

Modelação espacial dos habitats de *Lutzomyia whitmani* em Mato Grosso por Técnicas de Geoprocessamento.

Olga Patricia Kummer ¹
Peter Zeilhofer ¹
Emerson Soares dos Santos ¹
Ana Lúcia Maria Ribeiro ²
Nanci Akemi Missawa ³

¹ Departamento de Geografia - Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT
Av. Fernando Corrêa da Costa s/n 78060-900 – Cuiabá –MT Brasil
olgakummer@yahoo.com.br, zeilhoferpeter@gmail.com, emer.santos@uol.com.br

² Faculdade de Ciências Médicas – Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT
Av. Fernando Corrêa da Costa s/n 78060-900 – Cuiabá –MT Brasil
anadarlingi@yahoo.com.br

³ Secretaria de Estado de Saúde de Mato Grosso – SES/MT
Centro Político Administrativo, Palácio Paiaguas, Bloco 05 CEP: 78050-970 Cuiabá-MT
nanci@cpqrr.fiocruz.br

Abstract. *Lutzomyia (N) whitmani s.l.* is the main vector of cutaneous leishmaniasis in Mato Grosso state (Brazil), but little is known about environmental determinants of its spatial distribution on a regional scale. Entomologic surveys of this sand fly species, conducted between 1996 and 2001 in 41 state municipalities, were used to investigate the relationships between environmental factors and presence of the species, and to develop a spatial model of habitat suitability. The relationship between averaged CDC light trap indexes and 15 environmental and socio-economic factors were tested by logistic regression (LR) analysis. Spatial layers of deforestation tax and the Brazilian Index of Gross Net Production (IGNP), identified as significant explanatory variables for vector presence in the LR model, were then overlaid for habitat mapping. Highest habitat suitability in 2001 was obtained for the heavily deforested areas in the central north, south east and south west of the state, particularly in municipalities with lower IGNP values.

Palavras-chave: habitat, GIS, phlebotomus, habitat, SIG, flebotomíneos.

1. Introdução

Na região Centro-Oeste do Brasil, da qual o Estado de Mato Grosso faz parte, a doença Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA) tem sido constantemente relatada desde o ano 2000 em mais de 90% dos municípios de Mato Grosso. Em 2005, a doença foi relatada em todo o Estado, com a maior parte dos casos identificados na porção centro-norte, uma região de intensa atividade agrícola (Sinop: 239 casos, Sorriso: 150 casos), bem como os distritos do norte-ocidental, onde desmatamento foi intensificado recentemente (Colniza: 148 casos, Juina 140 casos). O principal vetor da LTA no Estado de Mato Grosso é a espécie *Lutzomyia whitmani*, mosquito do gênero Flebotomíneos (MINISTÉRIO DA SAÚDE 2000).

Nos estudos das enfermidades que afligem os seres humanos, é cada vez mais comum abordagem ambiental oferecida pela epidemiologia paisagística, que é definida na teoria, pela utilização da paisagem para identificar a distribuição temporal e espacial de doenças (Aparício 2001). Além dos aspectos ambientais os aspectos socioeconômicos devem ser considerados na ocorrência de doenças. A saúde é resultado das condições de alimentação, habitação, educação, renda, meio ambiente, trabalho, transporte, emprego e lazer. É assim antes de tudo, o resultado das formas de organização social da produção, as quais podem gerar grandes desigualdades nas condições de vida (Najar 1986).

Na investigação de fatores que determinam a aptidão de determinadas áreas como *habitats* de vetores de doenças, é necessária a realização de pesquisas entomológicas, que consistem em reconhecer as espécies predominantes e os locais prováveis de transmissão. Através destes levantamentos pode-se realizar o mapeamento de *habitats*, e assim, tem-se a possibilidade de tomar medidas preventivas e de controle de doenças (Carvalho 1997). Desta maneira, é clara a necessidade de se buscar métodos que consigam demonstrar, de modo eficiente, os principais fatores sócio-ambientais que influenciam a distribuição espaço-temporal dos vetores de doenças. Nesse sentido, o geoprocessamento se apresenta como uma ferramenta importante. A aplicação das técnicas de geoprocessamento (Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica) pode auxiliar em pesquisas da saúde pública, planejamento, monitoramento e avaliação de programas, permitindo a geração eficiente de informações especializadas, cuja aquisição por métodos tradicionais demandaria elevados recursos (Scholten e Lepper 1991).

