



Dra. Cíntia H. VASCONCELOS [cintia@ltid.inpe.br](mailto:cintia@ltid.inpe.br) Dra. Cláudia M. ALMEIDA [almeida@ltid.inpe.br](mailto:almeida@ltid.inpe.br)  
Dra. Evlyn M. L. M. NOVO [evlyn@ltid.inpe.br](mailto:evlyn@ltid.inpe.br)  
INPE, Av. Astronautas, 12227-010, São José dos Campos, SP-Brasil

ABSTRACT

Climate in the Amazon is connected to the Forest that absorbs solar energy and controls air temperature, atmosphere moisture and in the long run precipitation. Large scale deforestation therefore has been related to evapotranspiration decreases. Forest evapotranspiration is one of the most important sources of water vapor to the atmosphere, and its drastic reduction can lead to less precipitation and to a likely increase in air temperature. These predictions are worrisome, because increases in temperature, promotes the increase in areas apt to the spread of diseases such as malaria. The reduction of atmospheric moisture might inhibit vector proliferation, but surface water availability (rivers, dams) under increased temperature conditions, on the other hand, fosters mosquito population outbreak. Malaria is endemic in Amazon and its vector is subject to great ecological diversity displaying a huge adaptation to this diverse environment. As a consequence, climatic changes might result in serious problems in public health. This research, therefore, investigates the relationship between deforestation rates in Novo Repartimento municipality and the risk of acquiring malaria. Malaria incidence for 96 and 2001 was supplied by National Health Foundation and ground collected data. Based on risk maps produced for 1996 and 2001, a malaria risk prediction map was produced for the year 2011. LANDSAT 5-TM was used to map changes in land use and occupation. Temporal distribution of IPA (Annual Parasite Indexes) historical series in Novo Repartimento were used to determine time trends in malaria incidence and its relationship with land use changes. Scenario useful for supporting health public policies in the region, taking into account the lack of human and technical resources available for fighting the disease and the need of focusing those, in riskier areas.

Key words: malaria, deforestation, Amazon.

AREA DE ESTUDO



A metodologia aplicada para obter os mapas de risco de malária foi a mesma para obter os mapas de distribuição de população, mudando alguns parâmetros. Os parâmetros considerados foram:

- Mapas de distribuição de população;
- Distância dos rios;
- Distância das estradas;
- Distância do reservatório;
- Mapa de uso do solo simulado para 2011;
- Distância da área urbana.

No fluxograma abaixo encontra-se um resumo da metodologia utilizada para obter o mapa prognóstico de malária.



METODOLOGIA

Para obter prognósticos da distribuição da malária no município de Novo Repartimento, utilizou-se o DINAMICA® modelo de autômatos celulares (cedido pelo Centro de Sensoriamento Remoto da UFMG), o qual se baseia em algoritmos de transições estocásticas. Foram geradas simulações de desmatamento para o período de 2001-2011, baseando-se nas imagens do satélite LANDSAT dos anos de 1996 e 2001. As variáveis selecionadas para alimentar o modelo foram distância das estradas e distância da área urbana. Estas variáveis foram vetorizadas no SPRING 3.06 para posteriormente serem elaborados mapas de distância que foram importados para o IDRISI.

O método estatístico empregado neste experimento foi o de pesos de evidências, que se baseia no Teorema de Bayes ou da probabilidade condicional, o qual pressupõe a independência de eventos. Foram utilizados o Índice de Cramer (V) e o Joint Information Uncertainty para verificar a dependência entre os mapas de variáveis explicativas (uso do solo 1996 x uso do solo 2001), os valores obtidos ficaram abaixo do limiar 0,5. Segundo Bonham-Carter (1994), valores menor

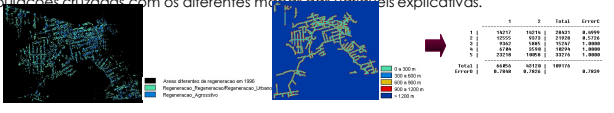
MATRIZ DE TRANSIÇÃO GLOBAL DO USO DO SOLO PARA NOVO REPARTIMENTO ENTRE 1996-2001

Uso do Solo	Agrossilvopositoril	Água	Área Urbana	Regeneração	Vegetação Nativa
Agrossilvopositoril	0,184305	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,815695
Água	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
Área Urbana	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
Regeneração	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000
Vegetação Nativa	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000	0,0000000000

- Regeneração para Agrossilvopositoril;
- Agrossilvopositoril para Regeneração;
- Vegetação Nativa para Agrossilvopositoril;
- Regeneração para Área Urbana;
- Agrossilvopositoril para Área Urbana.

Foi utilizado o modelo Markoviano de primeira ordem para realizar a estimativa de taxas globais de transição. Sua principal desvantagem é que ele mascara as variáveis explicativas, devido sua natureza estocástica. A principal vantagem é a simplicidade matemática e por não ser necessário a obtenção de dados antigos de uso do solo. O conhecimento da matriz de transição é suficiente para alimentar o modelo (JRC e ESA, 1994).

Para calcular as taxas de transição do modelo de simulação de mudanças do uso do solo, utilizou-se o método de Principais Componentes, utilizando o software S-Plus. Para o cálculo das probabilidades de transição de uso do solo utilizou-se o método pesos de evidência. Quando o peso de evidência (W+) for positivo e o peso de evidência (W-) for negativo, existe forte correlação positiva e negativa respectivamente. O cálculo dos pesos de evidência baseia-se na necessidade de combinar diferentes padrões ou variáveis simultaneamente, em uma única equação para a determinação de probabilidades de transição (Bonham-Carter, 1994). Para obter os valores (W+), foram gerados com o auxílio do aplicativo IDRISI, mapas de evidências (de cada transição de uso do solo), estes foram submetidos a tabulações cruzadas com os diferentes mapas de variáveis explicativas.

