

Impactos Climáticos Sobre a Transmissão da Dengue no Nordeste do Brasil

Nicolas Degallier¹, Jacques Servain^{1,2}, Alexis Hannart¹, Bruno Durand², Raimundo Nonato de Souza³ and Zolyde Mota Ribeiro³

¹Laboratoire d'Océanographie et du Climat, Expérimentations et Approches Numériques, IRD UMR 182, Paris France;

²FUNCEME, Fortaleza, Ceará, Brazil;

³SESACE-MS, Fortaleza, Ceará, Brazil

INTRODUÇÃO

Desde as primeiras epidemias de dengue no Brasil nos anos 80, essa doença se tornou endêmica em várias regiões, com epidemias causadas pela transmissão de novos sorotipos (Degallier et al., 1996). O Nordeste do Brasil conheceu também entre as maiores epidemias. Durante o mesmo intervalo, a prevenção não melhorou tanto como seria esperado, apesar do país dispor de produtos inseticidas e métodos de controle mais eficazes. Uma prevenção eficaz não pode ser baseada apenas sobre boas técnicas de controle mas também sobre uma antecipação do início e amplitude das epidemias (Tauil, 2002). Tal previsão das epidemias pode ser realizada graças à modelos estatísticos e/ou dinâmicos, uma vez que os processos de multiplicação e transmissão do vírus são conhecidos (Favier et al., 2005). Portanto, as interações entre o vírus, seus vetores, populações humanas e o meio ambiente são extremamente complexas.

Com o intuito de entender melhor tais relações, foi desenvolvido um modelo preditivo do risco de epidemias de dengue, integrando os parâmetros mais sensíveis na definição do risco de transmissão. Tais parâmetros foram descritos a respeito da transmissão da malária por anophelinos e foram integrados numa expressão da taxa de reprodução da doença ou " R_0 " (Favier et al., 2006). No início de uma epidemia (número crescendo de

novos casos) $R_0 > 1$; numa situação endêmica (o número de novos casos compensa o número de mortos ou imunizados), $R_0 = 1$; e após o pique da epidemias (até a doença desaparecer), $R_0 < 1$. Por outro lado e na maioria do Brasil, as epidemias de dengue mostram uma sazonalidade nítida (Marzochi, 1994).

O presente trabalho teve como objetivo de estudar alguns aspectos do clima relacionados a transmissão da dengue no Nordeste, buscando adaptar regionalmente o modelo de risco. Entre os parametros biológicos mais importante é a taxa de mortalidade dos vetores, influenciada pela temperatura e hygrometria, pelo menos nos modelos existentes (Kuno, 1995). A mortalidade dos mosquitos é classicamente representada por uma função exponencial constante (Styer et al., 2007). Nos temos então verificado qual a influência da temperatura e hygrometria sobre a mortalidade do vetor *Aedes aegypti* em condições quase naturais na cidade de Fortaleza, CE.

MATERIAS E MÉTODOS

Ao longo de 12 experimentos, realizados em várias estações durante 3 anos, gaiolas com mosquitos foram expostas em condições naturais, dentro de casas em diversos bairros da cidade (Fig. 1). A mortalidade foi avaliada pelos números de mosquitos mortos a cada dia, os mesmos sendo alimentados de sangue no primeiro dia após sua eclosão e mantidos com solução de glicose. A umidade relativa (UR) e a temperatura foram registradas a cada 10 min. As variáveis tomadas em conta na análise estatística foram: estação climática (2), ano (3), local (5), média, minimum, maximum e desvio padrão diárias das temperaturas, UR e déficit de vapor, idade no momento da morte (em dias). Essas observações foram registradas para 1562 indivíduos. Uma base de dados foi construída, cruzando esses indivíduos com os dias das suas vidas, obtendo assim 31453 dias x indivíduos, e codificando a variável dependente, ou cada mosquito, como vivo (1) ou morto (0). Modelagens logística e

