ANÁLISE ESPACIAL DA OCORRÊNCIA DE MALÁRIA NO ESTADO DE MATO GROSSO - BRASIL.

Dirlene Ada Bacani – SEDUC/MT, Estudante de Mestrado- Depto. Geografia – ICHS - UFMT - BRASIL

Peter Zeilhofer – Prof. Programa de Pós-graduação em Geografia – ICHS – UFMT – BRASIL

Emerson Soares dos Santos – Doutorando em Geografia Física- FFLCH/USP

No Brasil, a região da Amazônia Legal registra elevado número de casos de Malária, onde se insere o Estado de Mato Grosso. O presente estudo visa, com o auxílio de técnicas de geoprocessamento, espacializar os dados de Malária em mapas temáticos, descrevendo o número de casos por espécies de protozoários e utilizar variáveis ambientais e socioeconômicas que possam explicar a ocorrência da doença em determinadas áreas do estado de Mato Grosso. Foram utilizados registros de casos ocorridos no ano de 2001, obtidos da SIVEP–Malária. Através dos Índices de Moran Global e Local foi avaliada a estrutura espacial dos casos da malária. Foram registradas duas áreas com correlação espacial positiva ($p<0.05$). Foi construída uma tabela de dados socioeconômicos e ambientais para análises exploratórias, agregados por município. Através de Regressão Logística (RL), três variáveis foram consideradas significativas; "taxa de desmatamento", "freqüência escolar" e "precipitação média anual". Em seguida, os coeficientes da RL resultantes foram aplicados para sobreposição dos planos de informação das variáveis identificadas significativas, gerando uma representação do risco de ocorrência de malária nos municípios no estado.

Palavras-chave: malária, Mato grosso, análise espacial.

Eixo temático: Ciência de Informação Geográfica

INTRODUÇÃO

No ano 2000, foram notificados 1,14 milhões de casos de malária no Continente Americano, dos quais 53,6% foram registrados no Brasil. Entretanto, 99% dos casos são registrados na região amazônica (LADISLAU,

2006), onde se insere o Estado de Mato Grosso. São múltiplos os fatores que influenciam a dinâmica das doenças transmissíveis como a malária na Amazônia, dentre eles podemos destacar: os fatores ambientais; os sócio-demográficos; os biológicos e dos médico - sociais; efetividade dos sistemas locais de saúde e dos programas específicos de controle de doenças, etc. (PAHO, 2003 e SVS 2005).

A partir da década de 1970, o Estado de Mato Grosso sofreu um intenso e rápido processo de ocupação advindo de projetos de colonização públicos e privado que ocasionaram uma forte pressão sobre o meio ambiente. Essa colonização originou assentamentos irregulares e desordenados, sendo que áreas de floresta tropical foram ocupadas densamente; circunstâncias que contribuíram para uma elevação na densidade de mosquitos transmissores da malária, que aliada a outros fatores (precárias condições de moradia, condições de vida em geral), ocasionaram graves problemas de saúde pública (FERREIRA & LUZ, 2003).

Devido à alta incidência e aos efeitos debilitantes para as pessoas acometidas, a malária se constitui com um importante potencial de influenciar o próprio desenvolvimento de uma região. Dessa maneira se faz importante a análise das variáveis ambientais sobre as áreas de incidência e as condições sociais e antrópicas que poderiam favorecer a proliferação do vetor e a exposição de grande quantidade de pessoas à doença.

As ferramentas de geotecnologias tem sido atualmente muito utilizadas para analisar conjuntamente a dinâmica espaço-temporal de diversas doenças. Os métodos de análise espacial são particularmente úteis para a criação ou delimitação de áreas homogêneas, definição de critérios de monitoramento e avaliação para uma determinada intervenção, estabelecimento de prioridades para planejamento e alocação de recursos. (CRUZ, 1996).

Neste contexto, este trabalho buscou espacializar dados de malária em mapas temáticos, descrevendo o número de casos por espécies de protozoários, analisar a sua autocorrelação no estado de Mato Grosso e desenvolver um modelo de regressão logística para análise das relações entre a doença e fatores socioambientais e o desenvolvimento de um mapeamento de risco, aplicando técnicas de geoprocessamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O local do estudo é o Estado de Mato Grosso, situado a oeste da região Centro-Oeste, a maior parte de seu território é ocupada pela Amazônia Legal sendo o extremo sul do Estado pertencente ao Centro-Sul do país. Ocupa uma área de 906.806,9 km^2 e sua capital é a cidade de Cuiabá (figura 1).

