

**MODELO DE ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA ECOEPIDEMIOLOGIA DA  
MALÁRIA, NO MUNICÍPIO DE BRAGANÇA E AUGUSTO CORREA – PA, NO  
PERÍODO DE 2001 A 2006**

VEIGA, N.<sup>1</sup>

GASPARETTO, D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doutor em Ciência da Computação e Pesquisador do LabGeo/IEC/SVS/MS

[necoveiga@uol.com.br](mailto:necoveiga@uol.com.br)

<sup>2</sup> Bacharel em Ciência da Computação e Assistente de Pesquisa do LabGeo/IEC/SVS/MS

[dougato19@gmail.com](mailto:dougato19@gmail.com)

**Resumo**

Levando em consideração a necessidade de gerar análises precisas de relações ambientais, socioeconômicas e epidemiológicas que influenciaram a prevalência da Malária, nos municípios de Bragança e Augusto Correa – PA, no período de 2001 a 2006, foi desenvolvido um modelo de análise deste agravo que integrasse diversas geotecnologias livres emergentes. O modelo utilizou processos de geindexação de informações temáticas desenvolvidas em trabalhos de campo e laboratoriais. Tecnologias livres de geoprocessamento e banco de dados foram utilizadas para visualização e análise estatística dos dados, que foram expressas através de bases cartográficas digitais. Foi desenvolvido também um módulo Fuzzy para predição de transmissão por Malária. Levando em consideração as análises feitas dos resultados obtidos com a implementação do modelo, o mesmo foi considerado satisfatório, face os objetivos preconizados.

**Palavras-Chave:** Epidemiologia; Geoprocessamento; Banco de Dados; Computação Gráfica; Modelos Fuzzy; Malária.

**SPACIAL AND TEMPORAL ANALYSIS MODEL OF MALARIA  
ECOEPIDEMIOLOGY APPROACH IN BRAGANÇA AND AUGUSTO CORREA –  
PA, BETWEEN 2001 A 2006**

**Abstract**

Considering the need of information generated by accurate relation of environmental, economic, social and epidemiologic aspects of Malaria prevalence disease, in Bragança and Augusto Correa cities, located in Pará state, between 2001 and 2006, it was developed a model that used a geindex process of thematic information, developed on laboratory and camp works. Free technology of Geoprocessing and data base were used for visualization and esthetical analysis, it was also developed a Fuzzy model analysis for Malaria transmission process prediction. Considering the analysis of the results obtained, we can say that the model developed was considered satisfactory according its objectives.

**Word-Key:** Epidemiology; Geoprocessing; Data base; Computer Graphics; Fuzzy Model  
Malária.

# MODELO DE ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA ECOEPIDEMIOLOGIA DA MALÁRIA, NO MUNICÍPIO DE BRAGANÇA E AUGUSTO CORREA – PA, NO PERÍODO DE 2001 A 2006

VEIGA, N.<sup>1</sup>

GASPARETTO, D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doutor em Ciência da Computação e Pesquisador do LabGeo/IEC/SVS/MS

[necoveiga@uol.com.br](mailto:necoveiga@uol.com.br)

<sup>2</sup> Bacharel em Ciência da Computação e Assistente de Pesquisa do LabGeo/IEC/SVS/MS

[dougato19@gmail.com](mailto:dougato19@gmail.com)

## 1 - Introdução

As últimas décadas testemunharam uma evolução muito rápida de diversas áreas do conhecimento, dentre estas, as ciências médicas, devido à incorporação de recursos tecnológicos automatizados. Neste contexto, a relação interdisciplinar que as ciências passaram a ter, contribuiu de forma significativa para o aumento da produção do conhecimento. Como exemplo, deste processo interdisciplinar de produção de conhecimento, temos as análises ecoepidemiológicas, que consideram a dimensão espaço-temporal que a informação em saúde intrinsecamente possui.

