

# MODELANDO O RISCO DE TRANSMISSÃO DA DENGUE VIA EQUAÇÕES DIFERENCIAIS ESTOCÁSTICAS

Mariana Barbosa da Silva, Paulo Sérgio Lucio

Kaline Juliana Silva do Nascimento, Kelly Christina da Silva Matos

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, CCET, PPGMAE.

CEP 59072-970, Natal - R.N. - Brasil

*e-mail:* nanibarbosa1988@yahoo.com.br, pslucio@ccet.ufrn.br

kklmat1234@hotmail.com.br, kelzinha\_matos@hotmail.com

**Resumo.** Neste trabalho abordaremos o problema da dengue, onde estudaremos a dinâmica da transmissão da dengue na população humana juntamente com a dinâmica da transmissão na população de mosquitos. Porém a dinâmica de população de seres vivos tem tendências viciadas, mas também componentes imprevisíveis devida à complexidade e variabilidade das condições do ambiente. Por isso utilizaremos modelos baseados em equações diferenciais estocásticas para o seu estudo. O objetivo deste estudo é utilizar modelos estocásticos de previsão climática combinados (modelos híbridos), que permitam captar o comportamento de séries temporais de temperatura do ar e umidade relativa do ar, auxiliando nas projeções para a realização de prognósticos climáticos em escala sazonal. Os métodos utilizados são realizados e avaliados através de simulações estocásticas. Nesta etapa do trabalho, é determinado um modelo composto para se fazer previsões climáticas, que consiste na agregação de resultados obtidos por métodos estocásticos. Desta forma, geram-se modelos alimentados com previsões climáticas estocásticas que permitem prever o comportamento de risco de transmissão da dengue no Brasil, em função das variações climáticas e ambientais. Desta forma, tornam-se possível propor soluções e balizar o planejamento e a execução de medidas adequadas e oportunas que permitam uma melhor interpretação sobre os determinantes e condicionantes do processo. Com a obtenção destes resultados é possível subsidiar políticas de planejamento de ações em saúde pública nas diversas regiões do Brasil que proporcionem à população melhor qualidade de vida e redução das desigualdades existentes nas diversas microrregiões.

## 1 Introdução

A dengue tornou-se um dos maiores problemas de saúde pública nas regiões tropicais e sub-tropicais por causa epidemias de epidemias com consequências sérias. O vírus da dengue da dengue circula na comunidade quando há interação entre populações humana e de mosquitos. Para que possamos compreender a dinâmica da transmissão da dengue desenvolve-se um modelo matemático, modelo este que usamos livremente as equações diferenciais estocásticas.

### 1.1 Equações Diferenciais Estocásticas

Fixar um ponto  $x_0$  em  $\mathbb{R}^n$  e considerar então a equação diferencial ordinária:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}x(t) = b(x(t)) & (t > 0) \\ x(0) = x_0 \end{cases}$$

onde  $b : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$  é um campo vetorial suave dado, e a solução é a trajetória  $x(\cdot) : [0, \infty) \rightarrow \mathbb{R}^n$ .

**Notação.**  $x(t)$  é o estado do sistema no tempo  $t \geq 0$ .

Em muitas aplicações, no entanto, as trajetórias experimentalmente medidas em sistemas modelados por (EDO) de fato não se comportar conforme o previsto. Por isso, parece razoável modificar (ODE), de alguma forma a incluir a possibilidade de efeitos aleatórios perturbar o sistema. Uma maneira formal para o fazer é escrever:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}X(t) &= b(X(t)) + B(X(t)) & (t > 0) \\ X(0) &= x_0 \end{cases} \quad (1)$$

onde  $B : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{M}^{n \times m}$  (= espaço de matrizes  $n \times m$ ) e

$\xi(\cdot) :=$  “ruído branco”  $m$ -dimensional.

Temos que (1) é uma equação diferencial estocástica (EDE), onde  $X(t)$  é um termo estocástico. Assim as equações diferenciais estocásticas são basicamente equações diferenciais com um termo estocástico adicional. O termo determinístico que é comum às equações diferenciais ordinárias, descreve o comportamento dinâmico “médio” do fenômeno em estudo e o termo estocástico descreve o “ruído”, ou seja as perturbações aleatórias que influenciam esse fenômeno.