O Estado está dividido em 141 municípios, distribuídos em 5 mesorregiões, subdivididas num total de 22 microrregiões. A população é de 2.803.274 habitantes (IBGE 2006), com densidade populacional de 2,6 hab./km^2. O analfabetismo no Estado é de 10,1%, a mortalidade infantil 21,6%, a expectativa de vida é de 72,6 anos (IBGE/2005). O IDH do estado é de 0,773 (PNUD/2000).

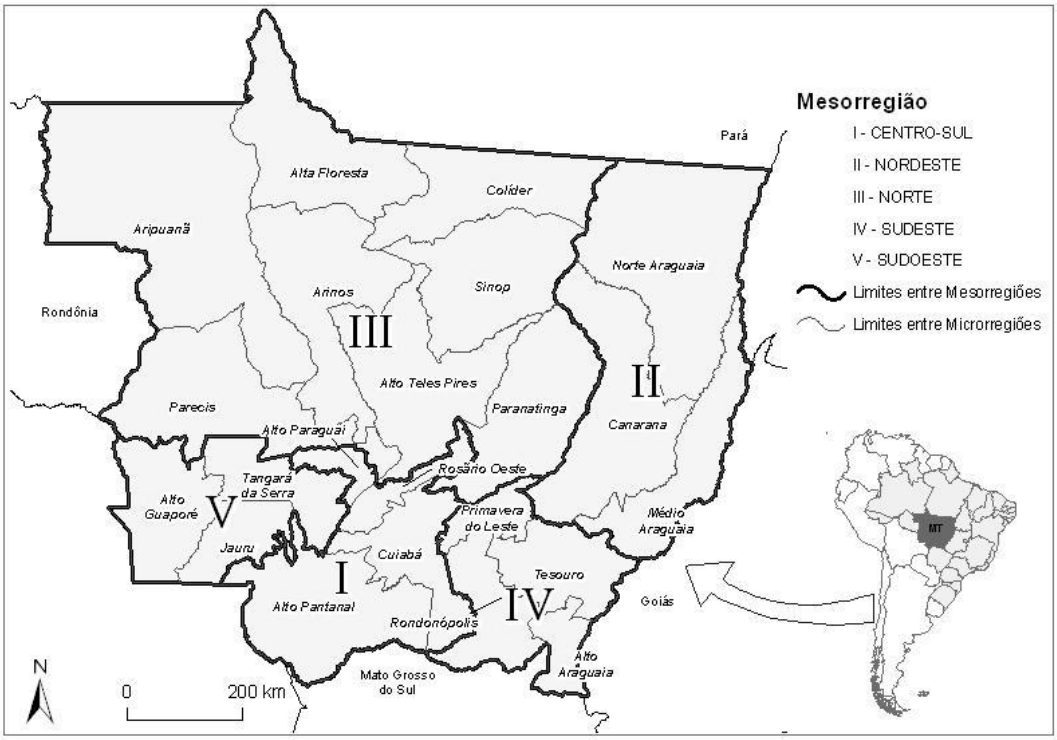

Figura 1 - Área em Estudo: Estado de Mato Grosso por Meso e Microrregiões.

Coleta de Dados

Os dados sobre os números de casos de malária foram agrupados a nível estadual e municipal. Os mesmos foram adquiridos no Sistema de Informação e Vigilância Epidemiológica (SIVEP), que é um banco de dados informatizado administrado pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da

Saúde. Dados censitários e as estimativas populacionais foram obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Dados socioeconômicos foram buscados no IBGE (2000). Os tipos de Biomas, Vegetação e evolução do desmatamento foram extraídos de mapas temáticos disponibilizados pelo IBGE (2000) e pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA-MT), disponíveis em formato digital na escala de 1:250.000, desde 1992.

A integração (edição, agregação espacial etc.) e análise dos dados espaciais (interpolação de dados de precipitação, análise do modelo numérico de terreno etc.) foram efetuadas a partir do software ArcGIS 9.3 (ESRI, Redlands). O pré-processamento e classificação supervisionada de imagens de satélite MODIS (3.2.2) foram efetuadas a partir de software SPRING, 5.0 (Inpe 2009).

Análise espacial

O principal nível de agregação espacial foram os limites dos atuais 141 municípios de Mato Grosso. Os dados foram agregados por municípios e consolidados em uma tabela sintética, relacionada com uma camada espacial dos limites administrativos (municípios), a partir daí foi possível analisar todas as variáveis exploratórias e relacioná-las com ocorrência de casos da doença.

Os mapas temáticos ilustraram a distribuição da densidade de casos de malária, por município, em todo o Estado, bem como os indicadores ambientais e socioeconômicos considerados significativos.

Autocorrelação espacial

Para o estudo do padrão espacial, foram utilizados os índices de Moran global e local (LISA), conforme metodologia proposta por Atanaka-Santos (2006). O índice global que fornece uma medida geral da associação espacial existente no conjunto de dados mede o grau de correlação espacial entre os pares de vizinhança, ponderado pela proximidade geográfica.

