UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

MAURÍCIO EDUARDO SALGADO RANGEL

Dinâmica espacial e contingências socioambientais da hanseníase no estado do Maranhão: avaliação de riscos e vulnerabilidades em áreas hiperendêmicas

São Paulo
2016

MAURÍCIO EDUARDO SALGADO RANGEL

Dinâmica espacial e contingências socioambientais da hanseníase no estado do Maranhão: avaliação de riscos e vulnerabilidades em áreas hiperendêmicas

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação

em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de concentração: Geografia Física

Orientadora: Prof[a]. Dr[a]. Ligia Vizeu Barrozo

De acordo

Profa. Dra. Ligia Vizeu Barrozo
Departamento de Geografia
FFLCH / USP
Nº Func. 1102750

São Paulo

2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

R196d

Rangel, Maurício Eduardo Salgado
Dinâmica espacial e contingências socioambientais da hanseníase no estado do Maranhão: avaliação de riscos e vulnerabilidades em áreas hiperendêmicas / Maurício Eduardo Salgado Rangel ; orientador Ligia Vizeu Barrozo. - São Paulo, 2016.
141 f.

Tese (Doutorado)- Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. Hanseníase (Doença Infecciosa; Fatores Socioeconômicos e Ambientais) - Maranhão. 2. Geografia da Saúde. 3. Estatística de Varredura Espacial (Risco Relativo). 4. Bayesiano Empírico Local. 5. Regressão Múltipla Espacial. I. Barrozo, Ligia Vizeu, orient. II. Título.

RANGEL, M. E. S. **Dinâmica espacial e contingências socioambientais da hanseníase no estado do Maranhão:** avaliação de riscos e vulnerabilidades em áreas hiperendêmicas. Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Aprovado em: _____/_____/_____

Banca Examinadora

Prof[a]. Dr[a]. Ligia Vizeu Barrozo — Instituição: FFLCH/USP

Julgamento:_____ Assinatura:_____

Prof[a]. Dr[a]. Helen da Costa Gurgel — Instituição: UnB

Julgamento:_____ Assinatura:_____

Prof. Dr. Reinaldo Paul Pérez Machado — Instituição: FFLCH/USP

Julgamento:_____ Assinatura:_____

Prof. Dr. Emerson Galvani — Instituição: FFLCH/USP

Julgamento:_____ Assinatura:_____

Prof. Dr. Luiz Alberto Amador Pereira — Instituição: UCS

Julgamento:_____ Assinatura:_____

DEDICATÓRIA

À minha esposa, Raquel da Costa Pereira Rangel
Aos meus filhos, Gabriella Pereira Rangel
Eduardo Pereira Rangel
e Maria Helena Pereira Rangel

À minha mãe, Rosemar Salgado Rangel

In memorian
Ao meu pai, Valdemar Malachias Rangel

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo à Deus, fonte divina de poder e inspiração.

À minha Família, em especial à minha esposa Raquel da Costa Pereira Rangel e aos meus filhos Gabriella Pereira Rangel, Eduardo Pereira Rangel e Maria Helena Pereira Rangel, pelo amor, afeto, carinho, dedicação e paciência, os quais sempre estiveram presentes em nossos momentos e por compreenderem a minha ausência em razão da conclusão do doutorado, dos quais sempre ouvi dizerem que: "*tudo dará certo*".

À minha mãe, Rosemar Salgado Rangel, e ao meu pai Valdemar Malachias Rangel (*in memorian*), pelo esforço, amor e dedicação, que sempre puderam proporcionar.

Aos meus sogros, Antônio Pinto Pereira e Mirnacléa da Costa Pereira, pelo apoio e incentivo, constantes, durante todos esses anos.

Aos meus irmãos, Mauro Rangel e Valdo Rangel, às cunhadas Lucy Rangel e Kátia Rangel (cunha) e aos sobrinhos Caio Salgado, Luana Salgado, Marta Rangel e David Rangel, que sempre estiveram presentes e que por repetidas vezes buscaram expressar palavras de incentivo.

