervalos de água parada.

O ano de 2010 configurou-se como um ano seco, e os casos de dengue foram considerados dentro da média para o ano, mesmo com a reintrodução do vírus D1, que não circulava de forma incisiva desde 2002. A baixa precipitação ocorrida em 2010 foi um fator

que dificultou a proliferação do *Aedes aegypti.* O contrário ocorre em 2011 e 2012 quando se configuraram anos habituais de chuva os casos de dengue aumentaram e ocorreram epidemias, sobretudo devido à entrada do sorotipo D4 que começa a circular de forma intensa nesses dois anos. Em 2013 se configurou um ano muito seco e com poucos casos de dengue em comparação com os dois anos anteriores, o que é considerado esperado após um surto epidêmico, diminuindo a susceptibilidade da população aquele tipo viral e dificultando sua circulação.

A entrada de um novo sorotipo do dengue muda o padrão comportamental da doença. Na série investigada a maior quantidade de registros de casos de dengue acorreu nos meses do primeiro semestre do ano normalmente em maio e abril. Todavia, no ano de 2010 verificou-se um maior número de casos no mês de dezembro, devido à circulação do sorotipo D1, no segundo semestre de 2010. Em 2011 uma epidemia ocorre com a circulação dos vírus D1 e D4. Em 2012, com o sorotipo D4 circulando, têm-se novamente um padrão de comportamento da doença que segue os demais anos, sendo abril e maio os meses com maiores registros de casos e novembro as menores quantidades de casos registrados, logicamente que em proporções de casos bem maiores já que se configuraram anos de epidemia. O ano de 2013 apresentou uma redução de 77,5% dos casos de dengue se comparado com o ano anterior, o que era um fato esperado visto que foi um ano pós-epidêmico, com baixa circulação unicamente do sorotipo D1, contribuindo para os poucos casos, sendo de abril a julho a maior quantidade de registros.

A ausência de uma relação de correspondência mensal entre os maiores números de casos e os meses com mais dias de chuva, assim como entre os números de casos e os meses onde houve os maiores totais pluviométricos (março, abril, maio e junho), se justifica ao se considerar o processo de circulação do vírus onde se inclui o período de incubação do vetor e o intervalo de dias entre um repasto de sangue infectado até o mosquito estar apto a transmitir o vírus, além do tempo de aparecimento dos sintomas e do diagnóstico laboratorial totalizando uma defasagem de aproximadamente um mês, como evidenciado no estudo de Lima (2003) para Fortaleza.

O total de casos de dengue na quadra chuvosa em Fortaleza corresponde a 63,9%. Esse aumento na quantidade de casos é favorecido pela precipitação pluvial mais abundante que ocorre nesses meses, propiciando o acúmulo de água em reservatórios beneficiando o desenvolvimento do mosquito, assim, como pelo aumento da umidade do ar, formando condições climáticas favoráveis à proliferação do vetor. Vale ressaltar que há casos em que os surtos de dengue ocorrem durante a estação seca, isso porque o *Aedes aegypti* prolifera-se abundantemente em qualquer objeto que possa acumular água parada, o que pode ter ocorrido no ano de 2005, quando o maior número de casos ocorreu no 2º semestre do ano.

Na figura 4 é possível perceber a manutenção do IIP em níveis que sugerem não haver tendência de diminuição do nível de infestação larvária no município. Observa-se para os anos de 2003, 2005, 2006, 2007, 2010, 2011, 2012 e 2013 que os maiores valores de IIP antecederam de um a dois meses o pico de registro de casos. O que representa tanto a capacidade de propagação do vírus, como também o tempo despendido até o paciente ser diagnosticado com a dengue. Nos outros anos essa relação ser inverteu. O pico do IIP ocorreu nos meses que sucederam ao pico de número de casos e de precipitação. Isso ocorre devido à condição de progressão reprodutiva do mosquito que em maior quantidade se multiplica até

atingir um ápice populacional, mesmo com as condições ambientais sendo cada vez mais desfavoráveis, e decresce devido tanto ao número exacerbado de mosquitos como pela deterioração das condições de reprodução. Um processo similar também ocorre com o vírus da dengue, que se propaga até constituir um número suficiente de pessoas imunizadas a ele, que acabam exercendo a função de barreira à propagação desse vírus. De um a três meses a partir do início da chuva é o tempo suficiente para que se completem vários ciclos de vida do vetor, e para a constituição de um potencial de transmissão suficiente para causar um surto de dengue.

