

DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO CLIMÁTICO DAS CONDIÇÕES BIOFÍSICAS DO *Aedes aegypti* NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Bruno Claytton Oliveira da Silva. Mestrando do Programa Regional de Pós-Graduação
em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA/UFRN)

Fernando Moreira da Silva. Docente do Departamento de Geografia da UFRN

Pedro Vieira de Azevedo. Docente do Departamento de Meteorologia da UFCG

RESUMO

O trabalho objetiva analisar a favorabilidade bioclimática na potencialidade de desenvolvimento do *Aedes aegypti*, tanto para o cenário atual como para aqueles relativos às Mudanças Climáticas Globais (MCGs). Ainda, pretende-se correlacionar resultados da condição Favorável ao Desenvolvimento do *Aedes aegypti* com os números de dengue no período de 2000 a 2005. Os dados foram coletados e estimados pelo modelo Estima T e através de regressão polinomial. Além disso, utilizou-se: estatística descritiva, inferência nebulosa, correlação de Pearson e distribuição Gaussiana. Para o cenário atual, os resultados apontaram aumento, nos meses de março a junho, da potencialidade da condição Favorável ao Desenvolvimento e baixa potencialidade da condição de Potencial Máximo de Desenvolvimento. Já para os cenários de elevação de 1°C e 2°C na temperatura média do ar, observou-se redução no potencial de desenvolvimento da condição Favorável. Em relação aos trabalhos de correlação: no primeiro, verificou-se correlação positiva média de 87,1%. No segundo, encontrou-se uma correlação positiva de 95,8%.

Palavras-chave: *Aedes aegypti*; Favorabilidade bioclimática; Mudanças Climáticas Globais (MCGs), Potencialidade de desenvolvimento.

ABSTRACT

The study aims to look favorably on bioclimatic potential for the development of *Aedes aegypti*, both for the current scenario as for those on Global Climate Change (MCGs). Still, it is intended to correlate results of the condition conducive to the development of *Aedes aegypti* with the numbers of dengue in the period 2000 to 2005. The data were collected and estimated by the model T and estimated by polynomial regression. Moreover, it was used: descriptive statistics, inference fuzzy, Pearson correlation and Gaussian distribution. For the current scenario, the results showed an increase in the months from March to June, the potentiality of the condition conducive to the development and low potential of the condition of High Potential Development. For the scenarios for the lifting of 1 ° C and 2 ° C in the mean air temperature, we observed a reduction in the potential of developing the condition Favorable. Regarding the work of correlation: the first, there was a positive correlation average of 87,1%. In the second, there was a positive correlation of 95.8%.

Keywords: *Aedes aegypti*; favorably bioclimatic; Global Climate Change (MCGs), potential for development.

INTRODUÇÃO

No presente momento, percebe-se a (re)emergência crescente de acentuado número de enfermidades de impacto direto à saúde humana, principalmente a partir do incremento e intensificação das relações comerciais entre unidades geográficas espaciais (continentes, países e estados), além das alterações e agravamento do quadro ambiental, provocado por uso insustentável dos recursos naturais.

Fato que exemplifica a afirmativa citada diz respeito à elevação da temperatura do ar em âmbito global. Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA) ¹, a década de 1990 foi a mais quente desde que as primeiras medições, no fim do século XIX, foram efetuadas. Este aumento nas décadas recentes corresponde ao aumento no uso de combustível fóssil durante este período. Até finais do século XX, o ano de 1998 foi o mais quente desde o início das observações meteorológicas em 1861, com +0,54°C acima da média histórica de 1961-90. Os últimos 11 anos, 1995-2004 (com exceção de 1996) estão entre os mais quentes no período instrumental.

Como destaca Mendonça ², a saúde humana é fortemente influenciada pelo clima. O mesmo autor destaca ainda que as condições térmicas, de dispersão (ventos e poluição) e de umidade do ar exercem relevante influência sobre a manifestação de muitas doenças, epidemias e endemias humanas. Sendo assim, tem-se que tanto variações como alterações/mudanças do clima podem implicar em ampliação ou agravamento, em dado espaço geográfico, do número de notificações de certa enfermidade de ação direta à saúde humana.

Entre o significativo número daquelas doenças destacam-se a dengue; doença considerada infecciosa febril aguda que provoca, entre outros efeitos, dores musculares e nas articulações e, em alguns casos, febres hemorrágicas – responsáveis pela maioria dos casos notificados de mortes – que se manifestam por diversificadas porções do corpo humano.

Dados obtidos e divulgados pelo PNCD ³ *apud* Organização Mundial de Saúde (OMS, 2002) revelam que, anualmente, 80 milhões de pessoas são infectadas pelo vetor da dengue. Desse total, 550 mil necessitam de cuidados médico-hospitalares e pelo menos 20 mil chegam a óbito.

Indo ao encontro desta realidade, segundo a Secretária Saúde Pública do estado do Rio Grande do Norte ⁴, o estado apresenta elevados índices da doença. A exemplo, somente no período de 2000 a 2005, foram totalizados 114.719 casos notificados.

Em se tratando do principal vetor da dengue – o *Aedes aegypti* – Torres ⁵ afirma que seu principal *habitat* é o meio urbano, pois se prolifera com facilidade em ambiente doméstico pela ausência de predadores e grande disponibilidade de criadouros. Portanto, em geral, não se tem transmissão da dengue em áreas rurais.