À Professora Dra. Ligia Vizeu Barrozo, pela segura orientação, conhecimentos transmitidos, atenção, paciência e apoio. Enfim, por confiar no meu trabalho no decorrer do doutoramento. Meu muito obrigado pela amizade.

Ao Professor Dr. Francisco Chiaravalotti Neto e ao Dr. Oswaldo Santos Baquero, pela atenção, colaboração e contribuições estatísticas sobre os modelos ora abordados, os quais foram fundamentais e decisivos para a finalização da tese.

Ao Professor Ailton Luchiari pelas valiosas contribuições e sugestões na apresentação da qualificação desta tese.

Aos Membros da banca examinadora pela disponibilidade e contribuição na análise desta pesquisa, em especial aos Doutores Helen da Costa Gurgel, Luiz Alberto Amador Pereira, Emerson Galvani e Reinaldo Paul Pérez Machado.

À Universidade de São Paulo (USP), pela oportunidade de realização do curso de doutorado e pelo convívio com professores e ensino de qualidade. Ao Programa de Pós-graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas.

Ao corpo docente. Aos funcionários da Secretaria de Coordenação da Pós em Geografia Física, em especial à Maria Aparecida (Cida) e ao Fermino, pela atenção e carinho que têm para com os discentes.

À Universidade Federal do Maranhão (UFMA), ao Departamento de Geociências (DEGEO), pelas possibilidades e oportunidades dadas para a realização do Curso de Doutorado fora do estado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão (FAPEMA), pelo financiamento desta pesquisa e apoio financeiro na concessão de bolsa de estudo de doutorado no país.

À amizade construída em São Paulo, em especial à Priscilla Ikefuti e Gabriel Ravazi, pelo carinho e atenção que sempre tiveram.

Aos amigos do Grupo de Pesquisa em Geografia Médica e da Saúde/USP, Juliana Canduzini, Kênia Rezende, Marina Miranda e William Cabral, pela amizade e troca de conhecimentos durante o Doutorado.

Aos amigos do Departamento de Geociências (DEGEO), da UFMA, Antônio José de Araújo Ferreira e Ulisses Denache Vieira Souza pelas contribuições bibliográficas sobre a área de estudo. Em especial à Alexandre Vítor de Lima Fonseca, Juarez Soares Diniz, Juarez Mota Pinheiro, João Batista Pacheco e Ronaldo Rodrigues Araújo, pelo apoio e amizade construídos ao longo dos anos.

Ao amigo e irmão Luiz Messias Ribeiro Batista, pelas palavras de apoio e incentivo que sempre nos acompanharam ao longo da nossa amizade.

Ao amigo Paulo Santos Aires, pela disponibilidade na organização do banco de dados e levantamento de informações socioambientais utilizadas como variáveis de análise deste estudo.

Aos alunos bolsistas e ex-bolsistas do Laboratório de Geotecnologias e Análise Espacial/DEGEO/UFMA, Vitor Raffael Oliveira de Carvalho, Suena Santos, Carol Marques e Lenilson Santiago, pela disponibilidade durante as pesquisas de campo.

Enfim, a todas as pessoas que contribuíram, de forma direta ou indireta, e que me fizeram acreditar que quase tudo na vida é muito difícil, mas que nada é impossível quando se tem a certeza de que se pode conseguir.

RESUMO

RANGEL, M. E. S. **Dinâmica espacial e contingências socioambientais da hanseníase no estado do Maranhão:** avaliação de riscos e vulnerabilidades em áreas hiperendêmicas. 2016. 141 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