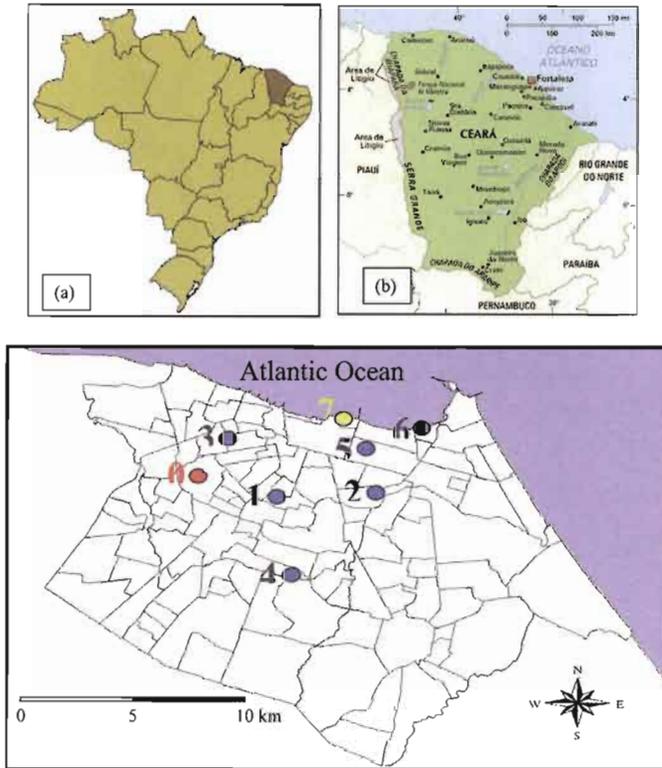


Figura 1 – (a) Mapa do Brasil, (b) mapa do Estado do Ceará, (c) mapa de Fortaleza, com os locais dos experimentos: (0) UFC, (1) Montese, (2) Serrinha, (3) São Gerardo, (4) Pie XII, (5) Aldeota, (6) Mucuripe, (7) Iracema (SESACE).

linear foram realizadas para as relações entre morte e fatores climáticos e estimação de uma função de azar, respectivamente. As durações médias da vida (oriundas da base de dados) foram comparadas de acordo com fatores do meio ambiente (locais e estações/anos), utilizando o teste de Kruskal-Wallis (Siegel, 1956). Também, valores dos parâmetros e probabilidades associadas (p-values) foram estimadas na modelagem logística das mortes em função dos fatores climáticos (Lawless, 2003). A função de mortalidade (azar) foi modelisada linearmente.

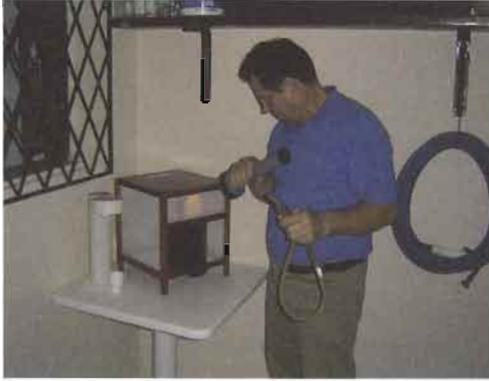


Figura 2 – Ambiente num local de experimentação (Montese); ver a localização na Fig. 1c.