Na atualidade é significativo o número de estudos que se desenvolvem preocupados em observar, analisar, diagnosticar e prognosticar, no tempo e no espaço, condições favoráveis tanto ao *Aedes aegypti* quanto a ocorrência de casos de dengue. Para tanto, esses têm levando em consideração o comportamento atual de variáveis ambientais e de cenários futuros desenvolvidos e divulgados pelo 4º relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). O relatório, segundo Ávila ⁶, alerta para um aumento médio global das temperaturas entre 1,8°C e 4,0°C até 2100.

Entretanto, a estimativa mais confiável fala em um aumento médio de 3°C. Tais resultados sinalizam para alterações significativas de diversos aspectos inerentes a qualidade de vida e manutenção da humana na Terra, que podem ser traduzidos, entre outros, pela possibilidade de ampliação de doenças impactantes ao homem.

Entre aqueles estudos, Confalonieri ⁷ observou os efeitos das variações climáticas no Brasil e suas implicações na abundância e disseminação de vetores patógenos transmissores de diversas doenças de impacto na saúde humana. O autor concluiu que fatores tais como temperatura e umidade relativa do ar afetam a capacidade de reprodução e sobrevivência de agentes patogênicos como o da dengue. Os resultados desse estudo possuem limitações do ponto de vista da análise de risco para escalas médias e grandes, face às generalizações necessárias realizadas no momento da pesquisa. Assim, julga-se como indispensável à realização de estudos em âmbito local e regional para o aprimoramento daquelas questões pontuadas.

Analisando a sobreposição de fatores climáticos e a distribuição das populações de *Aedes aegypti* e de *Aedes albopictus*, dentro do contexto de expansão geográfica destas espécies no estado de São Paulo, no período de 1985 a 1995, Glasser e Gomes ⁸ verificaram elevada associação entre a temperatura média de julho e o estabelecimento de *Aedes aegypti*. O percentual de municípios onde a espécie se estabeleceu e a velocidade de ocupação de novos municípios foi tanto maior quanto mais elevada à faixa de temperatura da área em que eles se localizavam. Os resultados indicam para a uma relação diretamente proporcional, ou uma correlação positiva, entre faixas térmicas elevadas e a velocidade de estabelecimento do *Aedes aegypti* no espaço geográfico.

Em trabalho realizado em cinco municípios do estado da Paraíba (Boqueirão, Remígio, Campina Grande, Itaporanga e Brejo dos Santos), Fernandes *et al.* ⁹ procuraram determinar as exigências térmicas, em campo, para o desenvolvimento do *Aedes aegypti*. Destaca-se, entre os resultados, a temperatura favorável ao desenvolvimento do vetor da dengue entre 21°C e 29°C e a faixa térmica entre 29°C a 32°C como sendo máxima ao desenvolvimento. Estes resultados têm valioso valor científico para pesquisas que pretendem analisar e diagnosticar áreas de risco de desenvolvimento, atuação e disseminação do *Aedes aegypti*.

Dissertando sobre algumas doenças ditas tropicais, entre elas a dengue, no estado do Paraná, Ferreira ¹⁰ percebeu que, as altas temperaturas do ar, a umidade relativa do ar, o tempo de duração da estação de verão ou das condições de calor e umidade relativa do ar favorecem a proliferação dos mosquitos. Além disso, indica que o vetor da dengue urbana beneficia-se com a elevação das temperaturas, cujo *optimum* situa-se entre 25°C e 27°C. Ainda, destaca entre os fatores favoráveis à proliferação a permanência de altos índices de umidade relativa do ar, superior a 70%.

A partir do exposto, o trabalho visa diagnosticar e prognosticar – a partir da favorabilidade das variáveis bioclimáticas temperatura média e umidade relativa do ar – as condições biofísicas Favorável ao Desenvolvimento e Potencial Máximo ao Desenvolvimento do *Aedes aegypti* no estado do Rio Grande do Norte. Assim, espera-se ampliar do campo de conhecimentos da dinâmica vetorial da dengue, em território Potiguar, tanto no contexto atual quanto a partir dos cenários propostos relativos às Mudanças Climáticas Globais (MCGs), com vistas à melhoria da qualidade de vida da população local.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estado do Rio Grande do Norte possui grande diversidade de elementos bióticos e abióticos, proporcionada pelas diferenciações físico-naturais presentes em seu território. Contudo, na pesquisa, dar-se-á ênfase ao comportamento das variáveis climáticas em território Norte-Rio-Grandense.

Segundo o Instituto de Defesa do Meio Ambiente (IDEMA) ¹¹, o estado do Rio Grande do Norte localiza-se totalmente no hemisfério sul ocidental, na região Nordeste do Brasil. O estado é limitado pelos seguintes pontos extremos: 4° 49' 53'' e 6° 58' 57'' de latitude sul e 34° 58' 03'' e 38° 36' 12'' de longitude oeste. Tal posição, entre outros fatores, será decisiva em sua configuração climática. Conseqüentemente, o estado apresenta os seguintes tipos de climas: úmido – porção sul do litoral oriental, com índices de pluviosidade média acima de 1.200 mm anuais; sub-úmido – litoral oriental, áreas serranas do interior e porção oeste, com pluviosidade média de 800 a 1.200 mm anuais; semi-árido – toda a porção central e parte do litoral norte com pluviosidade média de 400 a 600 mm anuais.

Metodologia

Coleta de Dados

A coleta de gabinete foi realizada no segundo semestre do ano de 2007 junto às instituições que coletam e quantificam dados relacionados às variáveis climáticas em estudo (temperatura média do ar e umidade relativa do ar), com destaque para o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Em se tratando dos dados de saúde, estes foram obtidos a partir da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e da Secretária de Estado de Saúde Pública do Rio Grande do Norte (SESAP-RN), além de Secretárias Municipais de Saúde (SMSs).