Introdução: A hanseníase, doença crônica estigmatizante com potencial de causar danos neurológicos, resulta da infecção pelo *Mycobacterium leprae*. Análises epidemiológicas atuais têm utilizado ferramentas clínicas e de análise espacial para o mapeamento dos principais focos de ocorrência de doenças e de áreas de alto risco. Analisar os municípios maranhenses quanto à distribuição dos casos de hanseníase torna-se uma ferramenta a mais na prevenção e controle da Hanseníase no estado por inúmeros fatores: comporta-se como área hiperendêmica de hanseníase; apresenta fluxo migratório intenso com outras cidades de forma interestadual; e tem grandes contrastes sociais marcados por pouca, ou nenhuma, infraestrutura básica em algumas áreas dos vários municípios deste. **Objetivo**s: Analisar a distribuição espaço-temporal da hanseníase para o estado do Maranhão, no período de 2001 a 2013. Identificar a ocorrência de agrupamentos espaços-temporais de provável alta transmissão (risco) e verificar se há associação dessa distribuição de taxas de detecção de risco relativo (RR) da doença com as variáveis do contexto geográfico como socioeconômicas e ambientais. **Metodologia**: A fonte de coleta dos dados clínicos e epidemiológicos foi o Sistema de Informação Nacional de Agravos Notificáveis do Ministério da Saúde e dos dados demográficos, ambientais e bases cartográficas digitais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Foi adotada uma abordagem ecológica sobre tendências dos padrões espaços-temporais de transmissibilidade, com utilização dos métodos: varredura espacial (*scan*), para a identificação dos agregados (*clusters*) de risco, considerando o modelo de distribuição de probabilidade Discreto de *Poisson*; Estimador Bayesiano Empírico para a suavização local de taxas, a partir de informações de municípios vizinhos tendo como estratégia de construção o critério da contiguidade; regressão múltipla espacial considerando uma modelagem com distribuição de *Poisson* no contexto Bayesiano, levando em conta a dependência espacial, com o propósito de avaliar a relação entre a ocorrência da variável dependente com as variáveis demográficas, socioeconômicas e ambientais. **Resultados**: A taxa média de detecção foi de 6,73 casos por 10.000 hab., com 53.826 casos notificados no período. O estudo revelou que a distribuição dos casos de sexo masculino (57,75%) apresentou maior proporção em relação ao feminino (42,25%), havendo predominância da doença na faixa etária >15 anos (89,87%). A alta ocorrência na classificação operacional multibacilar (60,10%) é um forte indicativo decorrente do longo período de incubação da doença somado ao não diagnóstico precoce. A análise da distribuição dos agregados espaciais identificou 14 (7 de risco alto e 7 de risco baixo) e 6 (3 de risco alto e 3 de risco baixo) agrupamentos espaciais, considerando-se 10% e 50% da população em risco, respectivamente, em áreas com taxas de detecção alta e que possuem baixa qualidade de vida. O estimador Bayesiano empírico local possibilitou gerar índices corrigidos e com menores instabilidades. A análise de regressão múltipla espacial mostrou que as variáveis índice Gini, bioma predominante cerrado/caatinga e percentual de população urbana tiveram associação positiva e significativa para explicar o risco relativo (RR) no estado do Maranhão. **Conclusões**: O estudo mostrou que existem aglomerados com elevado risco para transmissão da hanseníase no estado do

Maranhão. A associação entre o risco relativo da hanseníase e o percentual de população urbana indica que a hipótese que associa o *M. leprae* e a população que vive em condições de acentuada desigualdade socioeconômica ainda é forte. Essa hiperendemicidade pode demonstrar que o crescimento da população urbana é um preditor de incidência da hanseníase, face à urbanização descontrolada e ao fluxo de migrantes advindos de diferentes espaços rurais. Foi possível identificar áreas prioritárias para implementação de programas eficazes de controle de hanseníase no estado do Maranhão.

Palavras-Chave: hanseníase, distribuição espacial, estado do Maranhão, risco relativo, varredura espacial, distribuição de Poisson, estimador Bayesiano empírico local, regressão múltipla espacial.

