

Lógica Fuzzy e Geotecnologias Aplicadas ao Estudo de Malária, no Município de Curralinho-Pa, Brasil, 2009

Lena Patricia Souza Rodrigues¹, Marta Nóbrega², Douglas Gasparetto¹, Diovanni Moraes de Araújo³, Carlos Roberto Amaral Peixoto¹, Nelson Veiga¹

¹Laboratório de Geoprocessamento – Instituto Evandro Chagas – IEC/SVS/MS
BR-316 km 7 s/n – Levilândia – 67.030-000 – Ananindeua – PA – Brasil

²Dept. de Controle de Endemias – Secretaria de Estado de Saúde Pública – DCE/SESPA
Rua Pres. Pernambuco, 489 – Batista Campos – 66.015-200 – Belém – PA - Brasil

³Universidade Federal do Pará – UFPA.Caixa Postal 479. Belém – PA – Brasil
{lpsrd13, nobrega.mb, douglaslabgeo, diovanini, carlosrapeixoto,
nelsoncg2009}@gmail.com

Abstract. *This paper presents an analysis model of the Ecoepidemiology of the incidence of malaria in the municipality of Curralinho-Pa, Brazil. To this end, was conducted an environmental characterization of the study area, which allowed analysis's of the spatial distribution of breeding of the immature forms, of the disease vectors and of locations in areas of risk of transmission of the wrong. Were used geo emerging technologies to visually express epidemiological data, environmental and socio economic, which were interrelated and analyzed using Fuzzy Logic. From the obtained results was found spatial a dependence between the variables studied. This study enabled analyzes probabilistically the risk factors of disease transmissions. Thus, the present work was considered satisfactory compared to the goals envisaged*

Resumo. *Este trabalho apresenta um modelo de análise da Ecoepidemiologia da incidência de malária no município de Curralinho-Pa, Brasil. Para tal, foi realizada uma caracterização ambiental da área de estudo, que permitiu a análise da distribuição espacial de criadouros das formas imaturas dos vetores da doença e de localidades, em áreas de risco de transmissão do agravo. Foram utilizadas geotecnologias emergentes para expressar visualmente os dados epidemiológicos, ambientais e sócio-econômicos que foram interrelacionados e analisados utilizando Lógica Fuzzy. A partir dos resultados obtidos foi constatada uma dependência espacial entre as variáveis estudadas. Este estudo possibilitou analisar probabilisticamente fatores de risco de transmissão da doença. Sendo assim, o presente trabalho foi considerado satisfatório, face aos objetivos preconizados.*

1. Introdução

Nos últimos anos, a Inteligência Artificial (IA), área da Ciência da Computação (CC), que de forma integrada se ocupa da simulação de processos cognitivos, constitui-se de uma área muito abrangente. Tal fato pode ser observado nas diversas possibilidades da aplicação de seus métodos e técnicas, em várias áreas do conhecimento voltadas para o processo de geração de informações.

Dentre os métodos e as técnicas de IA, a Lógica Fuzzy (LF) tem tido grande expressividade em termos de pesquisas científicas. Por isso, esta lógica foi utilizada, no

âmbito deste estudo, em um ambiente que apresentou características peculiares, bem como uma dinâmica espacial expressiva. Tal técnica caracteriza-se por trabalhar com graus de pertinência voltada a tratar dados aproximados, objetivando modelar o modo aproximado de raciocínio, habilidade tipicamente humana de tomar decisões racionais, em um ambiente de incerteza e imprecisão, conforme Fonseca (2002).

Dentre as técnicas utilizadas neste trabalho podemos citar: o Sensoriamento Remoto (SR), que se constitui de um conjunto de procedimentos voltados para a aquisição e processamento de imagens digitais, obtidas por dispositivos imagiadores dispostos remotamente do objeto que esta sendo imagiado, conforme preconizado por Figueiredo et al. (2007); o Geoprocessamento (GEO), que tem sido apontado como ferramenta de integração de dados ambientais, socioeconômicos e de saúde, que georreferenciados permitem identificar padrões de distribuição de agravos à saúde, segundo Dias (2004) e Veiga (2005); e a Computação Gráfica (CG), que tem contribuído para a formação de bases conceituais e técnicas eficazes para a captura de informações, conforme Gomes et. al (2000).