Normal Climatológica

As Normais Climatológicas são dados relativos às médias de variáveis climáticas observadas em um determinado espaço de tempo para uma dada localidade da superfície da Terra, conforme normas estabelecidas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Na pesquisa, utilizaram-se as Normais do período de 1961 a 1990, tendo sido estas editadas, no Brasil, pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) ¹² no ano de 1992. No entanto, observou-se que, no estado do Rio Grande do Norte, há apenas seis estações climatológicas de superfície que coletam dados padronizados pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) e que possuem séries temporais com informações referentes a um período igual ou superior a 30 anos de observação, são elas: Apodi, Ceará-Mirim, Cruzeta, Florânia, Macau, Mossoró. A partir desta realidade, configurou-se como necessário a estimativa de temperaturas mínimas, médias e máximas, para os outros municípios que integram o estado do Rio Grande do Norte.

Software Estima T

O *software* Estima T é um modelo que tem como base a regressão múltipla, sendo este aplicado à estimação da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil, tendo sido proposto pelo Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande (DCA/CCET/UFCG).

O modelo foi utilizado na estimação das temperaturas máximas, mínimas e médias para os municípios que não possuem dados relativos às Normas Climatológicas. Ainda em relação ao Estima T, Cavalcanti *et al.*¹³ citam que no modelo:

“Foram utilizadas as séries temporais das médias mensais de temperatura do ar (média diária, mínima e máxima) de 69 estações meteorológicas do Nordeste do Brasil (NEB) e ATSM do oceano Atlântico Tropical”.

O modelo empírico de estimativa da temperatura do ar é uma superfície quadrática dada por:

$$T_{ij} = a_0 + a_1\lambda + a_2\varphi + a_3h + a_4\lambda^2 + a_5\varphi^2 + a_6h^2 + a_7\lambda\varphi + a_8\lambda h + a_9\varphi h + ATSM_{ij} \quad (1)$$

Onde:

λ é longitude;

φ é a latitude (em graus);

h é a elevação de cada estação meteorológica analisada (em metros);

$a_0, a_1 \dots a_9$ são os coeficientes de regressão;

Os índices i e j indicam, respectivamente, são o mês e o ano para o qual se está calculando a temperatura do ar (T_{ij}).

Correlação Linear de Pearson

A correlação linear de Pearson pode ser compreendida, segundo Andriotti¹⁴, como uma associação numérica entre duas variáveis, não implicando necessariamente uma relação de causa e efeito ou mesmo a existência de uma estrutura com interesses práticos. O método foi utilizado a fim de observar o grau de correlação existente entre a probabilidade da condição biofísica Favorável ao Desenvolvimento do *Aedes aegypti* e o número de casos notificados de dengue no período de 2000 a 2005 no RN. O coeficiente de correlação de Person é obtido a partir da seguinte equação:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

Onde:

r = Índice situado entre -1 e 1;

x e y = valores respectivos as variáveis em estudo.

Regressão

As equações de regressão, de acordo com Andriotti ¹⁴, são úteis para prever o valor de uma variável, dado certo valor de outras variáveis. Estas foram empregadas quando da necessidade de estimar a umidade relativa do ar para os municípios onde inexistem dados relativos à Normal Climatológica. Durante o processo, geraram-se equações de regressão polinomial de terceira ordem, dadas por:

$$\hat{Y} = aX^1 + bX^2 + cX^3 + d \quad (3)$$

Onde:

\hat{Y} = Valor estimado da umidade relativa do ar (%);

X^i = Valor da temperatura do ar (°C);

a, b e c = Coeficientes angulares; d = Coeficiente linear.

Interpretação Nebulosa

A lógica nebulosa, também conhecida como lógica *fuzzy*, foi desenvolvida por Lofti A. Zadeh em 1965. De acordo com Silva ¹⁶, a teoria é aplicada a conceitos de natureza imprecisa, fugindo de uma descrição matemática usual. Já Camargos ¹⁵ afirma que, os conjuntos nebulosos foram criados a partir da certeza de que os métodos tradicionais de análise e sistemas não serviam para lidar com sistemas em que relações entre variáveis não prestavam para representação em termos de diferenciação ou equações diferenciais.

Na presente pesquisa a abordagem foi utilizada na seleção, análise, interpretação, definição e aplicação das diferentes Condições Biofísicas do *Aedes aegypti*. Essas condições são resultantes da interação entre as variáveis bioclimáticas em estudo – temperatura do ar e umidade relativa do ar – e o comportamento das fases que compõem a gênese do *Aedes aegypti* (ovo, larva, pupa e adulto).

Tais condições formam definidas com base na revisão literária que sinalizou para duas condições: Favorável ao Desenvolvimento e Potencial Máximo ao Desenvolvimento. Na primeira, todas as fases de desenvolvimento do *Aedes aegypti* encontrarão grande viabilidade quando a temperatura média do ar encontra-se entre 21°C e 29°C, concomitantemente, com a umidade relativa do ar acima de 70%. Na segunda condição, o tempo de desenvolvimento do vetor reduz-se significativamente quando a temperatura do ar situa-se na faixa entre 29°C e 32°C, simultaneamente, com a umidade relativa do ar acima de 70%.

Distribuição Normal Reduzida ou Gaussiana

Vieira ¹⁷ define a Distribuição Normal Gaussiana como uma função que apresenta média zero e variância 1. Na pesquisa, a equação foi utilizada nos cálculos mensais de probabilidade para cada condição biofísica do *Aedes aegypti* no estado do Rio Grande do Norte. A distribuição é expressa pela seguinte equação:

$$F(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad (4)$$

$$\text{Onde: } Z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \quad (5)$$

x = variável aleatória (temperatura ou umidade relativa);
z = variável aleatória normalizada (temperatura ou umidade relativa);
σ = desvio padrão da amostra.