## 1.2 Dengue

O vírus da dengue é transmitido pelo mosquito *Aedes aegypti* e ocorre em regiões densamente povoadas. Atualmente este mosquito está concentrado nas regiões tropicais e sub-tropicais do planeta, dependente da concentração humana. A própria distribuição geográfica do *Aedes aegypti* mostra forte dependência com temperatura e umidade (chuva). Nos períodos quente e chuvosos ocorrem um aumento da densidade, resultando, como consequência incidência de dengue. A dengue tem quatro sorotipos 1, 2, 3 e 4, porém iremos considerar que circula apenas um.

# 2 Alguns modelos de dinâmica populacional

## 2.1 Modelo malthusiano

Supõe que o número de indivíduos de uma determinada população se modifica apenas por conta de nascimentos e mortes, sem processos de migração, durante o período de tempo observado.

variação da população = nascimentos (n) - mortes (m)

O modelo malthusiano considera a variação da população constante. Assim, tomando  $\lambda = n - m$  e  $N$  o a população, teríamos que a o número de indivíduos em função do tempo seria dado por

$$\frac{dN}{dt} = \lambda N \quad (2)$$

Uma solução de (2) é  $N(t) = N_0 e^{\lambda t}$ , onde  $N_0$  é a população inicial.

## 2.2 Modelo de Verhulst

Como anteriormente  $N = N(t)$  denota o tamanho da população no tempo  $t$ . Vamos continuar assumindo que o crescimento populacional depende somente da medida da população.

Nesse modelo a taxa de crescimento per capita é uma função decrescente de tamanho  $\lambda - aN$ . Como anteriormente  $N(t)$  denota o tamanho da população no tempo  $t$ . Vamos continuar assumindo que o crescimento populacional depende somente da medida da população. Estas suposições permitem definir a equação de Verhulst.

$$\frac{dN}{dt} = rN\left(1 - \frac{N}{k}\right) \quad (3)$$

Com parâmetros  $r = \lambda$  e  $k = \frac{\lambda}{a}$ ,  $r$  e  $k$  são positivos.

A constante  $k$  chama-se capacidade de transporte do meio ambiente que é determinado pela disponibilidade de recursos.

Há dois pontos de equilíbrio em (3),  $N = 0$  e  $N = k$ , isto é onde  $\frac{dN}{dt} = 0$ .

Observamos que  $N' \approx rN$  quando  $N$  é pequeno e  $N' = 0$  quando  $N$  está próximo de  $K$ . Em outras palavras, quando  $N$  está próximo de  $k$  a população sofre forte mudanças.

Após algumas análises temos que a solução para (3) é dada por

$$N(t) = \frac{kN_0}{N_0 + (k - N_0)e^{-rt}} \quad (4)$$

Esta equação é válida se  $0 < N_0 < k$ .

Assim os logaritmos acima são definidos se  $N_0 < k$ ,  $N(t)$  cresce monotonicamente para  $k$ . Enquanto se  $N_0 > k$  ela decresce monotonicamente para  $k$ .

## 2.3 Modelo de Volterra

O modelo de Volterra é um modelo de presa-predador. Se definirmos  $N = N(t)$  como o número (ou densidade) de presas e  $P = P(t)$  e número (ou densidade) de predadores, o sistema proposto por Volterra apresenta a seguinte formulação

$$\frac{dN}{dt} = rN - cNP \quad \frac{dP}{dt} = bNP - mP \quad (5)$$

onde  $r$ ,  $c$ ,  $b$  e  $m$  são constantes positivas.

O termo  $rN$  implica que as presas crescerão de modo exponencial na ausência de predadores. Por sua vez, o segundo termo da primeira equação,  $-cNP$ , está relacionado à redução das presas por ação dos predadores. Na segunda equação, o termo  $bNP$  indica que a perda de presas leva à produção de novos predadores, e  $-mP$  indica que a população de predadores decai exponencialmente na ausência de presas.