Quadro 2 – Meses com maior e menor número de casos de dengue em Fortaleza

Ano	Mês com maior n° de casos	Mês com menor n° de casos
2001	Maio	Dezembro
2002	Março	Dezembro
2003	Maio	Dezembro
2004	Janeiro	Dezembro
2005	Julho	Janeiro
2006	Junho	Dezembro
2007	Maio	Janeiro
2008	Abril	Dezembro
2009	Março	Outubro
2010	Dezembro	Fevereiro
2011	Abril	Novembro
2012	Maio	Novembro
2013	Julho	Dezembro

Fonte: SIMDA/SMS.

Outro aspecto identificado foi à significativa associação da dengue com a umidade relativa do ar. Nesta, mais que a precipitação e a temperatura do ar, identificaram-se correlações estatisticamente significativas com os casos de dengue. Mesmo que uma das características climáticas de Fortaleza seja a estreita relação da precipitação com a umidade do ar, esta última possui pequenas diferenciações (Figura 4).

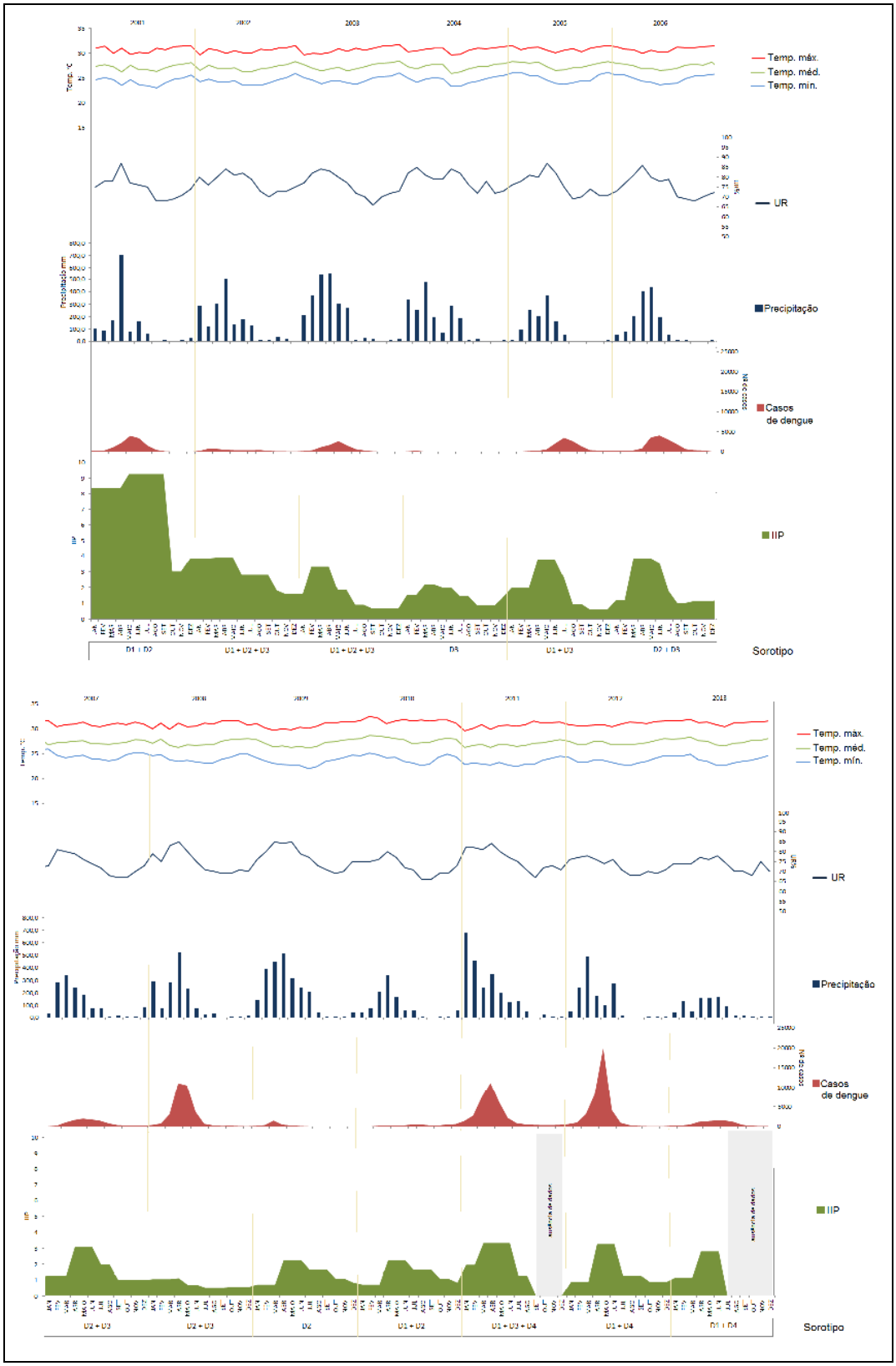

Figura 4 - – Médias mensais de temperatura e umidade relativa do ar, totais mensais de precipitação e casos de dengue, e índice de infestação predial de 2001 a 2013 em Fortaleza.

Fonte de dados: SIMDA, SINAN, SESA, SMS.

CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E EPIDEMIOLÓGICAS

Nas correlações entre a precipitação e o número de casos de dengue detectou-se resultados positivos altos e muito altos, entretanto à medida que se aumenta os meses de adiantamento os resultados estatisticamente significativos vão diminuindo (Quadro 03). Em até um mês de adiantamento verifica-se a maior quantidade de correlações válidas e resultados mais altos. Com exceção do ano de 2005, que apresentou resultados mais altos a partir do segundo mês de adiantamento. Deve-se lembrar que o ano de 2005 foi um ano com poucos casos de dengue, concentrados principalmente no segundo semestre do ano.