Modelagem Empírica

No momento posterior a revisão de literatura, interpretação nebulosa e delimitação das condições biofísicas do *Aedes aegypti* (Favorável ao desenvolvimento e Potencial Máximo ao desenvolvimento) adotou-se, como forma de modelar a potencialidade de desenvolvimento do *Aedes aegypti* no estado, o seguinte modelo:

$$PAe = Ftemp * Fur$$

Onde:

PAe = Potencialidade de desenvolvimento do *Aedes aegypti*;

Ftemp = Favorabilidade da temperatura média do ar;

Fur = Favorabilidade da umidade relativa do ar.

Estatística Descritiva

Por fim, fez-se necessário a utilização da estatística descritiva, representada por medidas de tendência central (média, moda e mediana), bem como medidas de dispersão (desvio padrão, coeficiente de variação e amplitude).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em se tratando da observação das implicações das variáveis bioclimáticas (temperatura média e umidade relativa do ar) sob o desenvolvimento do *Aedes aegypti* constatou-se, a partir de revisão literária, que temperaturas médias na faixa de 21°C a 29°C apresentam-se como favoráveis ao desenvolvimento do vetor da dengue; e entre 29°C e 32°C oferece-lhe potencialidade máxima, ou seja, tempo mínimo de desenvolvimento. No que tange a umidade relativa do ar, o *Aedes aegypti* encontra grande potencialidade de desenvolvimento quando a mesma apresenta-se na faixa entre

70% e 100%. Além disso, faz-se necessário enfatizar, que essas condições/faixas ótimas serão satisfatórias para o cumprimento de todas as fases que compreendem a gênese do *Aedes aegypti*, a saber: ovo, larva, pupa e adulto. Sendo assim, a concomitância daquelas, repercutirá em perdas mínimas (morte) para cada representante da espécie em desenvolvimento.

Diante de tais resultados puderam-se criar duas condições biofísicas – Favorável ao Desenvolvimento e Potencial Máximo ao Desenvolvimento – para o *Aedes aegypti* no estado, estando essas correlatas com as variáveis bioclimáticas em estudo e o comportamento biológico (gênese) do vetor da dengue. Tais condições foram definidas visando classificar o nível de potencialidade de desenvolvimento do *Aedes aegypti*, no Rio Grande do Norte, de acordo com os condicionantes ambientais em estudo. Em seguida, desenvolveu-se um trabalho bioestatístico de estimação da probabilidade mensal para as duas condições biofísicas de desenvolvimento do *Aedes aegypti*, baseados tanto no comportamento atual das variáveis em estudo, quanto a partir dos prognósticos propostos pelo IPCC, relacionados às Mudanças Climáticas Globais. Para tal, utilizaram-se os dados coletados e estimados das médias térmicas e de umidade relativa do ar dos 167 municípios do estado do Rio Grande do Norte. Os resultados dessas análises são apresentados nas figuras 1, 2 e 3.

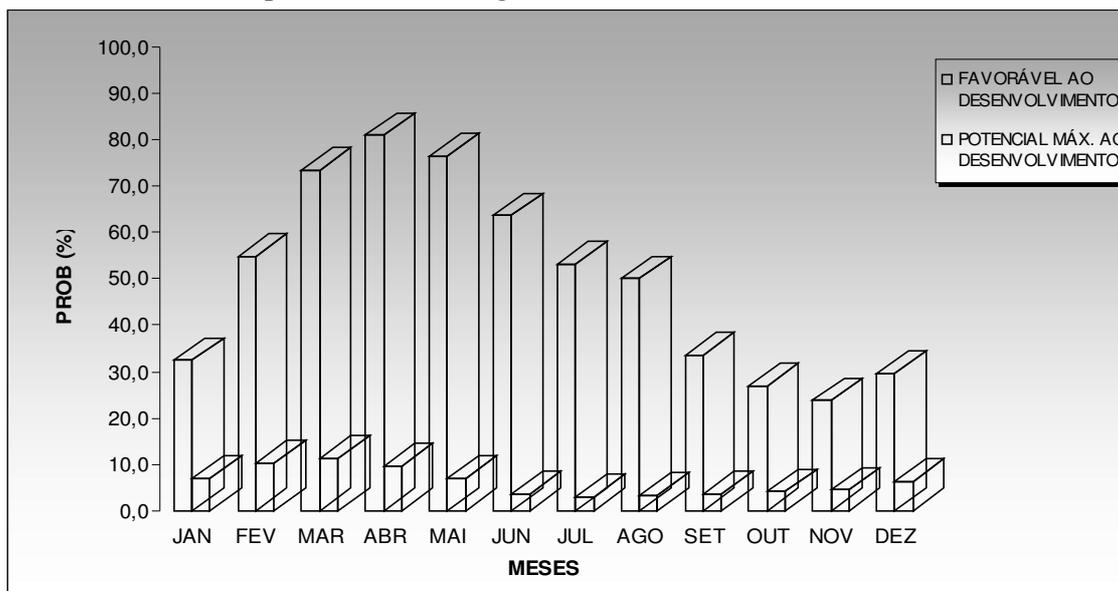


Figura 1: Potencialidade atual das Condições Biofísicas do *Aedes aegypti* no estado do Rio Grande do Norte a partir da influência de variáveis Bioclimáticas.