## 3 Modelos da dinâmica da população de mosquito e da população humana

O estudo feito é baseado no artigo de Yang, Marcoris, Galvani e Andrichetti, publicado em 2007 pela revista TEMA- Tendências em Matemática Aplicada e Computacional. Nesse Trabalho iremos considerar apenas as fases pupa e adulta do mosquito (fêmeas adultas).

### 3.1 População humana

A comunidade humana é dividida em quatro compartimentos não interceptantes:

1. *Suscetíveis*: São os indivíduos vulneráveis a contaminação da doença. A quantidade diminui quando os indivíduos são infectados pelos mosquitos infectantes e passa para a classe dos expostos proporcionalmente a uma taxa de frequência com que os mosquitos picam humanos (ou referido como taxa de contato *per-capita*  $\beta'_h$ );
2. *Expostos*: São os indivíduos que foram picados e que estão em período de incubação, ou seja, não infectantes. Esses indivíduos são retirados dessa classe para infectantes a uma taxa  $\alpha$ , onde  $\alpha^{-1}$  é o período de incubação intrínseca;
3. *Infectantes*: Com o término do período de incubação, o indivíduo passa à classe dos infectantes. Neste período, além de manifestar a doença o indivíduo a transmite ao mosquito ao ser picado. Por sua vez esse indivíduos são retirados dessa classe para recuperados a uma taxa  $\eta$ , onde  $\eta^{-1}$  é o período de infecção (ou recuperação) do indivíduo humano;
4. *Recuperados*: São os indivíduos que passaram pelo período infeccioso.

Assume-se que a população humana é constante, onde o número total é  $N$ . Assim a frações de indivíduos suscetíveis, expostos, infectantes e recuperados em cada instante de tempo  $t$  são dadas por  $s(t)$ ,  $e(t)$ ,  $i(t)$  e  $r(t)$  respectivamente. todos os indivíduos estão sob a influencia de uma mesma taxa de mortalidade dada por  $\mu$

### 3.2 População de mosquitos

1. *Fase pupa*: A quantidade de pupas  $P(t)$  aumenta com a transformação de larvas em pupas e diminui com eclosão (transformação) em mosquitos adultos e com a morte. As taxas *per-capita* de eclosão para fase adulta e da mortalidade são dadas por  $\sigma$  e  $\mu_p$ ;
2. *Fase adulta*: A quantidade de fêmeas adultas  $W(t)$  aumenta com a eclosão de pupas e diminui com a mortalidade. A taxa *per-capita* de mortalidade de fêmeas adultas é designada por  $\mu_w$ . Também existe uma subdivisão da fase adulta:
  - (a) *Mosquitos suscetíveis*  $W_1(t)$ : São infectados quando picam indivíduos infectantes, proporcionalmente a uma taxa de contato total  $\beta_w$ , que é o produto entre número total de humanos  $N$  e a taxa *per-capita*  $\beta'_w$ ;
  - (b) *Mosquitos infectados porém não infectantes*  $W_2(t)$ : São removidos para a classe de infectantes a uma taxa  $\gamma$ , onde  $\gamma^{-1}$  é o período de incubação extrínseca do vírus no mosquito
  - (c) *Mosquitos infectantes*  $W_3(t)$ : São os mosquitos que passam a transmitir a doença e diminuem com a morte.

O número total de mosquito fêmeas adultos é  $W = W_1 + W_2 + W_3$

### 3.3 Modelo Convencional

A partir dos estudos anteriores temos que a dinâmica de transmissão da dengue na população humana é descrito por

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}s(t) &= \mu - [\epsilon\beta'_h + \mu]s(t) \\ \frac{d}{dt}e(t) &= \epsilon\beta'_h W_3(t)s(t) - (\alpha + \mu)e(t) \\ \frac{d}{dt}i(t) &= \alpha e(t) - (\eta + \mu)i(t) \\ \frac{d}{dt}r(t) &= \eta i(t) - \mu r(t) \end{cases} \quad (6)$$

onde  $\epsilon$ , com  $0 < \epsilon < 1$ , representa uma redução na busca efetiva por repasto sanguíneo devido ao envelhecimento de mosquito, e  $s(t) + e(t) + i(t) + r(t) = 1$ . E na população de mosquitos, é descrita por