No presente trabalho, busca-se uma metodologia que permita, de forma eficaz, estudar os principais fatores sócio-ambientais relacionados a proliferação do *Lu. whitmani*, vetor da Leishmaniose Tegumentar Americana no estado de MT, utilizando para isso técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto.

2. Área de Estudo

A área de estudo é o Estado de Mato Grosso localizado nas coordenadas 49° 57' e 61° 36' longitude oeste e 7° 20' e 18° 02' latitude sul, na região Centro-Oeste do Brasil (Figura 1). O Estado possui uma área de cerca de 903.386 km² e uma população de 2.854.642 (IBGE 2007 [estimativa]). A divisão política constitui-se de 141 municípios SEPLAN-MT (2006). O clima predominante na porção norte do estado é o equatorial caracterizado por períodos de um a três meses de seca. Já a porção sul do estado está sob a influência do clima tropical, marcado pelo período de três a cinco meses de seca (Miranda & Amorim 2000). No estado ocorrem três biomas: Amazônia, Cerrado e Pantanal. O desmatamento e as queimadas, realizados para incorporação de novas áreas ao processo produtivo de madeira, carne e grãos, constituem as principais ameaças ao meio ambiente mato-grossense, ocorrendo principalmente na região norte do estado. A abertura de novas áreas expõe o homem ao contato com vetores de doenças, pois, em muitos casos as doenças transmitidas por vetores estão relacionadas à presença de florestas. A destruição desses ambientes pode levar a destruição desses patógenos e vetores ou sua adaptação a novos ambientes como, por exemplo, às áreas urbanas (domiciliação).

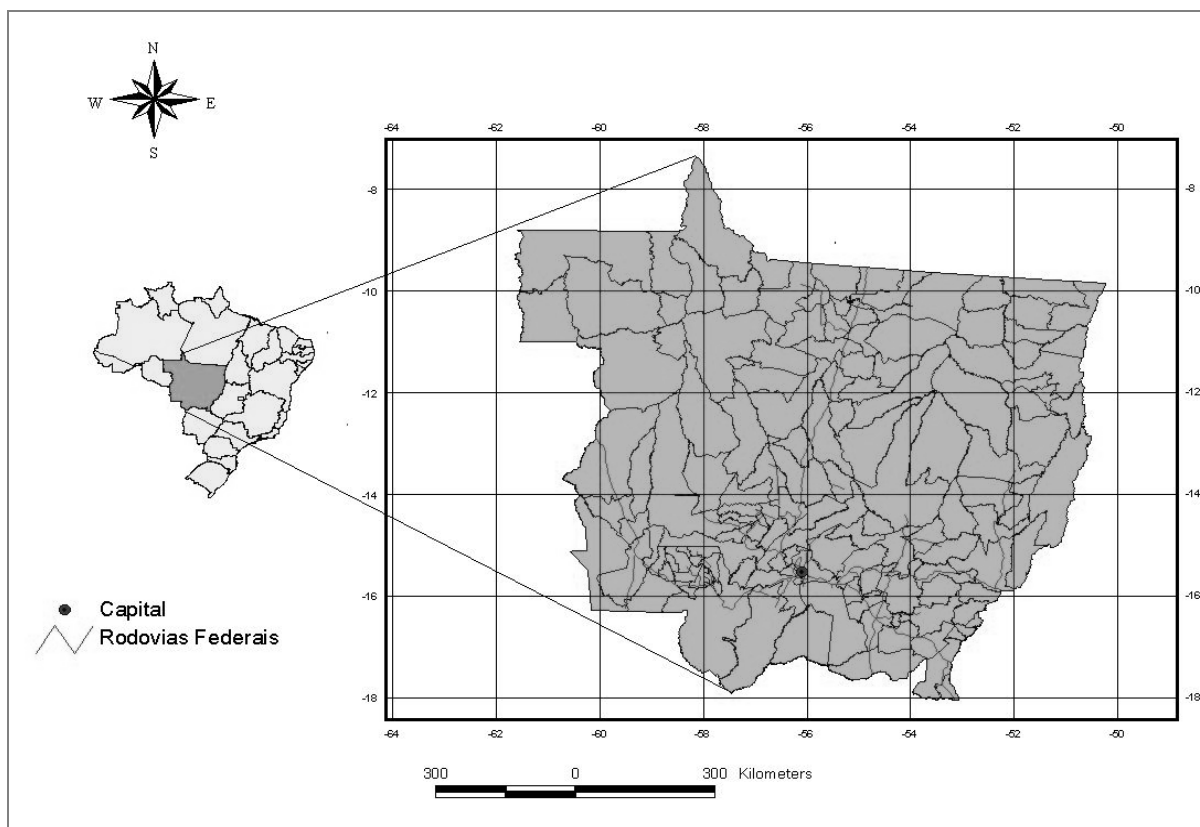


Figura 1. Localização do Estado de Mato Grosso.