ABSTRACT

RANGEL, M. E. S. **Spatial dynamics and socio and environmental contingencies of leprosy in Maranhão state:** risk assessment and vulnerability in hyperendemic areas. 2016. 141 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

Background: Leprosy, a chronic stigmatizing disease with the potential to cause neurological damage resulting from infection by *Mycobacterium leprae*. Current epidemiological studies have used clinical and spatial analysis for mapping of the main occurrence of disease outbreaks and high-risk areas. Analyze the municipalities of Maranhão state regarding the distribution of leprosy cases becomes another tool in the prevention and control of leprosy in the state by numerous factors like behaves as hyper-endemic area of leprosy; It presents intense migration to other interstate cities; and has great social contrasts marked by little or no basic infrastructure in some areas of several municipalities.. **Objectives**: To analyze the spatiotemporal distribution of leprosy in the Maranhão state, from 2001 to 2013. To identify the spatiotemporal clusters occurrence of probable high transmission (risk) and check for association of this distribution of relative risk (RR) detection rates of the disease with the variables of geographic context as socioeconomic and environmental. **Methodology**: Clinical and epidemiological data was obtained from the Ministry of Health's Disease Reporting System and demographic data, environmental and digital cartographic bases were obtained from the Brazilian Geography and Statistics Institute. An ecological approach to trends transmissibility of spatiotemporal patterns, using the methods: spatial scan to identification the clusters of risk, considering the Discrete Poisson probability distribution model; empirical Bayesian method was applied for local rate flattening, using data from municipalities having as building strategy the criterion of contiguity; ecological regression modeling with considering a Poisson distribution in the Bayesian context, taking into account the spatial dependence, in order to evaluate the relationship between the occurrence of the dependent variable with demographic, socioeconomic and environmental variables. **Results**: The mean detection rate was 6.73 cases per 10,000 inhabitants, with 53,826 reported cases. The study revealed that the distribution of male cases (57.75%) showed a predominance over female (42.25%), with predominance of the disease in the age group upper than 15 years (89.87%). The high occurrence in operational classification multibacillary (60.10%) is a strong indication due to the long incubation period of the disease added to no early diagnosis. The analysis of the distribution of spatial clusters identified 14 (7 high risk and 7 low risk) and 6 (3 high risk and 3 low risk) spatial clusters, considering 10% and 50% of the population at risk in areas with high detection rates and which have low quality of life. Local empirical Bayes estimator allowed to generate fixed and minor instabilities indexes. The best results of modeling to spatial multiple regression analysis for the relative risk (RR) presented for the variables Gini index, cerrado/caatinga biome and percentage of urban population. **Conclusions**: The study showed that there are clusters at high risk for transmission of leprosy in the Maranhao state. The association between the relative risk of leprosy and the percentage of urban population indicates that the hypothesis that associates *M. leprae* and the population living in severe socioeconomic inequality is still strong. This hyperendemicity can demonstrate that the growth of the urban population is a predictor incidence of leprosy due to uncontrolled urbanization and the influx of migrants coming from different rural areas.It was

possible to identify priority areas for implementation of effective leprosy control programs in the Maranhão state.

Keywords: leprosy, spatial distribution, Maranhão state, relative risk, spatial scan statistic, Poisson distribution, local empirical Bayesian method, spatial multiple regression.

LISTA DE FIGURAS

p.

Figura 1 - Complexo Patogênico de Max Sorre 25
Figura 2 - Distribuição mundial da hanseníase 29
Figura 3 - Definição dos 10 agrupamentos brasileiros hiperendêmicos de hanseníase 32
Figura 4 - Localização e situação geográfica do estado do Maranhão 41
Figura 5 - Geologia do estado do Maranhão 44
Figura 6 - Geomorfologia do estado do Maranhão 47
Figura 7 - Classificação climática do estado do Maranhão 49
Figura 8 - Precipitação anual do estado do Maranhão 51
Figura 9 - Tipos de solos do estado do Maranhão 53
Figura 10 - Biomas do estado do Maranhão 55
Figura 11 - Agrupamentos espaciais da hanseníase no estado do Maranhão, a 10% da população sob risco, para casos novos notificados de 2001 a 2010 80
Figura 12 - Agrupamentos espaciais da hanseníase no estado do Maranhão, a 50% da população sob risco, para casos novos notificados de 2001 a 2010 82
Figura 13 - Risco Relativo (RR) da hanseníase no estado do Maranhão, para casos novos notificados de 2001 a 2010 84
Figura 14 - Distribuição espacial das taxas brutas de casos de hanseníase, no estado do Maranhão, para os períodos de 2001 a 2005 87
Figura 15 - Distribuição espacial das taxas brutas de casos de hanseníase, no estado do Maranhão, para os períodos de 2006 a 2010 88
Figura 16 - Distribuição espacial de casos de hanseníase, no estado do Maranhão, suavizadas pelo Estimador Bayesiano Empírico Local, para os períodos de 2001 a 2005 89
Figura 17 - Distribuição espacial de casos de hanseníase, no estado do Maranhão, suavizadas pelo Estimador Bayesiano Empírico Local, para os períodos de 2006 a 2010 90

LISTA DE GRÁFICOS

p.