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}W_1(t) &= \sigma P(t) - (\beta_w i(t) + \mu_w)W_1(t) \\ \frac{d}{dt}W_2(t) &= \beta_w i(t)W_1(t) - (\gamma + \mu_w)W_2(t) \\ \frac{d}{dt}W_3(t) &= \gamma W_2(t) - \mu_w W_3(t) \end{cases} \quad (7)$$

onde  $P(t)$  é o número de pupas em cada instante e  $\sigma$  é a taxa *per-capita* de transformação de pupa para adulto.

Considando  $\lambda_h(t) = \epsilon\beta'_h W_3(t)$ , onde  $\lambda_h$  é a força de infecção entre humanos ou incidência *per-capita*, de dengue entre humanos,  $\lambda_h(t)$  mede o risco, por unidade de tempo de uma pessoa adquirir a doença, onde  $\lambda_h(t)s(t)N$  é a incidência total. Analogamente, tem-se a força de infecção de dengue entre mosquitos dada por  $\lambda_w(t) = \beta_w i(t) = \beta'_w Ni(t)$  e  $\lambda_w W_1$  a incidência total. Assim podemos reescrever os modelos acima da seguinte forma, população humana

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}s(t) &= \mu - [\epsilon\beta'_h + \mu]s(t) \\ \frac{d}{dt}e(t) &= \lambda_h(t)s(t) - (\alpha + \mu)e(t) \\ \frac{d}{dt}i(t) &= \alpha e(t) - (\eta + \mu)i(t) \\ \frac{d}{dt}r(t) &= \eta i(t) - \mu r(t) \end{cases} \quad (8)$$

e população de mosquitos

$$\begin{cases} \frac{d}{dt}W_1(t) &= \sigma P(t) - (\beta_w i(t) + \mu_w)W_1(t) \\ \frac{d}{dt}W_2(t) &= \lambda_w(t)W_1(t) - (\gamma + \mu_w)W_2(t) \\ \frac{d}{dt}W_3(t) &= \gamma W_2(t) - \mu_w W_3(t) \end{cases} \quad (9)$$

Para que façamos a análise do modelo consideremos os pontos de equilíbrio de onde temos três possíveis ponto: *comunidade livre da infestação de mosquitos*, *comunidade livre de transmissão de dengue* e *dengue prevalente na comunidade*. Derivando-se da análise de estabilidade desse pontos, obtém-se o número de reprodutibilidade basal. Desse parâmetro epidemiológico, estuda-se os valores lineares dependentes de temperatura.

### 3.4 Número de casos basal

Como é habitual em modelos epidemiológicos, a transmissão é resumido pelo número básico de reprodução, o que dá o número de casos secundários após a introdução de um único indivíduo infectado para uma população suscetível. +

$$R_0 = \bar{R}_0 \times \frac{\delta C(1 - \frac{1}{Q_0})}{\mu_w} \times \frac{\sigma}{\sigma + \mu_p}$$

com  $\bar{R}_0$  sendo dado por

$$\bar{R}_0 = \frac{\gamma}{\gamma + \mu_w} \times \frac{\epsilon\beta'_w}{\mu_w} \times \frac{\alpha}{\alpha + \mu} \times \frac{\beta_w}{\eta + \mu}$$

e  $Q_0$  é o número descendentes basal e é dado por

$$Q_0 = \frac{\delta}{\delta\mu_l} \times \frac{\sigma}{\sigma + \mu_p} \times \frac{\phi}{\mu_w}$$

onde  $\mu_l$  é a taxa de morte dos ovos.

Os valores basais  $Q_0$  e  $R_0$  dependem de parâmetros entomológicos e da história natural da infecção de dengue. Temos que os riscos de infestação de mosquitos e de emergência de dengue dependem de temperatura.