3. Metodologia

A princípio, pôde-se contar com dados de ocorrência de Flebotomíneos (Índice Armadilha) de 40 municípios do Estado de Mato Grosso, disponibilizados pela Fundação Nacional de Saúde-FUNASA e Secretaria de Estado de Saúde Pública-SES, que foram obtidos à partir de campanhas realizadas entre os anos de 1996 a 2001. Foram realizadas capturas intra, peri e extra domiciliar com armadilhas luminosas CDC (Center on Disease Control) em 41 dos 139 municípios (ano de 2000) do Estado de Mato Grosso.

Conjuntos de dados sócio-econômicos foram agregados para cada município, foram determinadas para o ano ou média calculada para o período de amostragem entomológica no respectivo município. Os dados incluídos foram: Taxa de Alfabetização dos adultos (Alph), Renda (Inco), Esperança de vida ao nascer (Vida), Taxa de matrícula escolar primária líquida de adultos (Npse) e índices derivados, como o Índice de alfabetização (IALP), Índice de educação (IEDU), Índice de Desenvolvimento Humano (IHDE) e o Índice de produto nacional bruto (PIB). Todos eles estão disponíveis na página do IBGE.

O processamento dos dados espaciais, incluindo: o registro dos planos de informação, classificação de imagens de satélite, processamento do Modelo Numérico do Terreno (MNT), a busca e agregação espacial de dados sócio-econômicos, sobreposição de mapas e modelação espacial, foram realizadas utilizando-se os sistemas SPRING (INPE) e ArcGIS 9.2 (ESRI). Foi utilizado um total de 15 planos de informação (Tabela 1) para testar o seu potencial preditivo para mapeamento da aptidão para *habitats* de *L. whitmani*. Todas as camadas foram geo-referenciadas a partir da base cartográfica 1:1.000.000, disponível digitalmente a partir da página do IBGE (<http://www.ibge.gov.br>), em um projeto com os seguintes parâmetros: Nome: MT Projeção: Policônica, Datum SAD/69, Retângulo envolvente: longitude oeste 62° 36' 51.00" e 49° 56' 49.00" latitude sul 18° 24' 12.00" e 7° 4' 27.00". Todos os atributos foram espacialmente agregados aos limites dos municípios.

O desmatamento, o tipo de cobertura vegetal e uso do solo foram consideradas por afetar a distribuição de vetores e o perfil epidemiológico da LTA (Rangel 1995, Campbell-Lendrum et al 2001, WHO 1990).

Tabela 1. Conjunto de dados testados nos modelos de regressão logística para mapeamento de aptidão *habitat* de *L. whitmanitodos* os conjuntos de dados são espacialmente agregadas por Município.

Dados	Descrição	Origem	Escala
Uso	Uso da Terra	Classificação de uma imagem MODIS do dia 05/03/2001 (modis.gsfc.nasa.gov)	4 classes
Desm ¹	Áreas desmatada durante o período da coleta de dados	SEMA ² desmatamento obtido pela interpretação visual de imagens Landsat ETM	real
NDVI	Normalized difference vegetation index	Imagem MODIS, composição de 16 dias de Março 2001 (modis.gsfc.nasa.gov)	real
Biom	Percentual de biomas por município	IBGE (2004)	real
Elev	Altitude Média	Modelo Digital de Terreno da missão SRTM (srtm.usgs.gov)	real
Prec	Precipitação média anual	Interpolada a partir de isoietas do zoneamento de MT (SEPLAN 2005)	real
Temp	Temperatura média anual	Interpolada a partir de isoietas do zoneamento de MT (SEPLAN 2005)	real
Alph ¹	Taxa de alfabetização de adultos	PNUD (1996 a 2001)	real
Inco ¹	Renda Per capita	PNUD (1996 a 2001)	real
Life ¹	Expec. de vida ao nascer	PNUD (1996 a 2001)	real
Npse ¹	Net primary school enrollment rate of adults	PNUD (1996 a 2001)	real
Ialp ¹	Índice de Alfabetização	PNUD (1996 a 2001)	real
Iedu ¹	Índice de educação	PNUD (1996 a 2001)	real
Ihde ¹	Índice de desen. humano	PNUD (1996 a 2001)	real
Ignp ¹	Produto Interno Bruto	PNUD (1996 a 2001)	real

¹Conjunto de dados agregado por municípios amostrados no período da coleta entomológicas.

²Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso.

Um plano de informação com quatro classes: Floresta, Cerrado, Uso Agrícola e água, foi elaborado a partir da classificação supervisionada de máxima verossimilhança de uma imagem NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) do sensor MODIS composta (16 dias de meados de março de 2001), com resolução espacial de 250 m. O NDVI original, amplamente conhecido como um indicador de densidade de vegetação verde, foi ainda testado para o seu poder preditivo (Cardenas et al 2006).

Também tem sido relatado a dependência da fauna flebotomínea em relação a altitude. (Margonari et al 2006, Ferreira et al 2001). A partir de um Modelo Digital de Elevação (DEM) da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 90 m, obtido do *United States Geological Survey* (USGS), foi calculada a média de altitude dos municípios.

A interpolação espacial das precipitações e temperaturas anuais médias compreendeu duas etapas: A princípio foi realizada a aquisição das amostras (digitalização) através da importação de um arquivo matricial, disponível a partir do zoneamento sócio-econômico

ecológico do Estado, representando as isoietas na escala de 1:1.500.000. Posteriormente este mapa de isolinhas (amostras) foi vetorizado, com atribuição dos valores da precipitação média anual (1983-2004) na tabela de atributos. A segunda etapa consistiu na interpolação propriamente dita. O interpolador utilizado para criação da malha regular foi o da “*Média ponderada por quadrante e por cota*” que considera, além da ponderação e dos quadrantes, o valor de cota de cada amostra a ser usada na estimativa do ponto da grade.

Criou-se uma tabela sintética contendo os dados dependentes e explanatórios, ordenados por município amostrado nas coletas entomológicas. Foram incluídos na tabela como variáveis independentes os dados socioeconômicos e ambientais. Acrescentou-se nesta tabela também os índices armadilha – IA médios, que corresponde ao número de mosquitos capturados dividido pelo número de armadilhas (variável dependente). Para cálculo da RL, os valores dos índices índice armadilha – IA foram recodificados para o sistema binário atribuindo valores de corte (*cut values*) para IA maiores que 0,5, 1, 2, 5 e 10.

Os modelos de mapeamento de aptidão *habitat* de *L. whitmani* foram desenvolvidos por análise de regressão logística múltipla, utilizando o procedimento "backward condicional" (Hosmer & Lemeshow 1989). Para reduzir o número de conjuntos de dados explicativos para a construção do modelo espacial, dois procedimentos foram adotados. Primeiro, a correlação e análise de regressão foram aplicados para avaliar a co-linearidade entre as variáveis exploratórias (Elmstahl & Gullberg 1997). Em seguida, cada variável foi submetida a uma análise univariada de LR. Se o nível de significância (p) encontrada fosse menor do que 0,10, então a variável foi considerada para uma análise posterior. Se co-linearidade fosse observada entre as duas variáveis (Correlação de Spearman > 0,8), somente a variável com o maior nível de significância foi considerada na análise multivariada LR. Modelo de montagem foi repetido para valores de corte de IAs médios de 0,5, 1, 2, 3, 5 e 10 para avaliar a sensibilidade e a especificidade do modelo. O cálculo dos modelos de regressão e sua validação foram efetuados por meio do software SPSS 10 (SPSS Inc.).

Após realizadas as regressões e obtidos os coeficientes das variáveis significativas foi executado o modelo cruzamento dos mapas.

4. Resultados e Discussão

L. whitmani é comum em todo Estado do Mato Grosso, dos 41 municípios amostrados em 33 foram capturados mosquitos desta espécie. A maior média foi de 20,0 IA para o Município de Cláudia, localizada no centro-norte de Mato Grosso, seguido de Rosário Oeste (17,2) na região centro-sul do Estado, confirmando a sua tolerância a diferentes tipos de vegetação e condições climáticas (Costa et al 2007). A agregação espaço-temporal processo de simulação espacial de, isto é, a comparação dos resultados de um inquérito entomológico de seis anos, foi baseada nos resultados que não há significativa diferenças sazonais ou inter-anuais nos valores de IA, que variam muito de acordo com os municípios. Um resultado semelhante foi relatado por Missawa & Dias (2007) para o município de Várzea Grande-MT, onde nenhuma correlação significativa entre as variáveis climáticas (temperatura, umidade e chuva) e densidade flebotômíneos foi observada.