Os resultados da figura acima, que tratam da potencialidade atual de desenvolvimento do *Aedes aegypti* no RN, apontaram para um aumento significativamente da potencialidade da condição Favorável ao Desenvolvimento no estado do Rio Grande do Norte no período de março a maio, 76,4% e 76,5%, respectivamente. Tal período irá conjugar-se como aquele de maior potencialidade para o desenvolvimento do vetor da dengue. Além disso, essa condição de desenvolvimento apresentou-se como a mais expressiva entre as verificadas, com potencialidade máxima no mês de abril (80,9%). Já a condição Potencial Máximo ao Desenvolvimento, apresentou-se com reduzida potencialidade durante todo o ano, com valores máximos

compreendidos no período entre janeiro a maio, sendo esses representados, respectivamente, por 7,1%, 10,3%, 11,3%, 9,6% e 7,1%. Com isso, constata-se que o Rio Grande do Norte possui um curto período anual de potencialidade de desenvolvimento do *Aedes aegypti*, determinado pela concomitância das condições térmicas e de umidade relativa do ar favoráveis.

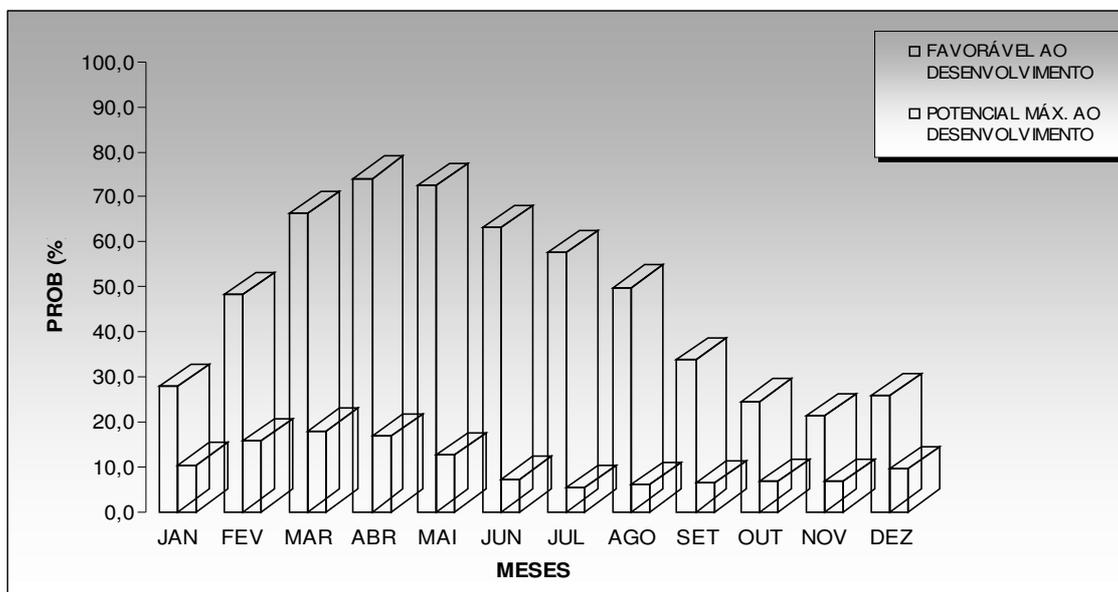


Figura 2: Potencialidade das Condições Biofísicas do *Aedes aegypti*, a partir da influência de variáveis Bioclimáticas, com a elevação de 1°C na temperatura média do ar no estado do Rio Grande do Norte.

Na figura 2 foi realizado o mesmo processo de determinação da potencialidade de desenvolvimento do *Aedes aegypti* no estado do RN, porém diante de um cenário de elevação de 1°C na média da temperatura do ar. A partir da figura pode-se observar a manutenção no comportamento das potencialidades tanto da condição biofísica Favorável ao Desenvolvimento quanto da Potencial Máximo ao Desenvolvimento. Assim, percebe-se que o período mais significativo, para a primeira condição citada, novamente será entre os meses de março a maio, enquanto que a segunda condição continuará apresentando baixo potencial durante todo o ano. Além disso, os resultados dessa análise demonstraram redução da potencialidade de desenvolvimento do *Aedes aegypti*, principalmente quando observada a condição biofísica Favorável ao Desenvolvimento. Tal fato expressa-se pela diminuição, quando comparada com o cenário de potencialidade atual, do período de maior potencialidade, ou seja, entre os meses de março e maio, representado pelas perdas mensais de 6,7%, 7,2% e 5,5%, respectivamente. Com isso, a partir deste cenário, ter-se-á a condição biofísica Favorável ao Desenvolvimento do *Aedes aegypti* no RN com potencial elevado (maior que 70%) apenas nos meses de abril e maio, expressos por 74,1% e 72,6%, respectivamente.