## 4 Outro Alternativos

Nesse modelo a população humana é dividida em uma proporção de suscetíveis  $x$ ,  $y$  uma proporção de infectados e uma proporção de imunes  $z$ . As mudanças nas proporções destas três categorias são descritas por três equações diferenciais:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \delta + \rho z - (\delta + h)x \\ \frac{dy}{dt} = hx - (r - \delta)y \\ \frac{dz}{dt} = ry - \delta z \end{cases} \quad (10)$$

onde  $h$  é a taxa com que os indivíduos suscetíveis passam a ser infectantes,  $r$  é a taxa com que os indivíduos infectantes se tornam imunes ao vírus.  $\delta$  é a taxa de morte (ou seja,  $1/\delta$  é a expectativa de vida)

### 4.1 Número de Casos Basal

O número de casos basal para este modelo é dado por

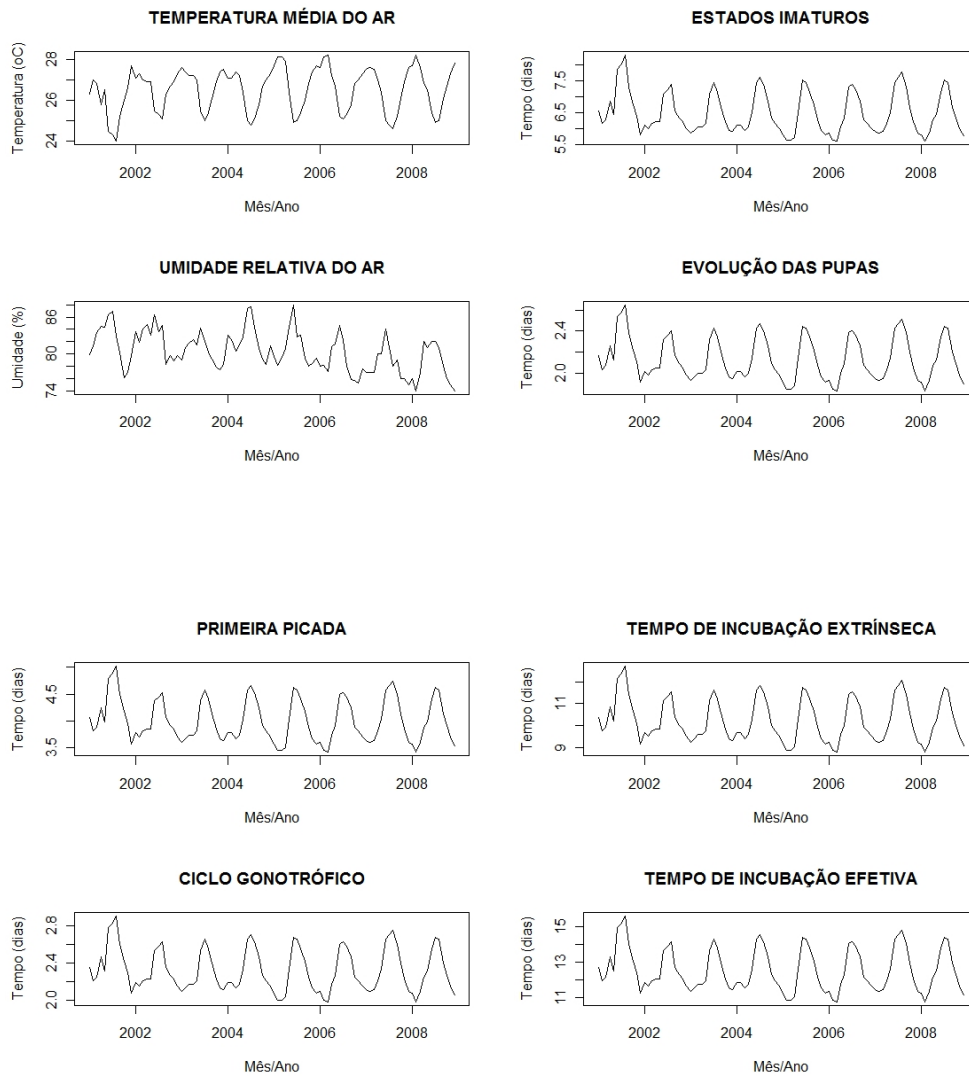
$$R_0 = \frac{ma^2bc}{\mu\gamma} e^{-\mu t_0}$$