Segundo Veiga (2005), a Epidemiologia, enquanto área da Medicina tem ao longo das três últimas décadas, avançado significativamente no sentido de incorporar mecanismos capazes de favorecer a compreensão dos fenômenos relacionados aos agravos às condições de saúde das populações humanas, sobretudo no que concernem as relações de causa e efeito destes fenômenos. Este avanço da Epidemiologia só foi possível a partir do momento em que outras ciências, como as relacionadas a questões ambientais e sócio-econômicas, como desmatamento, expansão desordenada da malha urbana e a ocupação humana em áreas ambientalmente frágeis, puderam ser incorporadas nas análises feitas dos fenômenos epidemiológicos, como por exemplo, os estudos da prevalência da Malária, que por ser uma doença infecto-contagiosa, de etiologia parasitária, é influenciada diretamente por estas questões. Outro fator importante para o avanço das análises epidemiológicas foi à incorporação de recursos de tecnologias de informação, dentre as quais podemos considerar a utilização de Técnicas de Geoprocessamento, Análises Geoestatísticas, Computação Gráfica e Inteligência Artificial, como sendo as mais expressivas.

Conforme foi preconizado por Dias *et al* (2004, p. 368), o geoprocessamento, por manipular conteúdos informacionais relacionados a dimensão espaço-temporal que a informação em saúde possui, tem sido cada vez mais utilizado em estudos de análise ambiental, permitindo detectar alterações decorrentes da intervenção humana em ecossistemas naturais ou

previamente modificados, ou realizar o diagnóstico das condições ambientais de um local para a saúde humana, através dos Sistemas de Informação Geográficas (SIGs).

A Geoestatística tem sido incorporada na Epidemiologia por permitir a manipulação de dados discretos e contínuos, que guardam entre si uma relação de dependência espacial. Druck *et al* (2004, p.01), considera que compreender os dados espaciais e temporais, oriundos de fenômenos ocorridos no espaço é um grande desafio da geoestatística no sentido de elucidar problemas em diversas áreas do conhecimento, seja em saúde, em meio ambiente, entre outras. Esta afirmação foi reforçada por Ortiz (2003, p. 02), ao considerar que as técnicas de geoestatística e de estatística clássica, junto com o geoprocessamento, possibilitam o tratamento, cruzamento, sobreposição, análise e visualização, das informações espaciais, sob a forma de mapas digitais, permitindo a viabilização de processos de tomada de decisão de forma rápida, ágil e com maior eficácia, minimizando custos, otimizando recursos e atividades produtivas, acarretando ganho de produtividade. Outra forma, recentemente incorporada, de realizar análises e diagnósticos em Epidemiologia é a partir da utilização de técnicas de Inteligência Artificial (IA).

Conforme Arariboia (1988), Rich (1994) e Russel (2004), a IA é a área da Ciência da Computação que procura desenvolver modelos formais capazes de simular o processo cognitivo, utilizando técnicas de representação do conhecimento que procuram, por intermédio de máquinas, resolver problemas expressando-os graficamente, do mesmo modo que um ser humano os resolveria. Esta expressão gráfica é tratada pela Computação Gráfica, que segundo Gomes (2000) é a ciência que se ocupa da síntese, do processamento e da análise de imagens digitais para manipular informações nelas contidas. As tecnologias descritas acima foram, ao longo das últimas décadas, utilizadas isoladamente, impossibilitando que informações mais precisas para processos de tomada de decisão pudessem ser geradas.

Desta forma o presente trabalho mostra os resultados da utilização de geotecnologias livres em análises ecoepidemiológicas, a partir de estruturas relacionais e não relacionais de informação, para geração de um modelo de análise espaço-temporal da prevalência da Malária nos municípios de Bragança e Augusto Correa, localizados na região nordeste do Pará, cujas sedes municipais possuem coordenadas geográficas  $01^{\circ} 03' 47.9''s$  e  $46^{\circ} 46' 24.0''w$  e  $01^{\circ} 01' 18.0''s$   $46^{\circ} 38' 42.0''w$  respectivamente, o estudo considerou o período de 2001 a 2006, nas comunidades do Acarajó, Treme e Fazendinha. Estes municípios apresentam em sua região costeira, extensos manguezais e em áreas interiores restinga e florestas secundárias, que sofrem alterações, provocadas por diversas relações antrópicas, que influenciam na prevalência de diversas doenças infecto-contagiosas.