Observa-se que a quantidade de correlações estatisticamente válidas entre os casos de dengue e as chuvas diminuem com o adiantamento de dois e três meses, evidenciando uma maior influência em até um mês de diferença. O mesmo ocorre para as correlações entre os casos de dengue e a umidade relativa do ar, todavia esta variável climática apresenta uma maior quantidade de resultados estatísticos válidos e mais altos do que a precipitação, mostrando uma influência estatística maior na propagação da dengue entre as variáveis climáticas, todavia menos percebida que a precipitação pluviométrica. A umidade relativa do ar foi a variável independente que mais se correlacionou com os casos de dengue até o segundo mês de defasagem, com correlações altas e muito altas (Quadro 3).

Nas correlações entre a temperatura média do ar e os casos de dengue sem o adiantamento, verificou-se seis resultados estatisticamente significativos (anos de 2003, 2005, 2006, 2008, 2010, 2013), todos marcando correlações negativas altas e muito altas. Nas correlações com adiantamento de um mês, os anos de 2003, 2005 e 2006 foram encontrados resultados significativos, todos marcando correlações negativas de moderadas à fortes. Para as correlações com adiantamento de dois e três meses, obteve-se resultados válidos para os anos de 2004 e 2002 respectivamente, todavia os resultados ao contrários das correlações anteriores são positivas evidenciando uma relação diretamente proporcional entre o aumento de casos e o aumento da temperatura média.