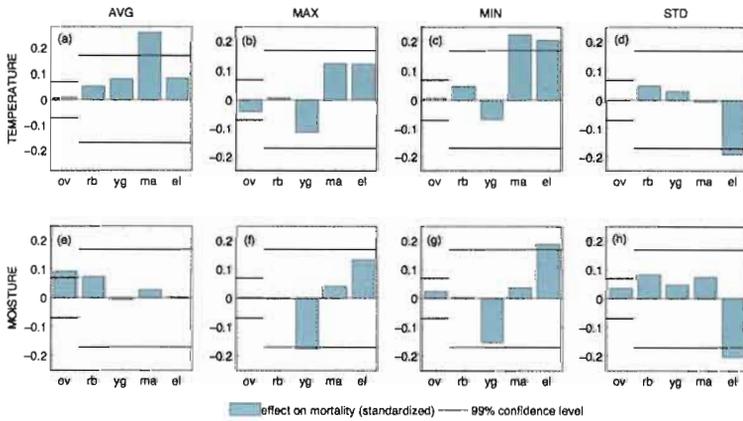


Figura 3 – Histogramas mostram os parâmetros da regressão logística da média, do máximo, mínimo e desvio padrão da temperatura (a, b, c, d) e umidade relativa (e, f, g, h), utilizados como preditores da morte no mesmo dia; o eixo horizontal mostra as amostras de mosquitos fêmeas consideradas: total (ov), recém eclodidos (rb), jovens (yg), de idade média (ma), e velhos (el); a regressão foi realizada sobre variáveis padronizadas, cujos parâmetros são sem dimensão e comparáveis; as linhas horizontais indicam quando parâmetros são diferentes de zero com probabilidade $p < 0.01$; 8 entre os 40 parâmetros são então significativamente diferentes de zero.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais resultados foram os seguintes: (a) a sobrevivência dos mosquitos é superior de 20 % durante a estação chuvosa, e tal efeito ficou diferente segundo os anos; (b) o local tem também sua influência, com duração da vida variando de - 12% a + 38% com relação a média; (c) apenas 11 em 60 variáveis climáticas, incluindo lags, tem uma influência significativa ao 0,01 nível; (d) as influências climáticas tem interações com a idade, por exemplo a UR elevada favorece os mosquitos jovens e é prejudicial aos velhos; (e) o estudo da função de azar mostrou um aumento linear durante 2,5 vezes o tempo médio de vida ou 95% dos indivíduos e um plato no final da distribuição (Fig. 2). Na Figura 3, estão visualizadas relações significativas (nível de probabilidade: 99%) entre mortalidade dos vetores em várias faixas etárias e oito variáveis climáticas. As temperaturas média e mínima influenciam respectivamente a mortalidade dos mosquitos “adultos” de maneira positiva e a temperatura mínima influencia também positivamente a mortalidade dos mosquitos mais velhos. No contrário, a mortalidade desses mosquitos “velhos” aumenta quando o desvio padrão das temperaturas diárias abaixa-se. No que concerne a umidade relativa, a média tem mostrado influência positiva sobre a mortalidade média. A UR máxima influencia negativamente os mosquitos “jovens”, enquanto as UR mínima e desvio padrão tem mesma influência sobre mosquitos “velhos” do que as temperaturas. Assim, a mortalidade dos *Aedes aegypti* não é constante como era suposto até então e nossos resultados confirmam resultados de estudos recentes (Styer et al., 2007). Além de fatores genéticos, essa mortalidade também é influenciada pelo microclima proprio em cada local. Vale ressaltar que esses experimentos eliminaram outras causas de mortalidade tais como predadores ou acidentes, e permitiram assim avaliar uma duração máxima de vida dos vetores em várias estações. Devido a complexidade das relações entre mortalidade, fatores climáticos e ecológicos, estudos complementares no campo e com modelos matemáticos serão necessários para avaliar o real impacto das variações de mortalidade na transmissão da dengue.

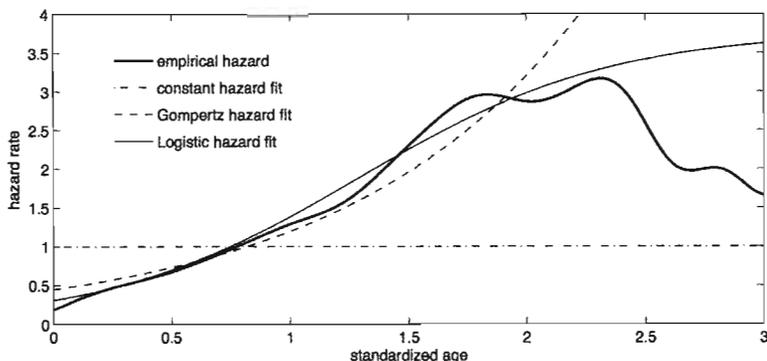


Figura 4 – A curva em negrito representa a função de azar empírica, baseada no total da amostra ($n \sim 1,500$); curvas finas mostram os melhores ajustes das funções de mortalidade constante, de Gompertz e do modelo logístico.

AGRADECIMENTOS.

Esse trabalho fez parte do Projeto de cooperação científico franco-brasileiro IRD-CNPq CATIN “Clima do Atlantico Tropical e Impactos sobre o Nordeste” (Processo CNPq 492690/2004-9) e beneficiou também da ajuda financeira as pesquisas da UR 182 (LOCEAN) do IRD.

REFERÊNCIAS

- Degallier, N., Travassos da Rosa, A.P.A., Vasconcelos, P.F.d.C., Figueiredo, L.T.M., Travassos da Rosa, J.F.S., Rodrigues, S.G., & Travassos da Rosa, E.S. (1996) La dengue et ses vecteurs au Brésil. *Bull. Soc. Path. ex.*, 89, 128-136.
- Favier, C., Degallier, N., Dubois, M.A., Boulanger, J.-P., Menkes, C.E., & Torres, L. (2005) Dengue epidemic modeling: stakes and pitfalls. *Asia Pacific Biotech News*, 9, 1191-1194.
- Favier, C., Degallier, N., Lima, J.R.C., Rosa-Freitas, M.G., Luitgards-Moura, J.F., Mondet, B., Oliveira, C., Weimann, E.T.d.S., & Tsouris, P. (2006) Early determination of the reproductive number for vector-borne diseases: the case of Dengue in Brazil. *Tropical Medicine & International Health*, 11, 332-340.

- Kuno, G. (1995) Review of the factors modulating dengue transmission. *Epidemiologic Reviews*, 17 (2), 321-335.
- Lawless, J.F. (2003) Statistical models and methods for lifetime data Wiley Interscience.
- Marzochi, K.B.F. (1994) Dengue in Brazil - Situation, transmission and control - A proposal for ecological control. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 89, 235-245.
- Siegel, S. (1956) Nonparametric statistics: for the behavioral sciences, 0 edn. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- Styer, L.M., Carey, J.R., Wang, J.-L., & Scott, T.W. (2007) Mosquitoes do senesce: departure from the paradigm of constant mortality. *American Journal of tropical Medicine and Hygiene*, 76, 111-117.
- Tauil, P.L. (2002) Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. *Cadernos de Saúde pública*, 18, 867-871.