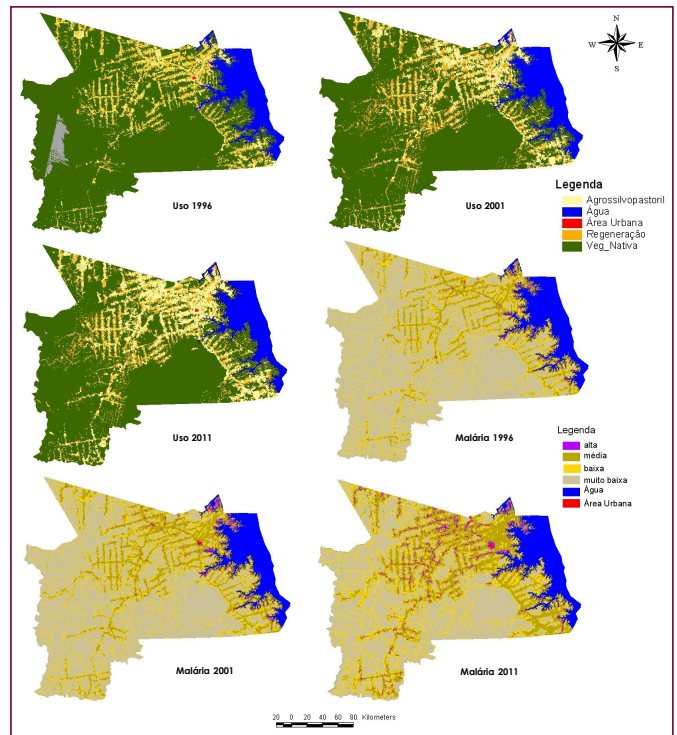


Os resultados numéricos das tabulações cruzadas parciais, são transferidos para um arquivo Excell especialmente construído com base nas fórmulas de pesos de evidências, de forma a gerar o W+. O arquivo de pesos foi usado para alimentar o modelo para gerar simulações para o ano de 2001 a partir do mapa de uso de 1996. Isso foi necessário para calibrar o modelo, visto que o mapa de uso para 2001 já existia. A validação do modelo foi pelo Método de Ajuste por Múltiplas Resoluções, proposto por Constanza (1989), obtendo-se um ajuste (Fit total) de 0,8086. Este método foi aplicado sobre os mapas diferenciais, isto é, comparando-se os resultados entre nrep96xnrep01 (mapas de uso para 1996 e 2001) e nrep96xnrep01simu (mapa de uso em 1996 e mapa de uso simulado para 2001). O ajuste pelo método proposto por Constanza (1989), mostrou a adequação do modelo, o qual foi então aplicado para gerar o prognóstico para 2011. Este modelo descreve um determinado tipo de processo que se move em uma sequência de passos. Para obter o mapa para 2011, foram necessários 10 passos, correspondentes ao período de 2001 até 2011. A principal falha desse modelo é que ele pressupõe um comportamento linear não cumulativo do efeito das variáveis explicativas.

A segunda etapa do trabalho foi gerar os mapas de malária, mas para isso foi necessário gerar um mapa de distribuição da população. Os procedimentos utilizados para gerar esses mapas encontram-se descritos em Barbosa (1999). Os parâmetros utilizados foram extraídos do mapa de desmatamento de 2011:

- Distância da classe agrossilvopositoril;
- Distância das estradas (não foram geradas simulações para 2011, utilizou-se as mesmas de 2001);

RESULTADOS



CONCLUSÕES

O modelo utilizado subestimou o desmatamento para 2011, pois no período entre 1996 e 2001 as áreas ocupadas pela atividade agrossilvopositoril passaram de 6,24% para 12,04% e para o período de 2001 até 2011, estimou-se que esta atividade ocuparia apenas 14% do município. A principal explicação para este resultado foi a não introdução de outras variáveis explicativas tais como o aumento na densidade de estradas até 2011 e o efeito cumulativo da dinâmica de ocupação que "empurra" as novas frentes migratórias para regiões próximas. Mas apesar desses problemas, o mapa prognóstico de malária foi condizente com o esperado, pois de acordo com os dados de campo de 2001 a malária, nesta região, está relacionada com desmatamento principalmente em áreas de novos assentamentos do INCRA. Mesmo subestimando as áreas de desmatamento, observou-se um aumento no número de locais de alto risco de malária. Isto significa que se o desmatamento real for muito maior que o previsto e novas frentes de trabalho forem abertas induzindo a migração, o quadro de risco para o município será muito mais grave do que o previsto por esse modelo.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, C.F. (1999). Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento. 157p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997.  
BONHAM-CARTER, G.F. Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS. Ontario: Pergamon, 1994. 414p.  
CONSTANZA, R. Model goodness of fit: a multiple resolution procedure. Ecological Modelling, v. 47, p.199-215. Sept. 1989.  
JRC (Joint Research Centre- European Commission/ Institute for Remote Sensing Applications), ESA (European Space Agency/ ESRI- Earthnet Programme Office). Modelling Deforestation Processes – A Review. Trees Series B: Research Report nº1 Luxembourg: ECSC-EE-EAC, 1994.