No âmbito da execução deste estudo, foi escolhida a malária, enquanto agravo infecto-contagioso, devido esta doença apresentar indicadores que mostram que 40% da população mundial está exposta ao risco de infecção. No Brasil, a região da Amazônia Legal concentra aproximadamente 99% de notificações de casos, tendo sido identificado, nesta região, municípios de alto risco, com Incidência Parasitária Anual (IPA) igual ou maior que 50 casos para cada 1.000 habitantes, de acordo com dados do Ministério da Saúde (2005).

Segundo o IBGE (2005), a população estimada para 2009, no município de Curralinho-PA, é de 27.543 habitantes, sendo um dos municípios prioritários para o controle de malária no Estado do Pará. Este fato pode implicar na minimização de consideráveis prejuízos sociais e econômicos, em decorrência do estabelecimento da doença. A incidência e a distribuição deste agravo, nesta região, sugerem um comportamento diferenciado, estando condicionada por influências de sua biodiversidade, vegetação, solo, ar, clima e formas de ocupação humana, assim como a contínua reorganização do espaço geográfico, carecendo de estudos voltados para geração de metodologias de análises de dados, imprecisos ou não-exatos, por ocorrerem em diferentes escalas do espaço geográfico, através de recursos computacionais adequados, como a LF.

Neste contexto, a utilização integrada, processual e sistêmica de tecnologias geradas nas áreas de CG e IA, tem sido apontada como importante para o avanço de novos métodos de análise de processos epidemiológicos. Desta forma, o presente trabalho objetivou desenvolver estudos exploratórios a respeito da utilização de LF, SR e GEO, aplicados à epidemiologia de malária, no município de Curralinho-PA, cuja sede municipal tem coordenadas geográficas 01° 48' 54" s e 49° 47' 45" w, conforme dados da SEPOF (2008).

2 – Metodologia

A realização deste trabalho foi iniciada a partir de uma revisão na literatura, para a construção do referencial teórico, no Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP-Malária), junto a Coordenação Estadual do Programa Nacional de Controle da Malária da Secretaria de Estado de Saúde Pública do

Pará (CEPNCM/SESPA). Posteriormente, foi realizado georreferenciamento em campo, utilizando o receptor do Sistema de Posicionamento Global (GPS), para caracterização ambiental do peridomicílio da população acometida com o agravo. Com a utilização do software Spring 4.0, foi feito o pré-processamento das imagens de satélite, para composição colorida de bandas espectrais e ampliação linear de contraste, sendo que o Terra View 3.1 foi utilizado para desenvolver a álgebra de mapas, que se constituiu do interrelacionamento das diferentes bases de dados georreferenciadas, dentre as quais as imagens dos satélites Landsat TM 5 e do sensor R99 SAR, de dados ambientais, entomológicos, epidemiológicos e cartográficos, para a construção das expressões visuais das análises ecoepidemiológicas. Foram desenvolvidas análises baseadas em LF, no ambiente MATLAB 7.0, para a geração de inferências e análises de dados.

3 - Resultados e Discussões

Foi gerada uma caracterização ambiental da área de estudo, que possibilitou a análise da distribuição espacial dos criadouros das formas imaturas dos vetores da doença e de localidades em áreas de risco de transmissão do agravo. Foram interrelacionados dados ambientais, socioeconômicos e epidemiológicos georreferenciados, a partir de então, foi constatado uma dependência espacial entre as variáveis estudadas, conforme figura 1.