## **2 - Metodologia**

A investigação realizada foi dividida nas seguintes etapas: levantamento do material bibliográfico; obtenção das bases de dados dos Sistemas de Informação em Saúde (SIS), tais como Sistema de Informação de Localidades (SISLOC), Sistema de Informação em Malária (SISMAL) e o Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP-Malária), bem como as bases cartográficas, epidemiológicas, entomológicas, ambientais e de imagens de satélites, todas referentes ao surto em seu local de ocorrência; realização do trabalho de campo de georreferenciamento dos criadouros naturais e artificiais de formas imaturas de vetores, pessoas positivadas laboratorialmente com o parasita e caracterização ambiental de peridomicílio; realização de trabalho laboratorial, como pré-processamento das imagens de satélites dos bancos de dados; elaboração das análises utilizando técnicas de geoestatística; construção dos relatórios e divulgação multimídia dos resultados.

## **3 - Resultados e Discussões**

Foram gerados arquivos para conversão de códigos (CNV) e arquivos de definição (DEF) a partir da necessidade de padronização nas diversas bases de dados com a retirada de inconsistências e atributos desnecessários. Foi realizada uma análise geoestatística com séries temporais, para o período de 2001 a 2006, nas comunidades do Acarajó e Fazendinha, no município de Bragança e Treme, no município de Augusto Correa, ambas no estado do Pará. A primeira expressão gráfica da análise exploratória dos dados e sumarização foi gerada a partir de técnicas de histogramação, boxplot, qq-plot normal (teste de shapiro) e cálculo da média, mediana, quartil, valores mínimo e máximo, que mostraram uma discrepância na amplitude inter quartil ( $IQR = IQ1 - IQ2$ ) de 255 casos e uma média do número de casos acima da mediana. Estas informações serviram para que fosse gerado um padrão ecoepidemiológico na análise geoestatística. A partir do padrão gerado, foi possível identificar a ocorrência de um efeito pepita na comunidade do Treme no ano de 2005, conforme mostra a figura 01.

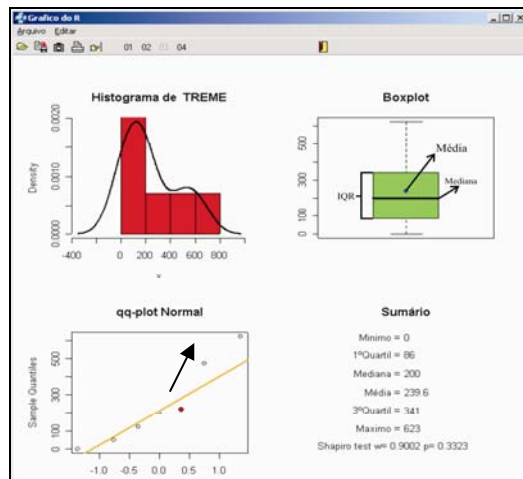


Figura 01 - Gráficos do histograma, boxplot, qq-plot normal e sumário dos anos de 2001 a 2006. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento IEC/SVS/MS

A primeira expressão gráfica, das séries temporais, mostrou que no ano de 2005 houve um efeito pepita, na análise gerada, dos dados sobre o número de casos confirmados de Malária na comunidade de Treme, o que caracterizou, neste ano, um surto. Nos demais anos, nesta comunidade, a incidência da doença manteve-se dentro de um padrão normalizado. Com relação à análise feita sobre os dados da comunidade do Acarajó pôde-se observar que a incidência da doença manteve-se dentro de padrões normalizados, ou seja, não houve ocorrência de efeito pepita. Com relação à análise da doença na comunidade da Fazendinha, observou-se que ocorreu uma pequena variação, porém dentro de padrões normalizados, conforme pode ser observado na figura 02.