Áreas desmatadas foram identificadas pelo classificador de verossimilhança máxima, com precisão de 95,7% (de produtores de precisão) e 96,7% (dos usuários de precisão), respectivamente. No interior do Pantanal, nos municípios à sudoeste, os resultados da classificação foram corrigidos pela interpretação visual da imagem, pois no período seco as pastagens naturais são facilmente confundidas com a classe desmatamento. A probabilidade de presença do vetor aumenta em municípios com maior desmatamento e com índices mais baixos de PIB. O melhor desempenho foi obtido para modelar um corte de 1, resultando em uma exatidão global da Regressão logística de 77,5%.

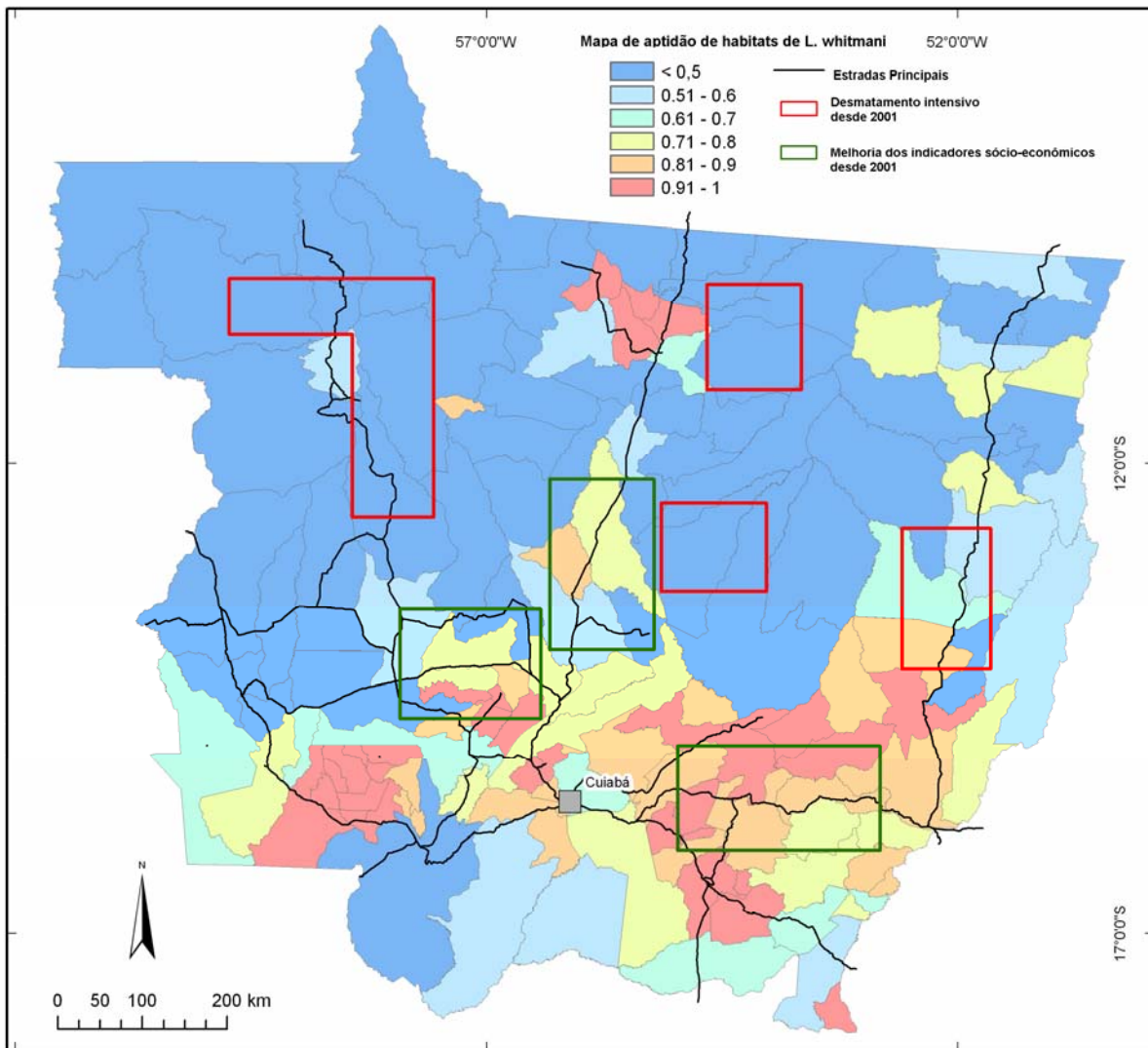


Figura 2. Aptidão de *habitat* de *L. whitmani* em Mato Grosso.