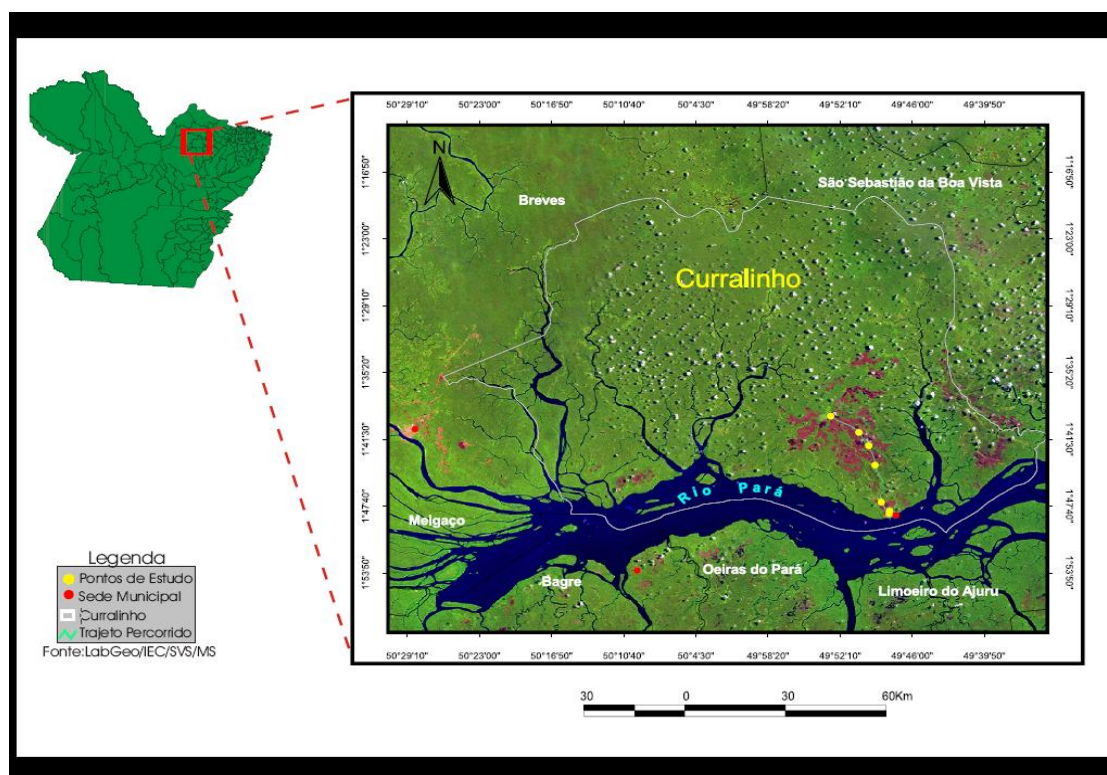


Figura 1 – município de Currealinho – PA, Brasil. Fonte: LabGeo/IEC/SVS/MS.

A partir da geração de dados epidemiológicos pode-se observar que, no período de janeiro a setembro de 2009, o município em estudo apresentou 1.379 casos de malária, um aumento de 138,6% comparado ao mesmo período do ano anterior, com uma incidência parasitária de 50,1 casos/1.000 hab, conforme Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (2009). O perfil epidemiológico da malária em Currealinho é de indivíduos do sexo masculino (62%), adultos jovens (20 a 39 anos; 33%), seguidos pelos menores de 10 anos (29%) e que são notificados em outros

municípios dos estados (60%). Outro aspecto importante é que em 99% dos casos, o tratamento teve início com menos de 24 horas após a coleta da amostra para diagnóstico, de acordo com o que foi preconizado pelo Ministério da Saúde (2005).

De posse do conjunto de dados obtidos em campo e nos bancos de dados de saúde, foi gerado um ambiente de análise, construído com técnicas baseadas na LF, que possibilitaram as análises de dados. Com a implementação do sistema “Fuzzy” foi possível construir as variáveis lingüísticas de entrada e saída (entrada: Características-Habitat, Prevenção e Vegetação; saída: RiscocodeTransmissão de Malária e regras de inferência) todos com seus respectivos valores das funções de pertinência. As funções são pesos associados a cada uma das variáveis lingüísticas, conforme preconizado por, Veiga (2001), Dias et al (2004) e Gasparetto (2006). Um resultado das inferências realizadas no sistema pode ser observado na expressão das Regras, conforme demonstrado na figura 2.