Regressão Logística

Utilizando-se do software SPSS 10.0, realizaram-se regressões logísticas múltiplas para verificar a influência dos fatores sócio-ambientais no número de casos de malária no território mato-grossense.

Inicialmente, para avaliar a variação da probabilidade de ocorrer a doença, foi realizada regressão logística com doze variáveis explanatórias pelo método *backward conditional*. Para cálculo da Regressão Logística, os valores dos casos de malária foram recodificados para o sistema binário atribuindo valores de corte (*cut values*) para IPA maiores que 0,5.

Mapeamento de risco de ocorrência de malária

Após realizadas as regressões e obtidos os coeficientes das variáveis significativas foi executado o modelo descrito abaixo para o cruzamento dos mapas. Esta operação de cruzamento de mapas foi realizada no software ArcGis 9.3 utilizando a ferramenta Map Algebra. $P = 1/[\ 1 + exp.(a + b.x_1 + c.x_2 + d.x_3 ...)$ *Com:* x = fator explanatório

a = coeficiente

b, c, d ... = coeficiente de cada variável explanatória

x_1, x_2, x_3.. = variáveis explanatórias

P = probabilidade

RESULTADOS

Colniza(1), Rondolândia(2), Aripuanã(3), Gaúcha do Norte(5), e Nova Ubiratã(4) são os municípios que apresentaram maior IPA em 2001 - Figura 2.

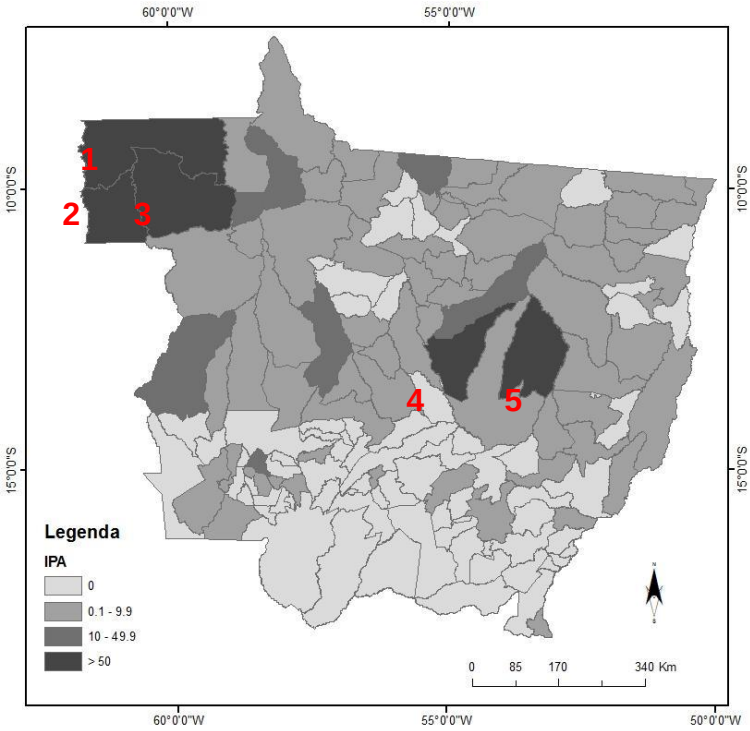

Figura 2 – Índice parasitário anual para 2001 – Núm casos por 1000 hab.

O município de Colniza registrou 106,4 casos por 1000 habitantes, um índice relativo a mais de 10% da população. O segundo município a apresentar maiores números de casos foi Nova Ubiratã, com IPA de 84,3 seguido por Rondolândia com IPA de 58 e Gaúcha do Norte com 52,9 casos por 1000 habitantes. Pode-se perceber que todos os municípios com elevado risco de transmissão - de acordo com a metodologia de análise do Programa Nacional de Controle da Malária, isto é IPA igual ou acima de 50 casos por 1000 habitantes – se encontram na Mesorregião Homogênea do Norte Mato-grossense.

Os municípios que apresentaram maiores números de casos de Malária, transmitidos pelo *Plasmodium Vivax*, foram Colniza(930), Sinop (802), Aripuanã (664) e Nova Ubiratã (542), respectivamente, números 1, 6, 3 e 4 na Figura 3.