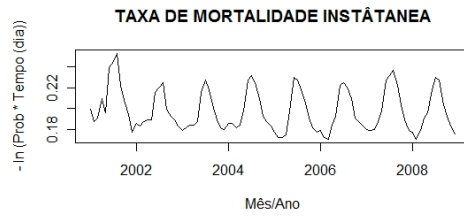
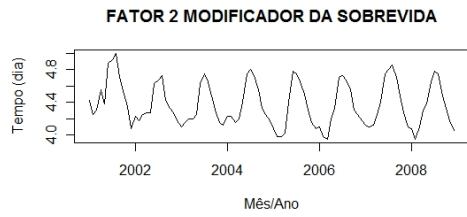
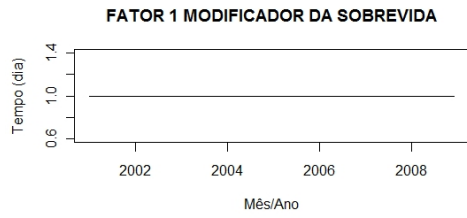
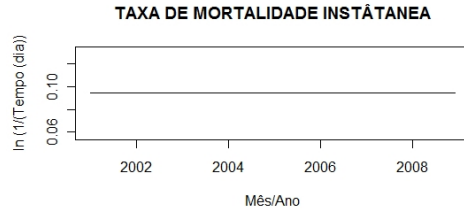
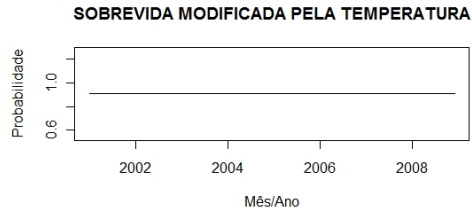
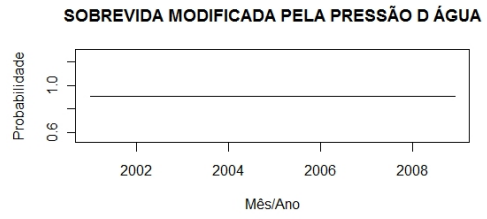
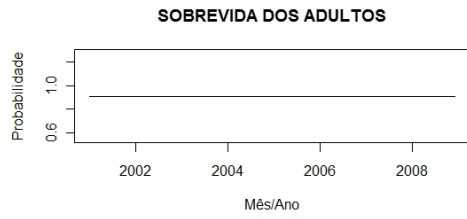
Como um indicador da intensidade da transmissão,  $R_0$  tenderá a ser aumentado pela seleção natural, e parasitas com maior  $R_0$  vai invadir as populações de parasitas com menores números de reprodução.

## 5 Resultados

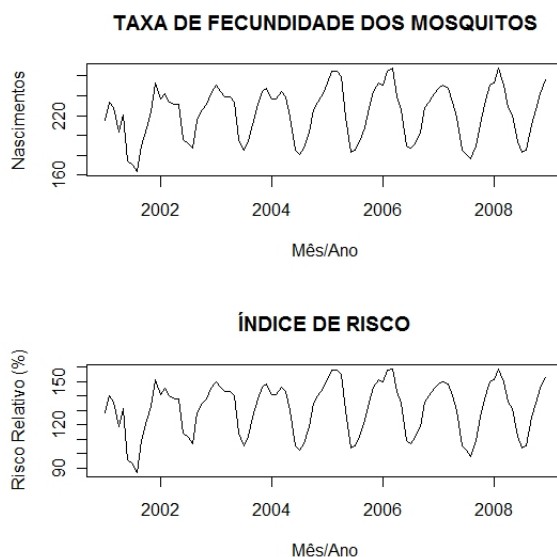
Um estudo-piloto, motivador, foi realizado em Natal-RN, quando se pode constatar uma janela temporal altamente favorável à proliferação do mosquito, devido a suas condições bioclimáticas - variáveis que exercem um papel relevante para o desenvolvimento do *Aedes aegypti*. Ademais, o vetor da doença, para se desenvolver, necessita de água (de preferência limpa e parada), o que pode facilmente ocorrer durante, e logo após as chuvas no ambiente urbano. Assim, a precipitação pluviométrica, em Natal, torna-se a variável determinante na proliferação do *Aedes aegypti*, mosquito-vetor transmissor da dengue. Com base nos resultados, pôde-se concluir que as variáveis bioclimáticas temperatura média do ar e umidade