As correlações entre número de casos de dengue e a temperatura média do ar sem adiantamento e com adiantamento de um mês tiveram resultados negativos, configurando uma relação inversamente proporcional. Entretanto, destaca-se que essa relação é fortemente influenciada pela precipitação, visto que, apesar das baixas amplitudes térmicas, as temperaturas mais altas se concentram entre os meses de novembro e fevereiro (com médias alcançando 28,8ºC), compreendendo o período de menores chuvas (novembro e dezembro) e início da quadra chuvosa (fevereiro). As mais baixas temperaturas variam entre abril a agosto, sendo os meses de junho e julho os mais frios (com médias entre 25, 4 e 26,8 °C), e o período onde as chuvas decrescem e cessam. Dessa forma, apesar das altas e baixas temperaturas ao longo do ano, suas variações mensais não são tão importantes no processo de infestação do *Aedes aegypti* e na propagação da dengue se considerar ela associada à precipitação. Isso por que a temperatura média do ar possui baixas amplitudes térmicas mensais, sendo as médias térmicas mensais mínimas e máximas ótimas para a proliferação do vetor da dengue, logo a precipitação e a umidade relativa do ar tornam-se os diferenciais na dinâmica climática com a doença.

O fato supracitado também ocorre para as correlações entre os casos de dengue e as médias das temperaturas mínimas e máximas. Percebe-se que a quantidade de correlações com nível de significância aceitável é maior nas correlações sem o adiantamento. À medida que se adiantam os meses das correlações o número de resultados válidos diminui, assim como seus valores, com exceção da temperatura máxima que apresentou o oposto para os anos de 2005 e 2006.

As correlações mais fortes em um mês de defasagem entre a variável dependente (casos de dengue) e as independentes (variáveis climáticas) corroboram com o estudo de Lima (2003) que analisou comparativamente as tendências de evolução da dengue, e a correlação existente entre as ocorrências regionais e as variáveis envolvidas, dentre elas a precipitação, para o município de Fortaleza entre os anos de 2001 e 2003. Utilizando técnicas estatísticas como coeficientes de correlação, variância, desvio padrão, covariância e análise de tendência, a pesquisa constatou que os surtos anuais de dengue se manifestaram coincidentes e imediatamente subsequentes ao início das chuvas do primeiro semestre do ano, com pico máximo no mês em que há redução no volume de precipitações, quase desaparecendo nos meses seguintes. Segundo Lima (2003), tendo em vista que a epidemia é uma decorrência direta da população de mosquitos e o pico da mesma ocorre após a parada das chuvas, isso estaria a indicar um crescimento explosivo dessa população, propiciado pela estagnação das águas. O término do período chuvoso permite, então, o desenvolvimento completo do total de larvas viáveis, dentre as presentes nos criadouros naturais.

O mesmo estudo também observou uma maior relação linear positiva quando se considera "uma compensação cronológica", ou seja, um atraso causal aonde um mês de chuvas vai influenciar a proliferação da doença no mês seguinte. A presente pesquisa considerou um mês de defasagem visto que a ocorrência dos fatores não possui sincronia (ou simultaneidade) do ponto de vista correlacional, existindo "atrasos" na relação causa-efeito. Para entender melhor esse atraso basta considerar que o ciclo de transmissão da dengue, envolve o próprio ciclo de reprodução do mosquito, o tempo de incubação do vírus, o tempo de aparecimento dos sintomas e o diagnóstico laboratorial da doença. Todavia, pela dinâmica da mesma, é praticamente impossível estipular um período de dias exato de atraso causal, adotando-se comumente um mês de defasagem, sendo o período mas aproximado de compensação cronológica para a realidade epidemiológica da dengue no Ceará.