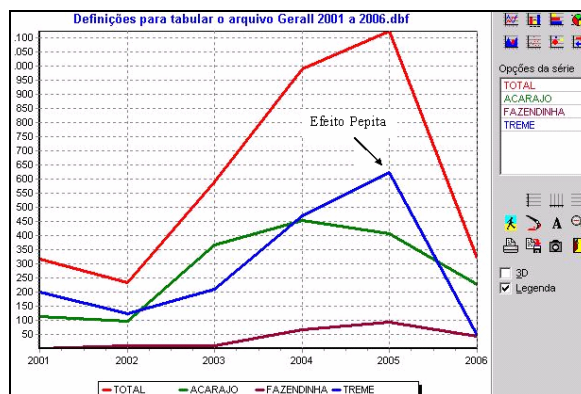


Figura 02 - Série temporal no período de 2001 a 2006. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento IEC/SVS/MS

A segunda expressão gráfica, das séries temporais, do concentrado dos meses de janeiro a dezembro de 2001 a 2006 mostrou que o número de casos da Malária na comunidade da Fazendinha não foi expressivo. Com relação à análise feita sobre os dados da comunidade do Treme, pôde-se observar que houve um padrão na incidência da doença, onde de janeiro a março o número de casos foi considerado baixo, aumentou a partir de então até julho onde começou a diminuir até dezembro. Analisando a comunidade do Acarajó, observou-se que o

índice da doença não foi padronizado ocorrendo um efeito pepita no mês de setembro, como mostra a figura 03.

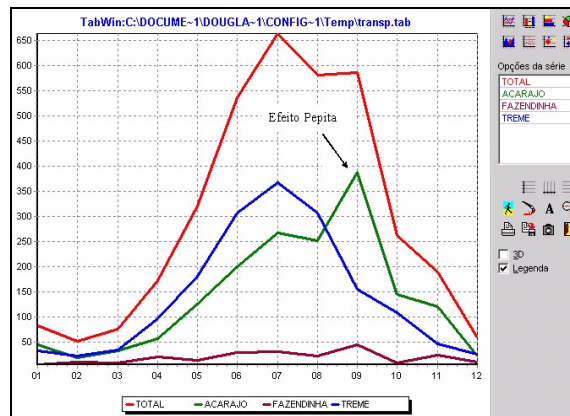


Figura 03 – Série temporal do concentrado de casos de Malária dos meses de janeiro a dezembro de 2001 a 2006. Fonte: Laboratório de Geoprocessamento IEC/SVS/MS

Após a análise exploratória dos dados e sumarização, foi desenvolvido um acervo de imagens georreferenciadas utilizando bases de dados ambientais, entomológicas, epidemiológicas, cartográficas e de imagens do satélite Landsat TM 7 e do sensor R99 SAR, que possibilitaram análises mais rápidas e com maior eficácia do agravo estudado, pois conforme Kaufmann et al (1988, p. 24-28), a imagem digital é um recurso poderoso para captar, armazenar e recuperar informações.

Levando em consideração, os estudos realizados por Forattini (2002), mostrando que o vetor da Malária pode voar, em condições favoráveis de vento e temperatura, em média 7,2 km em busca de alimento, foi possível calcular a área de abrangência do vôo do vetor, possibilitando desta forma a identificação das áreas de risco de transmissão por Malária, sendo que as comunidades do Treme, Juvêncio, Caratateua, Bacuriteua, Acarajó e Fazendinha, bem como as sedes municipais de Bragança e Augusto Correa estavam dentro da área de risco de transmissão identificada, conforme pode ser observado na figura 04, abaixo.