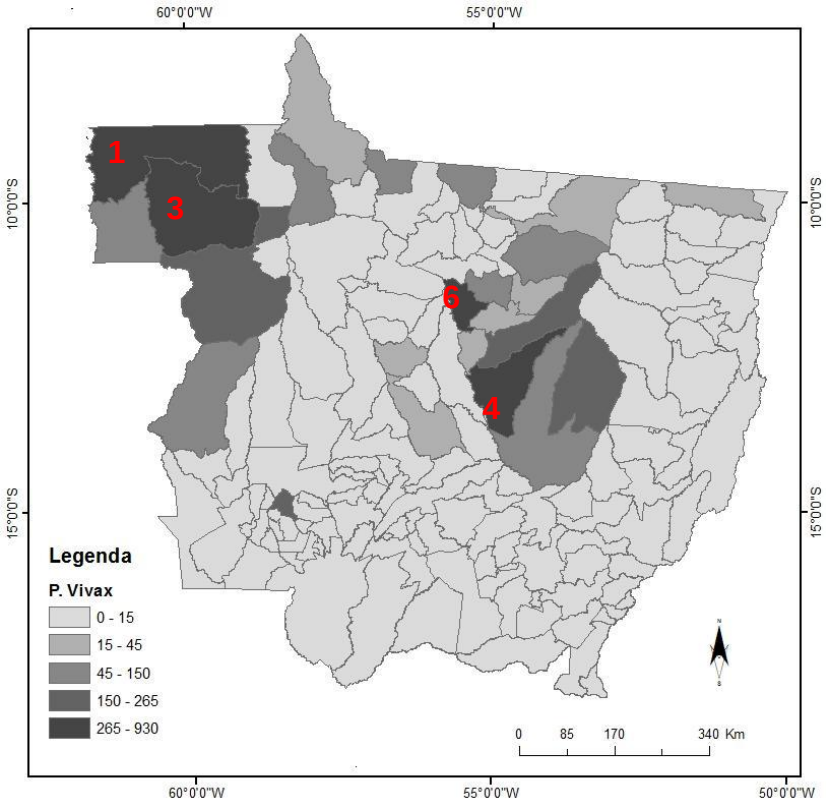

Figura 3: Número de casos por *Plasmodium vivax*

Os municípios que apresentaram maiores números de casos de Malária, transmitidos pelo *Plasmodium Falciparum* estão localizados também na Mesorregião do Norte mato-grossense. São eles: Colniza (329) e Comodoro (257), respectivamente, números 1 e 7 na (Figura 4).

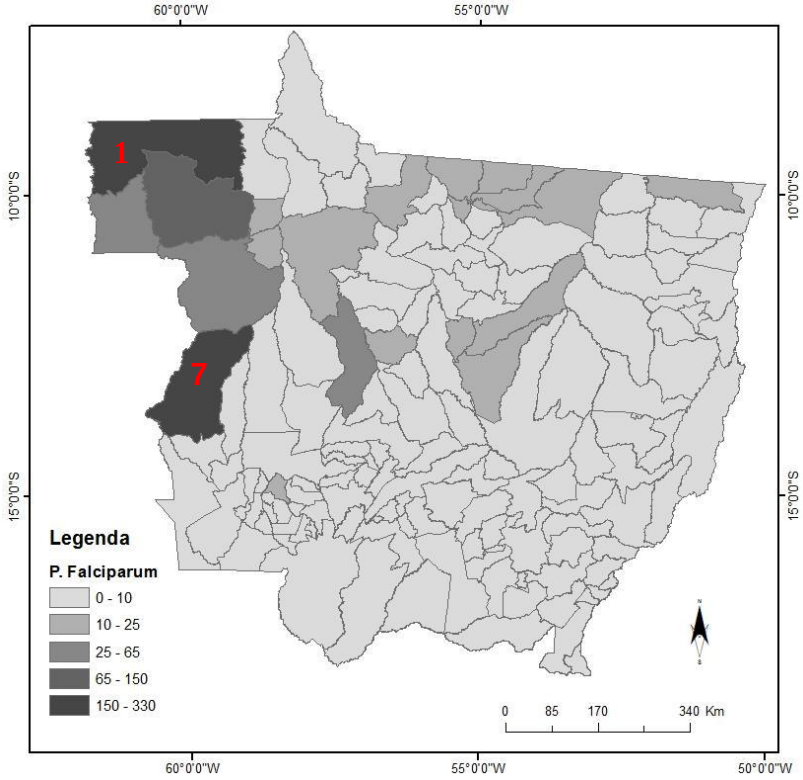

Figura 4: Número de casos por *Plasmodium falciparum*

MORAN LOCAL

O índice de Moran local mostra a possível correlação espacial entre os municípios vizinhos e os agrupamentos espaciais da doença no estado - Figura 5. Percebem-se dois focos de regiões que apresentam correlação, ambas na mesorregião homogênea do Norte mato-grossense. Mais especificamente nas microrregiões de Aripuanã abrangendo a microrregião de Alta Floresta; e o segundo foco, a microrregião de Paranatinga abrangendo uma parte da microrregião do Alto Teles Pires e a microrregião de Sinop.