Comparando os resultados das correlações da precipitação com o número de casos da doença e com o índice de infestação predial (IIP) com e sem defasagem de um mês, Lima (2003) observou que a relação linear é maior na situação de compensação cronológica, enquanto a correlação entre a precipitação e o número de casos sem compensação apresentou o valor de 0,19, a correlação com compensação cronológica obteve 0,42. No caso das correlações entre a precipitação e o IIP, a correlação sem defasagem cronológica apresentou o valor de 0,67, enquanto a com defasagem obteve 0,71 (Quadro 3).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar a espacialidade da incidência da dengue em Fortaleza, fica evidenciada sua estreita relação com as áreas de maior infestação do *Aedes aegypti.* Apesar do estudo não verificar relação entre a incidência da dengue e da infestação do seu vetor com as porções mais quentes da cidade e nem com as maiores temperaturas anuais, ressalta-se que tanto as mais baixas temperaturas como as mais altas são ótimas para a proliferação do mosquito, fato favorecido pelas baixas amplitudes térmicas mensais. Ao se traçar o perfil de transmissão temporal da dengue em Fortaleza, percebe-se que o aumento da infestação de *Aedes aegypti* ocorre com o aumento das precipitações pluviométricas, podendo o aumento dos casos de dengue ser verificado em até dois meses depois dos maiores totais pluviométricos mensais. Nota-se uma sazonalidade semelhante, onde os maiores valores dos IIP, número de casos e incidência de dengue estão nos meses mais quentes e úmidos.

Quadro 3 – Correlações entre as variáveis climáticas e epidemiológicas[12]

		ANO												
	MESES	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
PREC. PLUV.	0	0,765		0,913			0,887	0,799	0,827					0,839
	1	0,720		0,880		0,768	0,930	0,942				0,776	0,859	0,853
	2					0,901	0,600	0,740				0,672		
	3					0,727								
UMID. REL.	0	0,841		0,857			0,755	0,768	0,877			0,713		0,738
	1	0,781		0,865		0,794	0,886	0,919				0,611	0,653	0,855
	2			0,629		0,734	0,718	0,830						0,618
	3				-0,599									
TEMP. MÉD.	0			-0,646		-0,877	-0,847		-0,634		-0,594			-0,724
	1			-0,627		-0,856	-0,768							
	2				0,631									
	3		0,629							0,664				0,695
TEMP. MÍN.	0			-0,577		-0,841	-0,886							-0,793
	1					-0,774	-0,719							
	2				0,681									
	3			0,799						0,712				0,597
TEMP. MÁX.	0	-0,734				-0,574	-0,592			-0,629				-0,707
	1					-0,701	-0,815							
	2			-0,755	0,657				-0,722					
	3													0,598

Legenda: Muito alta | Alta | Moderada | Baixa | Nula

O ápice dos casos ocorre, comumente, com intervalo de um a dois meses depois do aumento das chuvas e da temperatura do ar. Entretanto, a umidade relativa do ar apresentou uma relação de tempo mais curta no que se refere às condições ótimas para a proliferação do mosquito vetor, evidenciada principalmente nas correlações sem o adiantamento de casos.

[12] O nível de agregação temporal dos dados climáticos são as médias mensais, portanto, mesmo as correlações significativas não serem as predominantes em quantidade, elas já evidenciam a relação dos elementos climáticos com a dengue. Somente o aprofundamento da análise a nível diário, poderá nos mostrar a dispersão e heterogeneidade dos dados intra-mensais.

Especificamente dentro de cada ano, identifica-se uma variação na distribuição mensal dos casos de dengue e uma nítida inter-relação com as chuvas e a umidade relativa do ar, criando ambientes propícios a surtos da doença em função da existência de criadouros dentro e fora dos domicílios, e em condições de umidades ótimas para a reprodução do mosquito.

Uma análise somente a partir da utilização de correlações bivariadas não se mostra eficiente no entendimento das relações entre clima e dengue para Fortaleza, visto a variabilidade temporal da doença, que mesmo possuindo uma sazonalidade impede de estabelecer um intervalo de tempo preciso. O presente estudo utilizou de 0 a três meses de adiantamento no número de casos em relação às variáveis climáticas. Apesar disso foram identificados anos com resultados estatisticamente significativos para correlações com e sem o adiantamento, fato que demonstra a complexidade da doença. Em uma mesma região com características climáticas similares pode-se encontrar perfis epidemiológicos diferenciados espacial e temporalmente devido às singularidades de cada lugar, com atributos específicos dos diversos condicionantes que estão envolvidos na transmissão da dengue.