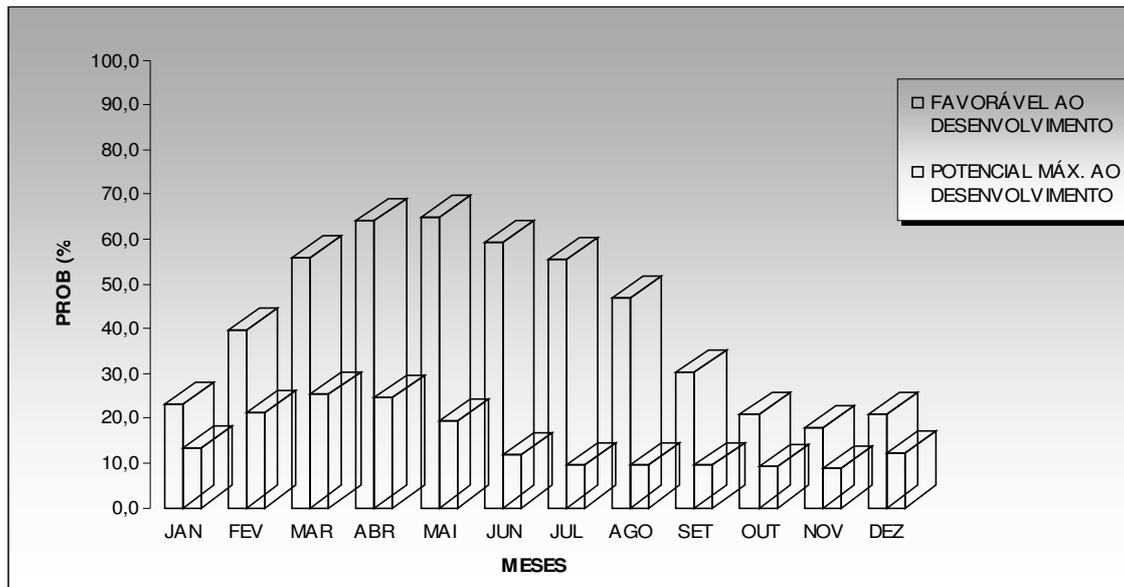


Figura 3: Potencialidade das Condições Biofísicas do *Aedes aegypti*, a partir da influência de variáveis Bioclimáticas, com a elevação de 2°C na temperatura média do ar no estado do Rio Grande do Norte.

O resultado do último cenário proposto, disposto na figura 3, está relacionado à elevação de 2°C na temperatura média do ar no estado do Rio Grande do Norte. De modo Geral, percebe-se inalterado o comportamento, durante o ano, das duas condições de potencialidade de desenvolvimento do *Aedes aegypti*, ocorrendo assim, uma tendência de elevação daquelas a partir do mês de janeiro até o mês de maio, quando essa se modifica tendendo para baixas potencialidades. Outro fato que desponta é a redução significativa da potencialidade da condição biofísica Favorável ao Desenvolvimento, principalmente no seu período de maior potencialidade, ou seja, entre março e maio. Tal fato culminará na permanência, durante todo o ano, de um potencial reduzido (abaixo de 70%) dessa condição. Ainda, percebe-se que, atrelado a redução da potencialidade da condição Favorável, a condição biofísica Potencial Máximo ao Desenvolvimento eleva substancialmente sua potencialidade, principalmente entre os meses de fevereiro a maio. Contudo, as potencialidades registradas para essa condição permanecerão ainda inexpressivas.

Outro aspecto de análise na pesquisa foi à correlação estatística da condição biofísica Favorável ao Desenvolvimento do *Aedes aegypti* (ou seja, dentro da faixa que compreende, concomitantemente, temperaturas médias entre 21°C e 29°C e umidade relativa do ar acima de 70%,) e o número de casos notificados de dengue no período de 2000-2005. Esta apreciação se realizou objetivando verificar se há alguma correlação entre a tendência mensal da condição biofísica em estudo e um recorte temporal dos casos notificados de dengue no RN. Para tanto, buscou-se inicialmente obter os dados do período em estudo relativo ao número de casos notificados de dengue no estado; tendo sido adquiridos junto a Secretária de Saúde Pública do Rio Grande do Norte (SESAP-RN) ⁴.

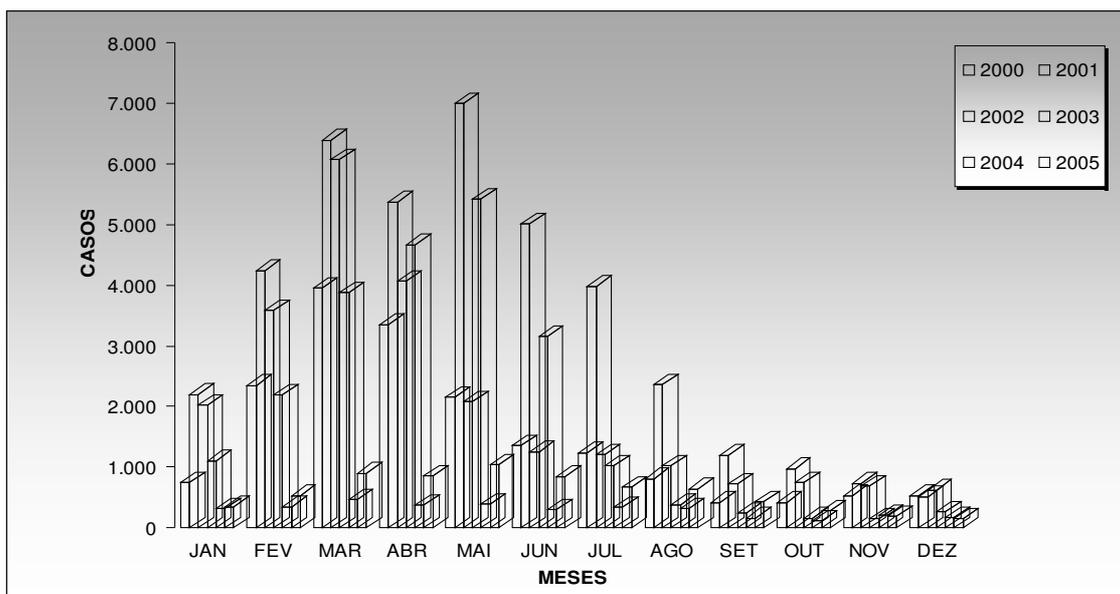


Figura 4: Casos notificados do dengue no estado do Rio Grande do Norte (2000-2005).

Fonte: Secretária de Estado de Saúde Pública do RN (SESAP-RN)⁴.