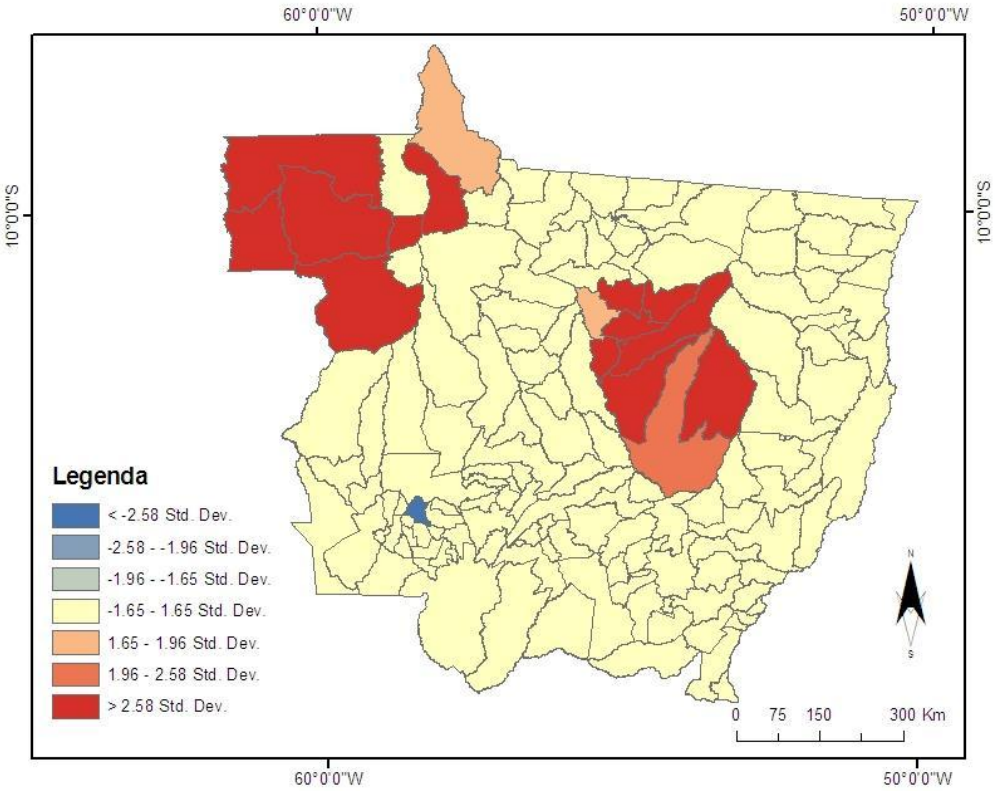

Figura 5 - Índice local de Moran do IPA em 2001. Regiões com desvio padrão positivo alto indicam alta correlação positiva entre municípios vizinhos.

No foco a noroeste do estado, os municípios que apresentaram correlação espacial foram: Colniza, Aripuanã, Juína, Rondolândia, Juruena, Nova Bandeirantes e Apiacás. No segundo foco, no médio norte mato-grossense, apresentaram correlação os municípios de: Gaúcha do Norte, Paranatinga, Nova Ubiratã, Feliz Natal, Santa Carmen, União do Sul, Cláudia, Vera e Sinop.