Gráfico 1 - Coeficientes de detecção de casos de hanseníase, período de 1990 a 2009 31
Gráfico 2 - Coeficiente de detecção de casos de hanseníase por Região do Brasil, período de 1990 a 2009 31
Gráfico 3 - Coeficiente de detecção de casos de hanseníase por Unidade da Federação, Brasil - 2009 33
Gráfico 4 - Coeficiente de detecção de casos novos de hanseníase em menores de 15 anos segundo Unidade Federada de residência. Brasil - 2009 34
Gráfico 5 - Número de casos notificados no estado do Maranhão, para o período de 2001 a 2010 67
Gráfico 6 - Taxa de detecção por 10.000 hab. no estado do Maranhão, para o período de 2001 a 2010 68
Gráfico 7 - Distribuição por sexo dos casos de hanseníase no estado do Maranhão, período de 2001 a 2010 69
Gráfico 8 - Faixa etária dos casos de hanseníase no estado do Maranhão, período de 2001 a 2010 70
Gráfico 9 - Classificação operacional dos casos de hanseníase no estado do Maranhão, no período de 2001 a 2010 72
Gráfico 10 - Forma clínica apresentada dos casos de hanseníase no estado do Maranhão, no período de 2001 a 2010 73
Gráfico 11 - Distribuição quanto ao grau de incapacidade apresentada nos casos de hanseníase no estado do Maranhão, no período de 2001 a 2010 74

LISTA DE TABELAS

p.

Tabela 1 - Classificação do relevo maranhense em altitude 46
Tabela 2 - Principais tipos de solos 52
Tabela 3 - Variáveis populacionais e socioeconômicas consideradas no estudo 57
Tabela 4 - Classificação hierárquica das variáveis explicativas 65
Tabela 5 - Agrupamentos puramente espaciais (10% da população) de casos novos de hanseníase, de 2001 a 2010, por área municipal do Maranhão. 79
Tabela 6 - Agrupamentos puramente espaciais (50% da população) de casos novos de hanseníase, de 2001 a 2010, por área municipal do Maranhão. 81
Tabela 7 - Análise do período 2001 a 2003 com as variáveis Bioma, Índice de Gini, Taxa de Analfabetismo e População Urbana (%) 92
Tabela 8 - Análise do período 2011 a 2013 com as variáveis Bioma, Coleta de Lixo por domicílio (%) e População Urbana (%) 94

SUMÁRIO

p.

1 INTRODUÇÃO 16
2 OBJETIVOS 20
2.1 Objetivo Geral 20
2.2 Objetivos Específicos 20
3 HIPÓTESES 21
4 EMBASAMENTO TEÓRICO-CONCEITUAL 22
4.1 Epidemiologia espacial 22
4.2 Contexto epidemiológico da hanseníase 27
5 METODOLOGIA 36
5.1 Delineamento do estudo 39
5.2 Área de estudo 40
5.3 Dados epidemiológicos e socioambientais 56
5.4 Dados espaciais 58
5.5 Delineamento das fases de análise 58
5.5.1 Estudo exploratório e descritivo sobre os aspectos epidemiológicos e operacionais da hanseníase, de acordo com os dados secundários 59
5.5.2 Análise dos padrões espaços-temporais de transmissibilidade e diagnóstico de casos de hanseníase 60
5.5.2.1 Detecção de Agrupamentos e Risco Relativo (RR) 60
5.5.2.2 Estimativa Bayesiana Empírica Local 62
5.5.2.3 Regressão Múltipla Espacial 64
6 RESULTADOS 67
6.1 Perfil clínico-epidemiológico dos casos de hanseníase no estado do Maranhão 67
6.2 Estatística *Scan* na análise da distribuição espaço-temporal do risco de hanseníase 76
6.3 Estimador bayesiano empírico local em epidemiologia espacial dos casos de hanseníase 85
6.4 Regressão espacial na análise do risco relativo de casos de hanseníase 91
7 DISCUSSÃO 96
8 LIMITAÇÕES DO ESTUDO 102
9 CONCLUSÕES 103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 106
APÊNDICES 117