relativa do ar exercem papéis relevantes no acondicionamento do habitat do *Aedes aegypti* nos estados do NEB, figurando como determinantes no desenvolvimento do principal mosquito vetor da dengue no meio urbano e, por conseguinte, na incidência dos casos notificados de dengue nos estados analisados. Tal afirmativa justifica-se através dos significativos resultados obtidos a partir, principalmente, das análises de correlação entre os casos notificados de dengue no período de 2001 a 2008 e a potencialidade da condição biofísica favorável ao desenvolvimento do *Aedes aegypti* no NEB. Ainda, fundamentado nos resultados obtidos, observou-se que o vetor tem suas condições de desenvolvimento facilitadas, ou favoráveis, no período de março a junho, que coincide, como demonstrou o trabalho de correlação realizado, com os picos epidêmicos da dengue notificados no NEB. Além disso, verificou-se que sua curva de potencialidade de desenvolvimento do *Aedes aegypti* segue a climatologia regional, acompanhando a atuação dos sistemas sinóticos mais expressivos e influentes, e.g. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as Ondas de Leste (OL).









## 6 Considerações Finais

Várias são as pesquisas, de campos científicos diversos, que desprendem seus esforços no monitoramento, observação, análise e interpretação de eventos da natureza. Para tanto, conjuga-se como de grande relevância a aquisição de dados relativos a variáveis físico-ambientais. Um exemplo desta afirmativa são os dados respectivos as variáveis climáticas temperatura do ar e umidade relativa do ar principalmente diante da preocupação mundial com os atuais e futuros efeitos das Mudanças Climáticas Globais. As previsões sazonais de variáveis climatológicas são de grande utilidade a diversos setores sócio-econômicos da sociedade, como também subsidiam o processo de tomada de decisões no âmbito governamental, em setores de atividades como: Saúde Pública, Defesa Civil, Agricultura e Recursos Hídricos. Desta maneira, se faz necessário estudar o quão boas podem ser tais previsões.

O objetivo deste estudo é utilizar modelos estocásticos de previsão climática combinados (modelos híbridos), que permitam captar o comportamento de séries temporais de temperatura do ar e umidade relativa do ar, auxiliando nas projeções para a realização de prognósticos climáticos em escala sazonal. Os métodos utilizados são realizados e avaliados através de simulações estocásticas. Nesta etapa do trabalho, é determinado um modelo composto para se fazer previsões climáticas, que consiste na agregação de resultados obtidos por métodos estocásticos. Desta forma, geram-se modelos alimentados com previsões climáticas estocásticas que permitem prever o comportamento de risco de transmissão da dengue no Brasil, em função das variações climáticas e ambientais. Desta forma, tornam-se possível propor soluções e balizar o planejamento e a execução de medidas adequadas e oportunas que permitam uma melhor interpretação sobre os determinantes e condicionantes do processo. Com a obtenção destes resultados é possível subsidiar políticas de planejamento de ações em saúde pública nas diversas regiões do Brasil que proporcionem à população melhor qualidade de vida e redução das desigualdades existentes nas diversas microrregiões.

A incidência da dengue, em todas as regiões do Brasil, com exceção da região sul, tem se mostrado, em alguns anos, como elevada resultando em impactos diretos e significativos à saúde pública. O Programa Nacional de Controle do Dengue (PNCD, 2002) classifica as áreas com incidência do dengue em três estratos: alta, para regiões, estados ou municípios com taxa de incidência maior que 300 casos por 100.000 habitantes; média, para regiões,