Variáveis significativas no modelo da RL

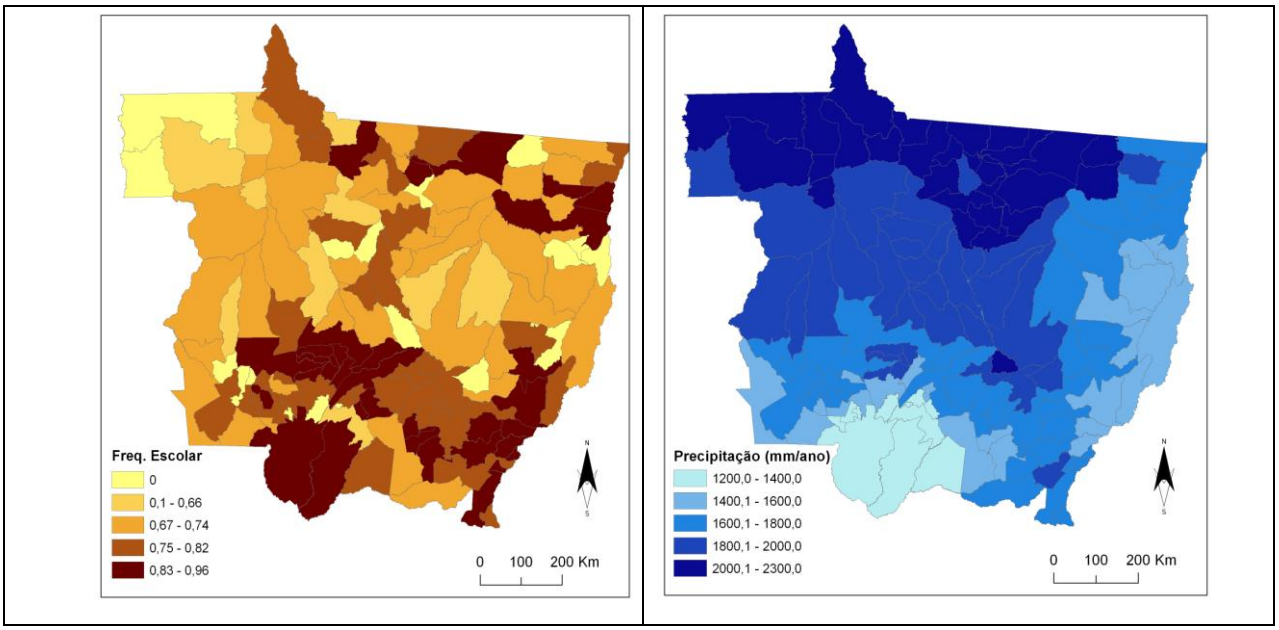

Figura 06 – índices de freqüência escolar e precipitação

A figura (06) mostra os padrões espaciais da taxa de freqüência escolar no estado de MT em 2000. Nota-se que as maiores taxas de freqüência escolar estão concentradas na região sul do estado. Os municípios que apresentaram maior IPA - (figura 02), apresentaram também, baixo índice de freqüência escolar.

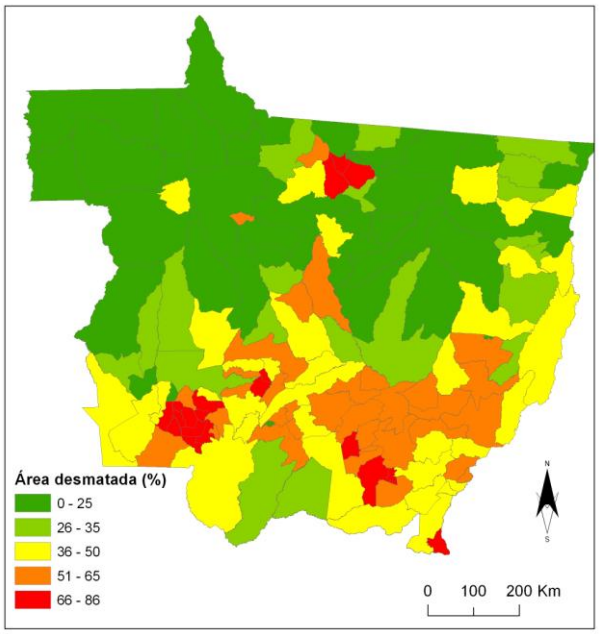

Figura 07 – índices de desmatamento

As regiões que apresentaram maior índice de precipitação pluviométrica estão localizadas na região Norte e Noroeste. Os municípios da parte Sul apresentaram baixo índice. Este resultado de uma influência significativa positiva da precipitação no IPA corresponde com resultados obtidos por Lacaz *et al.* (1972) que salientam que as condições mesológicas têm grande importância na epidemiologia da malária e que a umidade relativa e a pluviosidade têm grande influência na sobrevivência dos plasmódios.

A figura (10) mostra os padrões espaciais da taxa de freqüência escolar no estado de MT em 2000. Nota-se que as maiores taxas de freqüência escolar estão concentradas na região sul do estado. Os municípios que apresentaram maior IPA - (figura 06), apresentaram também, baixo índice de freqüência escolar.

Regressão Logística para análise de risco de ocorrência de casos de malária.

Para desenvolver o modelo de RL foram testadas as variáveis exploratórias: Desmatamento, Altitude, Precipitação Pluviométrica, Índice de Desenvolvimento Humano, Renda Per Capta, Expectativa de Vida ao Nascer, Índice de Alfabetização de adultos, Taxa Bruta de Freqüência Escolar, Índice de Educação e Produto Interno Bruto.

O modelo de RL resultante para a amostra em estudo inclui três variáveis independentes consideradas estatisticamente significativas (tabela 2), refletindo informações relativas às características sócio-ambientais que estão associadas a uma maior ou menor probabilidade de risco de ocorrência de casos de malária, sendo elas:

“Taxa de Freqüência Escolar” (p=0,052) (Figura 6), “Índice de Precipitação pluviométrica” (p=0.002) (Figura 6) e “Taxa de desmatamento” (p=0.002) (Figura 7).