1 INTRODUÇÃO

A hanseníase, doença crônica estigmatizante com potencial de causar danos neurológicos, resulta da infecção pelo *Mycobacterium leprae*. Apesar das várias campanhas para eliminação da hanseníase enquanto problema de saúde pública e da Organização Mundial de Saúde (OMS) ter anunciado a eliminação da doença em vários países endêmicos em 2005, sua incidência, que é estimada pela detecção de casos novos, permanece alta no Brasil (GOULART et al., 2002).

Brasil, Nepal, República Democrática do Congo e Moçambique são os únicos países que ainda não atingiram a meta proposta que é de menos de 1 (um) caso de hanseníase/10.000 habitantes (WHO, 2007). Atualmente, o Brasil ocupa o segundo lugar no mundo, com taxa de prevalência de 3,21 casos por 10 mil habitantes. Apesar da redução do número de casos registrados devido ao tratamento com a poliquimioterapia, o número de casos novos detectados tem decrescido muito lentamente (ILA, 2002).

A hanseníase pode se apresentar sob várias manifestações clínicas (RIDLEY & JOPLING, 1966), considerando parâmetros imunopatológicos e de carga bacilar. De acordo com o espectro, os pacientes de hanseníase são classificados em tuberculóides (TT), borderline-tuberculóides (BT), borderline-borderlines (BB), borderline-lepromatosos (BL) e lepromatosos (LL). Existe ainda o grupo indeterminado, no qual se enquadram aqueles pacientes cujos aspectos de diferenciação da hanseníase não se desenvolveram, assim não é possível classificá-lo em nenhuma das formas clínicas acima (RIDLEY e JOPLING, 1966). A variedade das formas clínicas é definida por vigorosa resposta imune celular no pólo tuberculóide e progressiva redução na resposta imune celular em direção ao pólo lepromatoso, associada com o aumento na carga bacilar, lesões na pele e nervos, e maiores titulações de anticorpos (HARBOE, 1985).

Para fins de tratamento, essas formas clínicas foram agrupadas de acordo com a classificação operacional da OMS que divide os pacientes em Paucibacilares (PB) e Multibacilares (MB) em concordância com o índice baciloscópico (IB) e com o número de lesões cutâneas (WHO, 1982).

A mucosa nasal é o sítio preferencial para entrada e saída do *M. leprae* (MCDOUGALL et al., 1975; REES e MACDOUGALL, 1977; JOB, 1990) como mostrado pela colonização de bacilos na concha nasal inferior (PATROCÍNIO et al., 2005). Recentemente, Job et al. (2008) mostraram que tanto a mucosa nasal quanto as lesões de pele de pacientes MB não tratados contribuem para a disseminação de *M. leprae* no meio ambiente. Este fato contribui para a hipótese de que estes pacientes são, provavelmente, as maiores fontes de transmissão do *M. leprae*. No entanto, em muitas áreas, o número de pacientes MB é muito pequeno e pode não representar a única fonte de infecção do bacilo (ILA, 2002).

Estima-se que contatos domiciliares com pacientes MB têm um risco relativo de 5 a 10 vezes maior para a ocorrência da doença que a população em geral (DOULL et al., 1942; FINE et al., 1997; VAN BEERS et al., 1999). Existem evidências de que a transmissão subclínica pode ocorrer, mesmo em países endêmicos, uma vez que há pacientes em que a história de contato próximo com pacientes de hanseníase não foi estabelecida (FINE et al., 1997).