O período em estudo, como demonstrado na figura 4, está relacionado a uma grande contabilização de casos notificados de dengue no estado do Rio Grande do Norte, que resultou em 114.719 casos da doença, ou seja, 63,52% do total de casos notificados de dengue no estado desde a sua primeira notificação, no ano de 1994, até o ano de 2005.

A partir da figura 4, pode-se constatar que não homogeneidade no número de casos anuais notificados, ou seja, há um acentuado desvio da média dos casos de dengue no estado.

Ainda em relação a mesma figura, observa-se que o maior número de notificações no período ocorreu no ano de 2001 que, sozinho, contabilizou um total de 39.960 casos ou 34,83% dos casos notificados no período. Ainda em relação a este ano, verificou-se que a maioria das notificações foi registrada entre os meses de fevereiro a junho, com maior número de casos no mês de maio (6.995).

No ano 2000 ocorreu o segundo maior número de notificações no período, totalizando 17.812 casos notificados de dengue urbano – o que corresponde a 15,52% do total de casos no período – sendo estes predominantemente assinalados entre os meses de fevereiro a maio, com pico no mês de março (3.957 casos).

O terceiro maior número de notificações deu-se no ano de 2002, onde foram registrados 24.055 casos de dengue no estado – 20,97% dos casos no período – que se concentraram entre os meses de fevereiro a abril, com pico no mês de março (6.070 casos).

O ano de 2003 foi notificado 22.614 casos de dengue – 19,71% dos casos no período em estudo – com predominância entre os meses de fevereiro a junho e com maior número de notificações no mês de maio (5.422).

Em 2004 contabilizou menor número de casos notificados de dengue urbana no período (3.446 ou 3% dos casos), tendo com concentração entre os meses de fevereiro a maio, com pico no mês de março (466 casos).

O ano com menor índice de notificações ocorreu em 2005. Nesse foram quantificados 6.832 casos notificados de dengue – 5,96% dos casos no período – com agrupamento, principalmente, entre março e junho, e com pico no mês de maio (1.039 casos).

A *posteriori*, realizaram-se duas análises de correlação entre a condição biofísica Favorável ao Desenvolvimento do *Aedes aegypti* com os casos notificados de dengue no período de 2000-2005. A primeira destinou-se a analisar a correlação entre a condição citada e o número mensal de casos notificados de dengue no período. Os resultados desta análise culminaram em uma elevada correlação positiva em todos os anos analisados representados pelos seguintes coeficientes de correlação (r): 0,86 (2000), 0,96 (2001), 0,70 (2002), 0,92 (2003), 0,84 (2004) e 0,96 (2005), em média 0,87. Desta forma, pode-se atribuir significância entre o comportamento sazonal da condição de desenvolvimento em análise com os casos notificados de dengue, dada a representatividade amostral do período em se tratando do número de casos notificados da doença no estado.

A segunda análise, como mostrado na figura 5, objetivou analisar a correlação entre a mesma condição biofísica e a média mensal de casos de dengue notificados no período de 2000 a 2005. Em escala temporal, como pode ser verificado, o comportamento/tendência das curvas segue praticamente o mesmo padrão, coincidindo, assim, o intervalo de maior potencial de desenvolvimento do *Aedes aegypti* com o ápice da curva representada pela média dos casos notificados de dengue no período. Tal fato é ainda mais representativo quando analisados estatisticamente, já que os dados das curvas, quando submetidos à análise de correlação, tiveram um coeficiente “r” igual a 0,96 de semelhança em seus comportamentos.

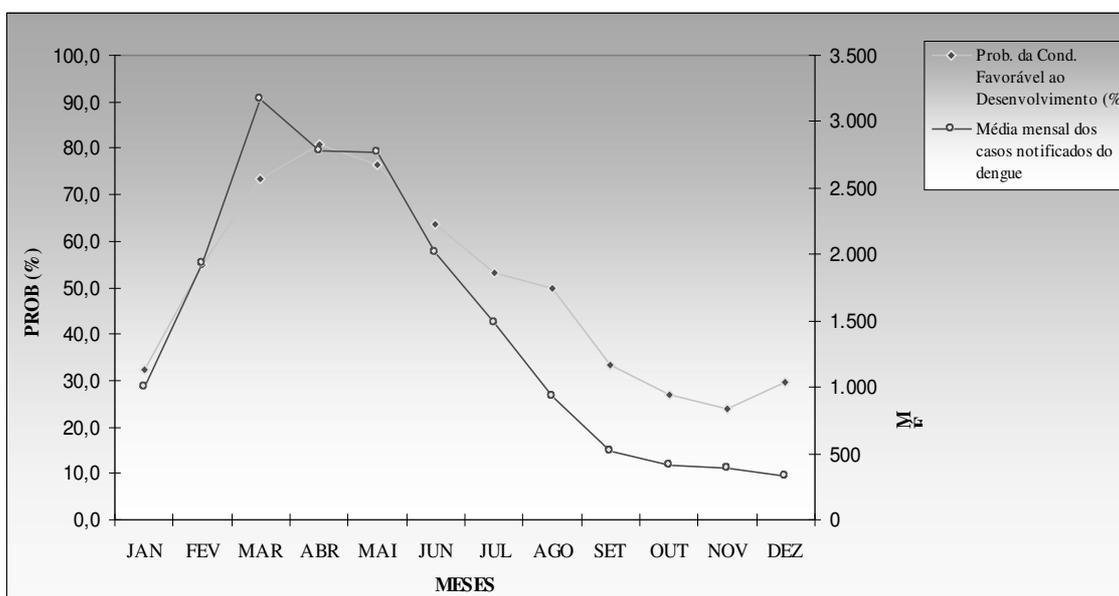


Figura 5: Correlação entre a condição biofísica Favorável ao Desenvolvimento do *Aedes aegypti* e a média mensal de casos notificados do dengue no RN (2000-2005).