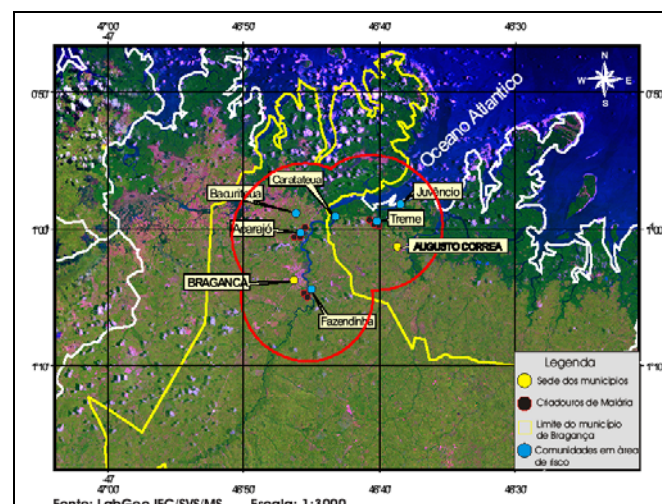


Figura 04 - Criadouros e comunidades em área de risco de transmissão por Malária



Para uma melhor acuidade visual dos alvos contidos na sede do município, bem como em sua área rural, foi georreferenciada uma imagem do sensor R-99 SAR, conforme mostra a figura 05, abaixo.

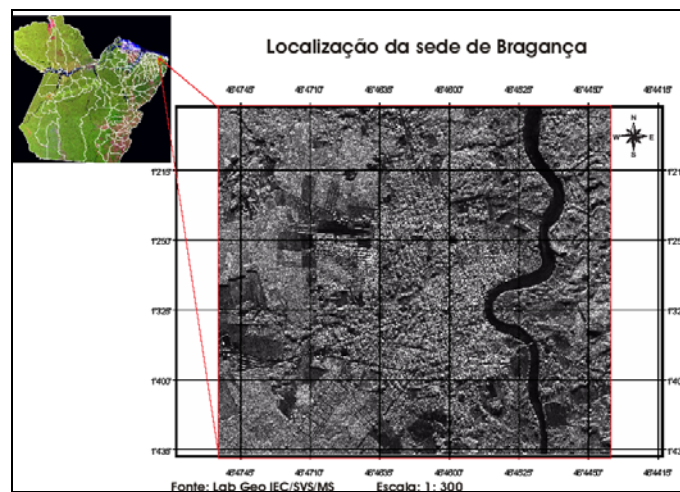


Figura 05 – Localização da sede do Município de Bragança – PA

Foi verificado que a comunidade da Fazendinha por sofrer influências de relações antrópicas (extração de argila) apresentou criadouros naturais e artificiais. A comunidade do Acarajó e Treme estão mais a norte e sofrem influência da vegetação fluvio-marinha, apresentando desta forma criadouros naturais. Porém na comunidade do Treme por existir extração de areia são formadas crateras no solo, que ao armazenar água de chuva, viabilizam a proliferação de criadouros, conforme mostra a figura 06, abaixo.

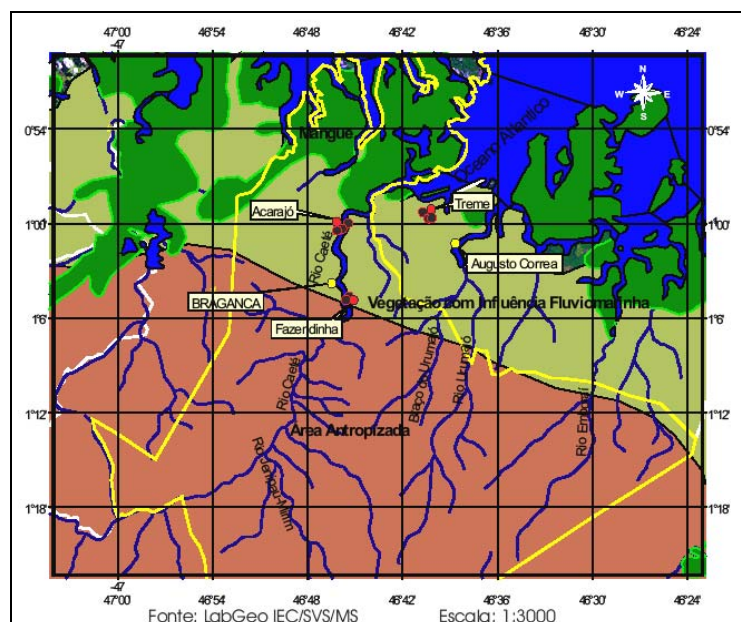


Figura 06 – Mapa das vegetações e rios.