A distribuição espacial de *L. whitmani* está positivamente correlacionada com taxas de desmatamento e negativamente correlacionada com o PIB, um primeiro indicador de desenvolvimento sócio-econômico. Estes achados reforçam declarações que *L. whitmani* é altamente antropofílico na floresta tropical brasileira, floresta de transição e no cerrado (Rodrigues et al 2003, Campbell-Lendrum et al 1999), e que o desmatamento não resulta em uma perda generalizada dos *habitat* de *L. whitmani*. A constatação de que *habitat* favoráveis ocorrem em municípios com menores índices de desenvolvimento econômico confirma que a ocorrência do vetor está relacionada a precárias condições de vida, encontrada tanto em assentamentos rurais de reforma agrária (Rodrigues et al 2003), ou em municípios com intensos fluxos migratórios de pessoas de mais baixos níveis sociais.

É importante ressaltar que a discussão acima sobre a adequação de *habitat* de *L. whitmani* (Figura 2) refere-se a uma simulação da situação em torno do ano 2000. As rápidas transformações sócio-ambientais ocorridas em Mato Grosso desde 2000-2001 provavelmente podem ter mudado a adequação dos *habitat* de *L. whitmani*, transferindo os *habitat* em direção ao norte para as regiões de desmatamento recente, sobretudo no norte do Estado (retângulos vermelhos na Figura 2). Por outro lado, a aptidão provavelmente diminuiu em municípios que consolidaram os sistemas de produção agro-industrial, apresentando crescimento substancial do PIB ao longo dos últimos cinco anos (retângulos verdes). Nesse sentido, a análise de regressão logística aplicada deve ser vista não apenas como uma previsão

espacial em um momento particular, mas de forma mais geral como um procedimento para melhorar o conhecimento sobre as relações causais entre a presença do vetor e fatores sócio-ambientais.

6. Conclusões

O presente estudo sobre a modelagem de *habitat L. whitmani* em Mato Grosso é baseado em um levantamento exaustivo de flebotomíneos no Estado de Mato Grosso (Ribeiro et al 2007), mostrando a presença do vetor mais amplamente distribuído do que anteriormente relatado. Assim, os maiores índices armadilha foram encontrados em regiões de intensa urbanização e áreas em curso de intensa expansão agrícolas o que demonstra a domiciliação do vetor. Padrões de distribuição geográfica do vetor estão ligados a taxas de desmatamento e dos Índices de Produto Interno Bruto dos municípios. As comparações com esforços anteriores de modelagem, mostram que há muita demanda para posterior acompanhamento e desenvolvimento de mapeamento espacialmente refinado do *habitat* do vetor *L. whitmani*. A relação entre a presença vetor e indicadores sócio-ambientais, pode ser explicada através da regressão, em seguida, estudos que permitam a elaboração de mapas preditivos. A análise deve ser repetida baseados em pesquisas entomológicas e atualização das camadas de dados espaciais para representar a aptidão real do *habitat*.