CONCLUSÕES

Diante dos primeiros resultados, ou seja, em relação à potencialidade das duas condições biofísicas de Desenvolvimento do *Aedes aegypti* no estado do Rio Grande do Norte, o que se pôde perceber é que, no momento atual, o desenvolvimento do principal vetor da dengue, no estado, só se processará por completo no período compreendido entre os meses de março a maio; pois, nesse momento, ter-se-á condições adequadas a seu desenvolvimento, proporcionado pela simultaneidade de temperaturas médias entre 21°C e 29°C e umidade relativa do ar acima de 70%.

Tais resultados diferem daqueles propostos por Fernandes *et. al.* ⁹, que afirma haver condições favoráveis, durante todo o ano, de estabelecimento de populações do vetor no estado da Paraíba. Atribui-se a incompatibilidade dos resultados àqueles terem sido sugeridos tão somente embasados em dados relativos à temperatura. Assim, percebe-se que a umidade relativa do ar atua como componente relevante no processo de desenvolvimento do *Aedes aegypti*. Ainda, como ressalta Confalonieri ⁷, pôde-se constatar que as oscilações/variações do clima – determinado pelo comportamento das variáveis bioclimáticas, com destaque para a umidade relativa do ar – interferem diretamente na potencialidade de desenvolvimento e disseminação do *Aedes aegypti*, resultando, como já assinalado, diferenciações na potencialidade de desenvolvimento do vetor da dengue.

Em se tratando dos cenários de elevação da temperatura média do ar, propostos pelo IPCC, os resultados demonstraram que o estado do Rio Grande do Norte deverá reduzir sua favorabilidade com vistas ao potencial de desenvolvimento do *Aedes aegypti*. Tal fato justifica-se pela predominância, na atualidade, de climas típicos tropicais em seu território, o que lhe confere temperaturas médias na faixa ótima para o desenvolvimento do *Aedes aegypti* em um significativo período do ano. No entanto, com elevação da temperatura média, ter-se-á redução desse potencial, pois como as médias térmicas, predominantemente no estado, já se encontram no limiar da faixa ótima, haverá assim um salto daquela para uma condição diferente da Favorável ao Desenvolvimento.

Ainda, embasado nos resultados aqui obtidos, observou-se que as condições de desenvolvimento do vetor, principalmente a Favorável ao Desenvolvimento, apresentam maior potencialidade no período de março a junho; o que coincidiu, como demonstrou o trabalho de correlação realizado, com os picos epidêmicos da dengue notificados no estado no período de 2000 a 2005. Com isso, acredita-se que a condição citada pode atuar como um instrumento indicador dos períodos de maior incidência de casos de dengue no estado.

Finalmente, acredita-se que um plano de trabalho para tomada de decisão, frente à questão da dengue, deve estar associado a modelos de previsão de tempo e clima, sendo esses de grande relevância no momento do incremento e intensificação de políticas voltadas a melhoria da qualidade de vida da população. Tais decisões, sem dúvida, implicarão em redução significativa do número de casos notificados de dengue no estado do Rio Grande do Norte.

REFERÊNCIAS

1. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Mudanças Climáticas Globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA, 2007.
2. Mendonça F. Aspectos da interação clima-ambiente-saúde humana: da relação sociedade-natureza à (in)sustentabilidade ambiental. RA'EGA, UFPR, n. 4, p. 85-99. 2000.
3. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Controle do Dengue. Brasília: FUNASA, jun. 2002.
4. Secretária Estadual de Saúde Pública do RN. Sub-Coordenadoria de Vigilância Epidemiológica. Casos notificados de dengue no RN. SUVIGE/CPS/SESAP-RN SESAP-RN: Natal, 2007.
5. Torres EM. Dengue y dengue hemorrágico. Buenos Aires/Argentina: Editora Nacional da Universidade de Quilmes, 1998. 261p.
6. Ávila AMH de. Uma síntese do quarto relatório do IPCC. Revista Multiciência, ed. 8, mai. 2007, 6 p.
7. Confalonieri UEC. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. Terra Livre, v.1, n.20, jan./jul. 2003, 6 p.
8. Glasser CM, Gomes AC. Clima e sobreposição da distribuição de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* na infestação do Estado de São Paulo. Faculdade de saúde pública da Universidade Federal de São Paulo. Revista de saúde pública, 2006. 15 p.
9. Fernandes CRM, Beserra EB; Castro Jr. FP, Santos JW, Santos TS. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. Neotropical Entomology, vol. 35(6): 853-860, nov./dez. 2006. 8 p.
10. Ferreira MEMC. 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, jan./jul. 2003. 7 p.
11. Instituto de Defesa do Meio Ambiente (IDEMA-RN). Perfil do estado do Rio Grande do Norte. Natal: IDEMA, 2002.
12. Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Normas Climatológicas. Brasília: Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. 84 p.
13. Cavalcanti EN, Silva VPR, Sousa FAD. Programa computacional para estimação da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.1, 2006. 8 p.
14. Andriotti LSJ. Fundamentos de Estatística e Geoestatística. São Leopoldo-RS: Unisinos, 2005. 165 p.
15. Camargos FL. Lógica Nebulosa: uma abordagem filosófica e aplicada. Santa Catarina: INE/UFSC, 2002. 5 p.
16. Silva FM. Modelo inferencial com previsão de tempo com lógica nebulosa. 1995, 172 p. Tese (em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, UFPB. 168 p.
17. Vieira S. Introdução à Bioestatística. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1980. 195 p.