Mesmo com a complexidade e aleatoriedade, impedindo um padrão comportamental da dengue, ela é previsível sazonalmente. O entendimento da variabilidade pluviométrica, do padrão temporal dos elementos climáticos, e do perfil térmico da atmosfera, contribuem na previsão do comportamento da doença. A existência de perfis epidemiológicos distintos também pode ocorrer simultaneamente em alguns bairros, exigindo um entendimento que leve em conta o contexto amplo em que está inserida a doença e as especificidades de cada localidade. Durante o período de chuvas, a incidência de dengue não aumenta quando o controle do vetor permanece ativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em 20 de Janeiro de 2015.

BRASIL, Ministério da Saúde, Secretária de Vigilância em Saúde. Boletim epidemiológico de saúde. nº32. v. 46, 2015. Disponível em:< http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2015/julho/29/Dengue-at---2014.pdf >. Acesso em: 23 de fevereiro de 2015.

BISQUERRA, R.; SARRIERA, J. C.; MARTÍNEZ, F**. Introdução à estatística: enfoque informático com o pacote estatístico SPSS.** Porto Alegre: Artmed, 2004. 254p.

CEARÁ, Governo do Estado; CEARÁ, Secretaria da Saúde. **Informe Semanal: Dengue – 17/01/2014**. Ceará: Secretaria da Saúde, 2014a.

CEARÁ, Governo do Estado; CEARÁ, Secretaria da Saúde. **Informe Semanal: Dengue – 28/02/2014**. Ceará: Secretaria da Saúde, 2014b.

CONSOLI, R., OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil.** FIOCRUZ, 1994. 228p.

FERREIRA, A. G. F.; MELLO, N. G. da S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol.1, nº 1, 2005.

FORTALEZA, Secretaria Municipal de Saúde. **Boletim de Saúde de Fortaleza: dengue**. v.7, n.1. Fortaleza: Prefeitura de Fortaleza, 2003.

FORTALEZA, Secretaria Municipal de Saúde. Informe Semanal – Dengue, 14/05/2015. Disponível em: <http://www.fortaleza.ce.gov.br/sites/default/files/u1815/informe_semanal_dengue_2015_se_19.pdf >. Acesso em: 15 de junho de 2015.

LARSON, R.; FARBER, B. **Estatística aplicada.** 4ªed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 638p.

LIMA, F. J. P. B. **Evolução da Dengue em Fortaleza: análise de algumas variáveis.** Fortaleza: Gráfica Central, 2003. 55p.

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

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2ªed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422p.

PAES, A.T. Itens essenciais em Bioestatística. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**. v.71, nº4, p.575-580, 1998.

PONTES, R. J. S.; FREEMAN, J.; OLIVEIRA-LIMA, J. W. HODGSON, C.; SPIELMAN, A. Vector densities that potentiate dengue outbraks in a Brasilian city. In: **The American Hournal os Tropical Medicine and Hygiene,** v.62, n3, p. 378-383, 2000.

ROUQUAYROL, M. Z.; GOLDBAUM, M. Epidemiologia, História Natural e Prevenção de Doenças. In: ROUQUAYROL, M.Z.(Org.). **Epidemiologia e saúde.** 4ªed. Rio de Janeiro: MEDSI, 1993.

SOUZA, M. J. N. de. **Diagnóstico geoambiental do Município de Fortaleza:** subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do Plano Diretor Participativo – PDPFor. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009.

XAVIER, T. de Ma. B.S. **"Tempo de Chuva"- estudos climáticos e de previsão para o Ceará e o Nordeste Setentrional.** Fortaleza: ABC Editora, 2001. 478p.

ZANELLA, M. E. Eventos pluviométricos intensos em ambiente urbano: Fortaleza, episódio do dia 29/01/2004. In.: SILVA, J. B. da, et al (orgs). **Litoral e Sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro.** Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

ZANELLA, M. E. ; MOURA, M. O. O Clima das cidades do Nordeste brasileiro: contribuições no planejamento e gestão urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 9, p. 75-89, 2013.