A regra 1: If (CaracteristicaHabitat is **AlvenariaFechada**) and (Prevenção is **Repelente**) and (Vegetação is **SemVegetação**) then (RiscocodeTransmissão de Malária is **MuitoBaixo**) (1); a Regra 2. If (CaracteristicaHabitat is **MadeiraAberta**) and (Prevenção is **SemPrevenção**) and (Vegetação is **Floresta**) then (RiscocodeTransmissão de Malária is **Alto**) (1).

Figura 2 – Regras de produção.

A Regra-1 gerou uma saída de 4,7, que interpretando o resultado probabilisticamente, pode-se concluir que o indivíduo que tiver as condições dessa regra tem probabilidade 47% de transmissão por malária, que indica uma baixa suscetibilidade de ser contaminado pelo vetor da doença. Os indivíduos que possuem as características da segunda regra têm uma probabilidade de 87% de risco de transmissão de malária, indicando uma alta suscetibilidade de contaminação por malária. Desta forma, as análises realizadas por esta técnica permitiu inferências probabilísticas referentes aos casos do agravo no município de estudo. Possibilitando oferecer um sistema baseado em regras para a tomada de decisão, oferecendo um método consistente e matematicamente forte para manipulação de incertezas, conforme preconizado Fonseca (2002).

4 - Considerações Finais

Ao se expressar visualmente os resultados das análises com a Lógica Fuzzy e bases de dados de imagens de satélites inter-relacionadas foi possível observar que a incidência de malária, no município de Curralinho-Pa, no período estudado, estava relacionada às características peculiares desta região, dentre as quais: forma de ocupação humana, atividades produtivas desenvolvidas, tipo de vegetação. Por isso, o presente trabalho se constituiu de uma tentativa de geração de resultados práticos, mas ainda em fase de desenvolvimento, no âmbito da Epidemiologia Sistemática.

A utilização da LF permitiu compreender um fenômeno do mundo real, podendo ser utilizada em conjunto com outras tecnologias de ponta. Sendo assim, este estudo pode vir a ser útil para a construção de cenários epidemiológicos de transmissão de diversas doenças na Amazônia. Então, faz-se necessário a inclusão de novas tecnologias de geoinformação, dentre as quais: sistemas inteligentes, como Datamining para processar novos modelos de análise de agravos, baseado no interrelacionamento de dados produzidos por áreas diferentes do conhecimento.

5 – Referências

- 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, p. 368, 2004.
- Figueiredo, G. C; Vieira, C. A. O. Estudo do Comportamento dos Índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, Comumente Usados para Avaliar a Classificação de Imagens do Sensoriamento Remoto. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis-SC. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis-SC, 2007.
- Fonseca, P.S. Proposta de definição de inteligência de máquina inspirada na Teoria das inteligências Múltiplas de Howard Gardner. Tese de Mestrado em Ciência da Computação. Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.
- Gasparetto, D. SISMAE - Sistema Multifuncional de Avaliação Ecoepidemiológica Aplicado a Prevalência da Malária. 2006. 106f. Trabalho de Conclusão de Curso. CESUPA, Belém 2006.
- Gomes, J. et al. Computação Gráfica: Imagem. Série Computação e Matemática, SBM/IMPA, Florianópolis-SC. 2000.
- Governo do Estado do Pará _ Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças – SEPOF. Estatística Municipal do município de Curalinho, 2008.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Estimativas das populações residentes, em 1º de julho de 2009, segundo os municípios. Fonte: IBGE/DPE/COPIS/GEADD. 2005.
- Ministério da Saúde (MS). Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS). Guia de Vigilância Epidemiológica. 6.ed. 816 p. ISBN 85-334-1047-6 – Brasília, 2005.
- Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP-Malária). Notificação de casos, 2009.
- Veiga, N. G. Modelo de Estruturação de Banco Georreferenciado de dados Ambientais, Epidemiológicos e Socioeconômico de Bragança-Pa. Relatório técnico, IEC/SVS/MS. Belém, 2005.
- Veiga, N. Modelo de Recuperação de Informações Temáticas Inter-Relacionadas, Contidas em Imagens de Satélites, Baseado em Descritores Contextuais. Tese de doutorado. UnB. Brasília-DF. 2001. 225p