O Índice de Freqüência escolar apresentou-se como constante negativa (Tabela 02), ou seja, tão menor a freqüência escolar, maior a possibilidade de ocorrência de malária. A variável de desmatamento apresentou-se também

negativa, mostrando que quanto menor área desmatada, maior a chance de risco de ocorrência da doença. O índice de precipitação apresentou-se positivo, ou seja, tão maior a Precipitação Pluviométrica, maior a possibilidade de ocorrência de malária.

Tabela - 01 Coeficientes (B) da regressão logística múltipla (*"Backward Conditional"*), utilizados para modelação espacial da probabilidade (logit) de ocorrência de casos de malária.

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
Desmatamento**	-,057	,018	9,676	1	0,002	0,945
Precipitação**	,003	,001	9,306	1	0,002	1,003
Freq. Escolar*	-5,495	2,832	3,764	1	0,052	0,004

* variável significativa

* variável significativa

** variável altamente significativa

B = estimativas dos parâmetros das equações; SE = erro padrão; Wald = Estatística de Wald; df = graus de liberdade; Sig = significância da estatística de Wald;

Exp(B): ODDS

O cálculo da regressão logística múltipla resulta em uma classificação correta do conjunto de dados de 82,4%. (Tabela 02), indicando um desempenho satisfatório do modelo. Observa-se porém acertos relativamente baixos na previsão dos casos positivos (64,9%).

Tabela 02 - Matriz de confusão da regressão logística múltipla (*"Backward Conditional"*), utilizados para modelação espacial da probabilidade (logit) de ocorrência de caso de malária.

	Modelado		Percentual acerto
Observado	**0**	**1**	
0	79	9	89,8
1	13	24	64,9
Exatidão geral			82,4

A partir dos coeficientes (B) das variáveis significativas, apresentadas na (Tabela 01) foi possível o cruzamento dos planos de informação das respectivas variáveis e a geração do mapa de risco de ocorrência de caso de malária. (Figura 06).

Mapa de Risco de ocorrência de casos de malária.

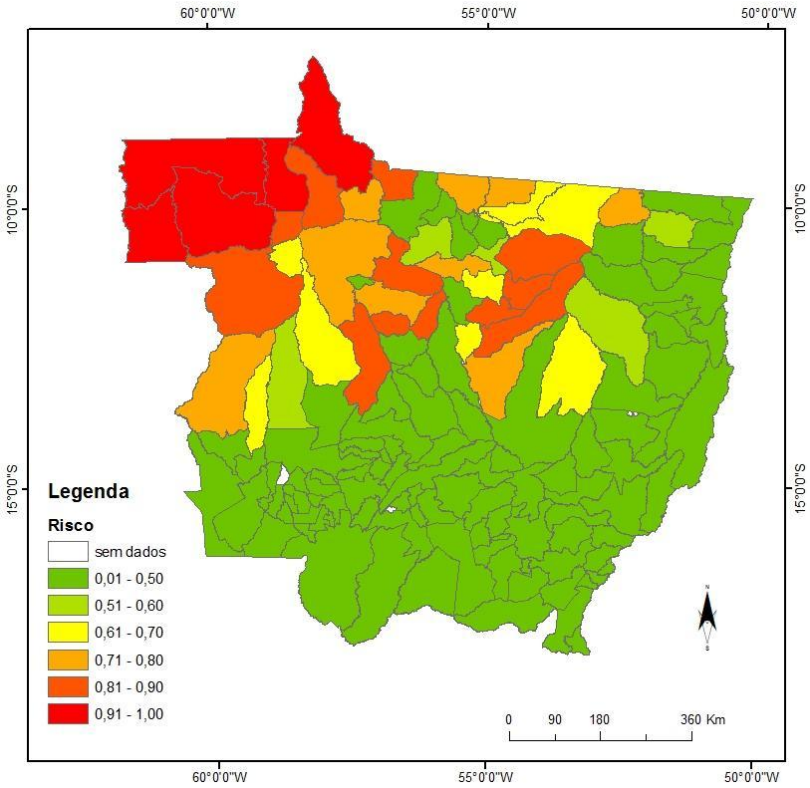

Figura 08 – Risco de ocorrência de malária

Ao analisar a figura (08), nota-se que as regiões que apresentaram maior risco foram, a microrregião de Aripuanã, no extremo noroeste de mato-grosso; a microrregião de Sinop e a microrregião de Arinos; todas localizadas na mesorregião do Norte mato-grossense.