O módulo Fuzzy foi desenvolvido a partir de dados gerados pela análise temática da informação, cujo objetivo foi identificar o conjunto estruturado de dados que pudesse ser manipulado qualitativa e quantitativamente pelo modelo. Utilizando o módulo, a partir da



estruturação do sistema, foi possível construir as variáveis lingüísticas de entrada (característica do habitat, relação produtiva, peridomicílio, prevenção, distância do criadouro e vegetação), variáveis lingüísticas de saída (risco de transmissão por Malária) e regras de inferência, todos com seus respectivos valores das funções de pertinência, que tornaram possível analisar probabilisticamente o risco de transmissão por Malária, conforme demonstrado abaixo.

**1. IF (Características-Habitat is Barro) and (Relação-Produtiva is Pescador) and (Peridomicilio is ZonaRural) and (Prevenção is SemPrevenção) and (Distância-Criadouro is Proximo) and (Vegetação is ÁreaAntropizada) then (RiscoDeTransmissãoDeMalária is Alto) (1)**

A regra 1, após processada pelo modulo Fuzzy, gera uma saída de 8,4. Interpretando o resultado probabilisticamente, que foi modelado em um intervalo que varia de 0 a 10, pode-se concluir que o indivíduo que tiver as condições da regra um (1), tem 84 % (por cento) de probabilidade de transmissão por Malária, conforme mostra a Figura 7.

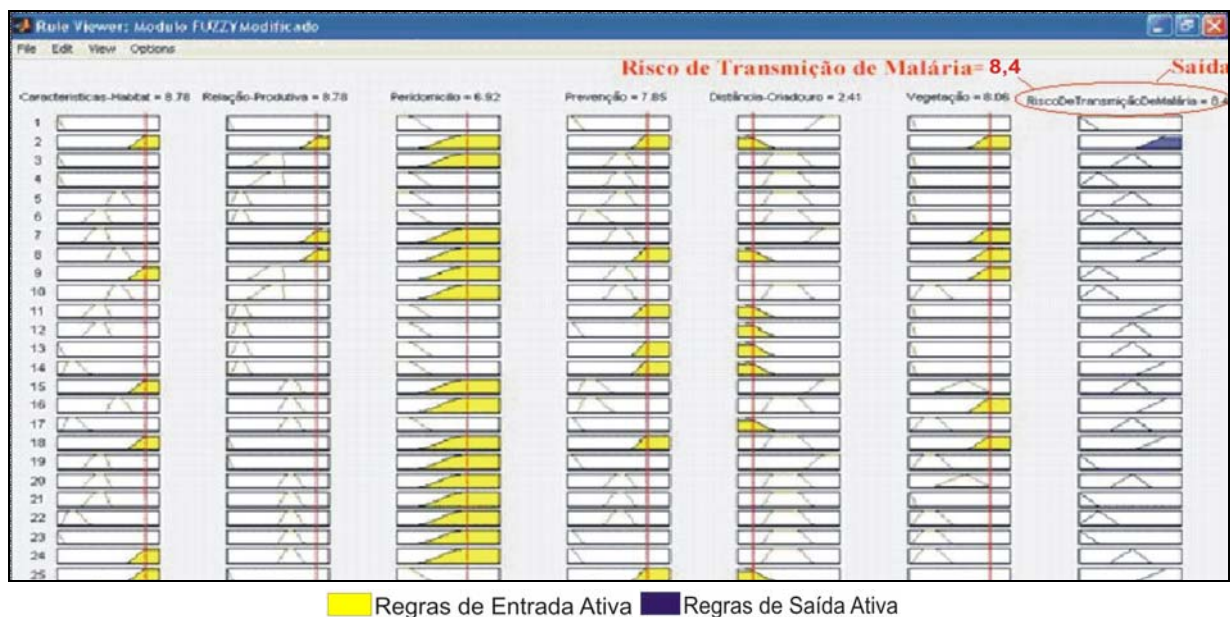


Figura 7 – Visualização do sistema com as regras ativadas e a saída probabilística.