Referências Bibliográficas

- Aparício, C. 2001. **Utilização do geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Orbital para análise espacial de paisagem com incidência de Lishmaniose Tegumentar Americana.** – São Paulo: USP, 2001. Dissertação (Mestrado)– Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia, 2001.
- Campbell-Lendrum, D. H.; Dujardin, J. P.; Martinez, E.; Feliciangeli, M. D., Perez, J. E.; Silans, L. N.; Desjeux, P. Domestic and peridomestic transmission of American cutaneous leishmaniasis: changing epidemiological patterns present new control opportunities. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, v. 96, p. 159–162, 2001.
- Campbell-Lendrum, D. H.; Pinto, M. C.; Brandão-Filho, S. P.; De Souza, A. A.; Ready, P.D.; Davies, C. R. Experimental comparison of anthropophily between geographically dispersed populations of *Lutzomyia whitmani* (Diptera: Psychodidae). **Medical and Veterinary Entomology**, v. 13, p. 299–309, 1999.
- Cardenas R.; Sandoval, C.M.; Rodríguez-Morales, A. J.; Franco-Paredes, C. Impact of climate variability in the occurrence of leishmaniasis in northeastern Colombia. **Am J Trop Med Hyg**, v. 75, p. 273-277, 2006.
- Carvalho, M. S. **Aplicação de métodos de análise espacial na Caracterização de áreas de risco a saúde.** Rio de Janeiro UFRJ 1997. (Tese de Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, 1997.
- Costa, S. M.; Cechinel, M.; Bandeira, V.; Zannuncio, J. C.; Lainson, R.; Rangel, E. F. *Lutzomyia* (*Nyssomyia*) *whitmani* s.l. (Antunes & Coutinho, 1939)(Diptera: Psychodidae: Phlebotominae):geographical distribution and the epidemiology of American cutaneous leishmaniasis in Brazil Mini-review. **Mem. Inst. Oswaldo Cruz**, v. 102, p. 149-153, 2007.
- Elmstahl S.; Gullberg, B. Bias in diet assessment methods--consequences of collinearity and measurement errors on power and observed relative risks. **International Journal of Epidemiology**, v.26: p. 1071-1079, 1997.
- Ferreira, A.L.; Sessa, P. A.; Varejão, J. B. M.; Falqueto, A. Distribution of sand flies (Diptera: Psychodidae) at different altitudes in an endemic region of American cutaneous leishmaniasis in the state of Espírito Santo, Brazil. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, v. 96: 1061-1067, 2001.
- Hosmer DW, Lemeshow S. 1989. **Applied Logistic Regression**, Wiley, 373 pp.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bases Cartográficas.** Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/>. Acesso em 30 de set. 2006.

Margonari, C.; Freitas, C.R.; Ribeiro, R. C., Moura, A. C. M.; Timbó, M.; Gripp, A. H.; Pessanha, J. E.; Dias, E. S. Epidemiology of visceral leishmaniasis through spatial analysis, in Belo Horizonte municipality, state of Minas Gerais, Brazil. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, v. 101, p. 31-38, 2006..

Ministério Da Saúde. **Controle, Diagnóstico e Tratamento de Leishmaniose Visceral (calazar)**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 1994. p 103.

Miranda, L.; Amorim, L. **Mato Grosso: Atlas Geográfico**. Cuiabá: Entrelinhas, 2000.

Missawa N.A.; Dias, E.S. Phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in the municipality of Várzea Grande: an area of transmission of visceral leishmaniasis in the state of Mato Grosso, Brazil. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, v. 102, p. 913-918, 2007.

Najar, A.L.; Melamed, C.; Fiszon, J.T. . A saúde em estado de choque. In: Maria Cecília de Souza Minayo. (Org.). **O Plano Nacional de Saneamento: as desigualdades encobertas**. 1 ed. RIO DE JANEIRO: Editora Espaço e Tempo Ltda, 1986, p. 59-72.

Rangel E.F. 1995. **Epidemiology of American cutaneous leishmaniasis in Brazil**, pp. 103-110. Tropical Diseases, Society and the Environment. SAREC Documentation/ TDR, Stockholm, Sweden.

Ribeiro A. L. M; Missawa N.; Zeilhofer, P. Distribution of phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae) of medical importance in Mato Grosso State, Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 49, p. 317-321, 2007.

Rodrigues, H.; Missawa. N. A.; Costa, L. B.; Lima, G. B. M; Ramos, S.R.; Moraes Filho, V. C., Souza, C. O.; Ribeiro, A. L. M.; Silva, A. M.; Barros, I. M. A interferência Humana como fator de agravamento ambiental e a domiciliação dos vetores da Leishmaniose Tegumentar Americana no Estado de Mato Grosso, no período de 2001 e 2002. **Revista da Abrasco**, v. 8, p. 414, 2003.

Scholten, H.J.; Lepper, M.J.C. **The benefits of the application of geographical information systems in public and environmental and health, world health statistical**. Quarterly Report, 44:160-170, 1991.

SEPLAN, Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Disponível em: <www.seplan.mt.gov.br> acesso em 20 mar 2008.

WHO, 1990. **Control of the leishmaniasis: report of a WHO expert committee**. WHO Tech. Rep. Ser. 793, 1-158.