Os municípios que apresentaram risco acima de 0,8 foram: Colniza, Aripuanã, Rondolândia, Cotriguaçu, Apiacás: Juína, Juruena, Nova.Bandeirantes, Paranaíta, Feliz natal, Cláudia, União do sul, Marcelândia, Tabaporã, Ipiranga do norte, Tapurah e Nova Maringá,

Nota-se que os municípios que apresentam alto risco apresentam baixo índice de freqüência escolar, (figura 06); os maiores índices de freqüência escolar estão apresentados nas regiões sul e sudeste, onde o risco de ocorrência da doença e baixo. A região de alto risco apresenta também um elevado índice de precipitação pluviométrica, (figura 06). No que tange ao índice de desmatamento, a região de risco apresentou baixos índices se comparados a outras regiões do estado, (figura 07).

Discussão

Este trabalho procurou realizar uma análise espacial da ocorrência de malária em todos os municípios do Estado de Mato Grosso, no ano de 2001.

A abordagem espacial incluiu a integração de dados demográficos, socioeconômicos e ambientais, promovendo o interrelacionamento das informações de diversos bancos de dados. Foram elaborados mapas temáticos qualitativos e quantitativos dos casos de malária e de aspectos socioambientais relacionados a possível ocorrência da doença.

As variáveis exploratórias que apresentaram significância no modelo de regressão logística com relação à possibilidade de risco de incidência de malária foram: taxa de desmatamento, taxa de freqüência escolar e índice de precipitação pluviométrica.

Os municípios que apresentaram maior possibilidade de risco de ocorrência da doença foram: Colniza, Rondolândia, Aripuanã, Cotriguaçu e Apiacás. Apresentaram também elevado risco: Juína, Juruena, Nova Bandeirantes, Paranaíta, Feliz Natal, Cláudia, União do Sul, Marcelãndia,

Tabaporã, Ipiranga do Norte, Tapurah e Nova Maringá. Percebeu-se que as regiões de alto risco são caracterizadas por alta precipitação pluviométrica, baixo índice escolar e baixo índice de desmatamento.

A partir da análise exploratória e calculo do índice Moran de autocorrelação local pode-se notar também que a malária, no estado de Mato Grosso no referido ano, tem sua distribuição predominantemente focal. Apresenta duas regiões com alto IPA – ambas localizadas na mesorregião homogênea do Norte mato-grossense, que possuem autocorrelação espacial altamente significativa. Os municípios localizados nas regiões homogêneas do Sul, Sudoeste, Centro-sul e Nordeste mato-grossense, apresentaram baixo risco de ocorrência de casos de malária. Este estudo demonstrou que a combinação de informações de saúde com as técnicas de análise espacial, uma vez mais, contribui para o entendimento da epidemiologia da malária em Mato Grosso, sobretudo contextualizando geograficamente os eventos com seus determinantes sócio-ambientais. Espera-se que no futuro se possa planejar e programar atividades de prevenção e controle de doenças em grupos homogêneos segundo determinado risco, monitorar e avaliar intervenções direcionadas.

BIBLIOGRAFIA

ATANAKA-SANTOS, M. *et al.* **Comportamento epidemiológico da malária no Estado de Mato Grosso, 1980-2003***.* Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical 39(2):187-192, mar-abr, 2006.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Programa Nacional de Controle da Malaria - PNCM**. 2 ed. Brasília; 2003. Disponível em:<http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/pncm.pdf>visitado em: 27/04/2010.

CARVALHO, M. S. *et al.* **Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicados a saúde.** Organização panamericana da saúde, 2000.

FERREIRA, S. R; & LUZ, E. **Malaria no Estado do Parana-Aspectos históricos e prognose**. Curitiba, 129-156

HOSMER D.W. & LEMESHOW S**., Applied logistic regression, Wiley Interscience,** New York, 307 pp, 1989.

. 2003.

LACAZ, C. S. *et al.* **Introdução à Geografia médica do Brasil**. São Paulo; Ed. Edgard Blucher Ltda, 1972.

LADISLAU, J, L, B. *et al*, **Avaliação do Plano de Intensificação das Ações de Controle da Malária na região da Amazônia Legal, Brasil, no contexto da descentralização.** Epidemiologia e Serviços de Saúde - 2006; 15(2):9-20.

MINISTERIO DA SAUDE. **Sistemas de Informações geográficas e analise espacial na saúde publica**. *Textos Básicos de Saúde* Brasília: VOL. 3, 2007.

MINISTERIO DA SAUDE**. *A malaria no Brasil*.** Jarbas Barbosa da Silva Júnior. Boletim malaria N. 1 2005. http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/be_malaria_01_2005.pdf

SEPLAN, Secretaria Estadual de Planejamento. Disponível em:<www.seplan.mt.gov.br > acesso em 28 abril de 2010.