estados ou municípios com taxa de incidência dentro do intervalo de 100 a 300 casos por 100.000 habitantes; baixa, para regiões, estados ou municípios com incidência menor que 100 casos por 100.000 habitantes. Alguns trabalhos têm buscado relacionar tanto a incidência do dengue quanto a potencialidade de desenvolvimento do *Aedes aegypti* com o comportamento de variáveis ambientais entre eles destacam-se aqueles realizados no estado da Paraíba (FERNANDES, CRM; BESERRA, EB; CASTRO JR, FP; SANTOS, JW; SANTOS, TS. 2006. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. Neotropical Entomology. vol, 35(6): 853-860). Esse trabalho buscou determinar as exigências térmicas para o desenvolvimento e estimar o número de gerações anuais do *Aedes aegypti*. Entre seus resultados, os autores destacam que a temperatura favorável de desenvolvimento do vetor está entre 21°C e 29°C. Para que o vetor mantenha boa longevidade, a temperatura deve encontra-se na faixa de 22°C a 30°C. Além disso, ressaltam: não ocorreu eclosão dos ovos a temperatura a baixo de 18°C; que a faixa térmica de 29°C a 32°C apresenta-se como potencialmente máxima ao desenvolvimento; e que extremos de 18°C e 34°C implicam em efeitos negativos ao desenvolvimento. Outro trabalho relevante, realizado na mesma região, teve como objetivo comparar o ciclo de vida e estimar os padrões de fertilidade de populações de *Aedes aegypti*. As temperaturas médias das águas em que ocorreram os desenvolvimentos dos ovos à emergência dos adultos das populações de *Aedes aegypti* variaram de aproximadamente 24,85°C a 24,99°C. Ainda, observou-se que as populações de *Aedes aegypti* diferiram significativamente quanto ao período de desenvolvimento embrionário e à viabilidade dos ovos, com médias variando de 3,8 a 4,4 dias e 58,4% a 84%, respectivamente. Tal fato foi justificado pelo efeito da temperatura do ar sobre o ciclo de vida do vetor. De fato, os insetos vetores da malária e do dengue urbano beneficiam-se com a elevação das temperaturas, cujo optimum situa-se entre 25°C e 27°C; outros fatores favoráveis à proliferação são às precipitações, responsáveis pela criação e manutenção das coleções hídricas utilizadas como criadouros e a permanência de altos índices de umidade relativa do ar, superior a 70%.

## Referências

- [1] H.M. Yang, M.L.G. Marcoris, K.C Gavalni, M.T.M Andrighetti. Dinâmica da Transmissão da Dengue com Dados Entomológicos Temperatura-dependentes. Revista TEMA - Tendências em Matemática Aplicada e Computacional, Vol 8, No 1, pg. 159-168, 2007
- [2] D.G Figueiredo, A.F. Neves. Equações Diferenciais Aplicadas. Coleção Matemática Universitária, 3º Edição, pg. 18-20. Rio de Janeiro: IMPA,2008
- [3] J.C Koella, R Antia. Epidemiological Models the spread of ant-malarial resistance in [www.malariajournal/content/2/1/3](http://www.malariajournal/content/2/1/3).
- [4] FAVIER, C.; DEGALLIER, N.; VILARINHOS, P.T.R.; CARVALHO, M.S.L.; YOSHIKAWA, M.A.C.; KNOX, M.B. Effects of climate and different management strategies on *Aedes aegypti* breeding sites: a longitudinal survey in Brasília (DF, Brazil). Tropical Medicine and International Health, v.2, n.7, p.1104-1118, 2006.
- [5] FERNANDES, C. R. M; BESERRA, E. B; CASTRO JR., F. P; SANTOS, J. W; SANTOS, T. S. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. Neotropical Entomology, vol. 35(6): 853-860. 2006.

- [6] FERREIRA, M. E. M. C. Doenças tropicais: o clima e a saúde coletiva. Alterações climáticas e malária na área de influência do reservatório de Itaipu-PR. Terra Livre, v.1, n. 20. 2003.
- [7] R Development Core Team (2007). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- [8] HÖHLE, M. An R-package for the surveillance of infectious diseases, Proceedings in Computational Statistics, 17th Symposium, A. Rizzi and M. Vichi (Eds.), Roma, Itália, Physica-Verlag, pp.1327–1334, 2006.