#### 4 - Considerações Finais

Levando em consideração os resultados das análises geoestatística e fuzzy das bases de dados ecoepidemiológicas geradas pôde-se observar que estes resultados ao serem inter-relacionados com o acervo de imagens de satélites e bases cartográficas utilizadas, mostraram que a prevalência da Malária nos municípios de Bragança e Augusto Corrêa-Pa, no período estudado, não se deu de forma homogênea, pois com relação à evolução do número de casos confirmados foi observado que a incidência da doença deu-se mais elevada na comunidade do Treme, com criadouros naturais e artificiais, comparando-se com as comunidades do Acarajó

com criadouros naturais e a comunidade da Fazendinha com criadouros naturais e artificiais. Foi observado que no período de 2001 a 2006 a prevalência da Malária no município, ocorreu de forma focal nas três comunidades estudadas até 2002. Sendo que a partir de então e até 2005 houve um aumento no número de casos no sentido das áreas costeiras para as interiores. A prevalência da Malária sofreu influência pluviométrica onde nos meses chuvosos que corresponde os meses de janeiro a março e de outubro a dezembro o índice malárico foi baixo, comparando-se com o período de estiagem que corresponde de março a setembro. Com relação aos recursos tecnológicos utilizados, o modelo desenvolvido foi considerado satisfatório, bem como a utilização das geotecnologias livres emergentes utilizadas.

Ao término deste trabalho observou-se a necessidade de desenvolver estudos posteriores relacionados à integração de tecnologias inteligentes de Redes Neurais e Data Mining para gerar novas rotinas de análises laboratoriais da ecoepidemiologia da Malária. Em última análise o presente trabalho se constituiu de uma tentativa para se gerar resultados práticos e experimentais no âmbito da Epidemiologia Descritiva, Cartografia Digital e Geografia Médica, tendo atingido satisfatoriamente os objetivos preconizados.

### **Referências Bibliográficas**

ARARIBOIA, G. Inteligência Artificial. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 1988

COUCLELIS, H. People manipulate objects (but cultivate fields): beyond the raster-vector debate in GIS. In: Theories and methods of spatial-temporal reasoning in geographic space. Berlin: Springer-Verlag, 1992. p.65-77. (Lecture Notes in Computer Science 639).

DIAS, J.E. et al. O.V.O. Geoprocessamento aplicado à análise ambiental: o caso do município de Volta Redonda – RJ. In.: XAVIER DA SILVA, J.; ZAIDAN, R.T. (org.). Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 368

Disponível

em:

<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.13.35/doc/2463-2470.pdf>

Acesso em: 11 de jun 2007.

DRUCK, S. et al. A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos". Brasília, EMBRAPA, p. 1, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6).

FORATTINI. Oswaldo Paulo. Culicidologia Médica, vol. 2: Identificação, Biologia, Epidemiologia. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002

GOMES, J. et al. Computação Gráfica: Imagem. Série Computação e Matemática, SBM/IMPA, 2000.

KAUFMANN, P. *et al.* Análise da evolução de degradação ambiental na costa nordestina. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro. P. 24-28, maio 1988.

ORTIZ, Jonas Luís. Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoado de eucalipto e atributos do solo e do relevo. Tese de mestrado da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba 2003. p.02

RICH, Elaine; KNIGHT, Kevin: *Inteligência Artificial*. Makron Books. 2ª. Edição. São Paulo, 1994. 722p.

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter: *Inteligência Artificial*. Campus, São Paulo, 2004. 1040p

VEIGA, Nelson. Modelo de Estruturação do Banco Georreferenciado de dados Ambientais, Epidemiológicos e Socioeconômico de Bragança-Pa. Relatório técnico, IEC/SVS/MS. Belém, 2005.