Atualmente, discute-se a possibilidade de que não somente os doentes de hanseníase liberem bacilos, mas também seus contatos sadios portadores de *M. leprae* na mucosa nasal como encontrado em pesquisas com *swabs* (instrumento de coleta microbiológica) nasais de comunicantes (HATTA et al., 1995; RAMAPRASAD et al., 1997; GOULART et al., 2002; GOULART e GOULART, 2008).

Análises epidemiológicas atuais têm utilizado ferramentas moleculares, clínicas e de análise espacial para o mapeamento dos principais focos endêmicos de ocorrência de doenças e de áreas de alto risco, permitindo que políticas de saúde pública sejam mais efetivas no controle de doenças endêmicas. Programas de controle da hanseníase, por ser uma doença de longa incubação e sendo os contatos domiciliares o principal grupo de risco, devem implementar em larga escala um sistema de banco de dados geoespaciais.

Em uma doença crônica como a hanseníase, o estudo de tendência, avaliada pelas taxas de detecção de casos novos, permite conhecer o comportamento da endemia nos diversos territórios com diferentes geossistemas naturais. No último estudo de tendência no Brasil, no período de 1980 a 2006, há indicação de um período inicial de redução das taxas de detecção (BRASIL, 2008a). Entretanto, essa estabilização ainda está em um patamar muito alto, tendo sido identificados 10 agrupamentos de risco, envolvendo 14 estados brasileiros, - Roraima (RR), Rondônia (RO), Mato Grosso (MT), Tocantins (TO), Pará (PA), Maranhão (MA), Ceará (CE), Piauí (PI), Pernambuco (PE), Paraíba (PB), Bahia (BA), Minas Gerais (MG), Espírito Santo (ES) e Goiás (GO), - no período de 2003 a 2005 (BRASIL, 2008b). Os 10 maiores agrupamentos identificados incluem 1024 municípios, onde vivem 15,45% da população brasileira, mas que foram responsáveis por 51% do total de casos novos de hanseníase notificados e 60% dos casos novos notificados em menores de 15 anos (BRASIL, 2008b; PENNA et al., 2009).

No estado do Maranhão há vários municípios com altas taxas de detecção da hanseníase. Este está no **Agrupamento 1**, classificado como região hiperendêmica de hanseníase, conforme caracterizado pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2008b). O estado do Maranhão possui um índice médio de detecção de 6,7 casos por 10.000 habitantes (informação referente ao ano base de 2007, obtida junto ao Programa de Controle da Hanseníase da Secretaria de Saúde do Estado do Maranhão). Na população total de 6,26

milhões de pessoas foram registrados, no ano de 2007, 4.175 casos, dos quais 384 casos registrados estão abaixo de 15 anos de idade (1,6 casos/10.000)[1]. Assim, considerando-se que a expansão espacial desta doença atinge áreas consideradas, até recentemente, como indenes, e que a intensificação das epidemias têm se tornado alarmante, pode-se pensar em expansão da doença face às dinâmicas antrópicas e à variabilidade dos ecossistemas naturais locais.

A detecção dos espaços de maior risco da doença permite a orientação das ações de controle para áreas onde a transmissão é maior, possibilitando o trabalho dirigido para áreas geográficas contínuas, visando maior efetividade epidemiológica.

Alguns fatores como o desenvolvimento de grandes projetos agropecuários e industriais, atrelados à alta migração seguida de urbanização acelerada e de consequente crescimento populacional desordenado têm influenciado as condições de vida e saúde das populações. Tais fatores têm gerado grande necessidade na melhoria dos serviços de saúde, qualidade educacional e saneamento básico pois têm contribuído para a manutenção de endemias, entre elas a hanseníase.

Dessa forma, investigações que possam validar os indicadores epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos, inclusive com a utilização de técnicas de inferência de modelagem e análise espacial dos doentes, possibilitarão demonstrar a relevância dos limites da agregação dos casos de hanseníase, bem como do cálculo da taxa de crescimento/redução do coeficiente de detecção por município, no estado do Maranhão.

[1] De acordo com o Ministério da Saúde do Brasil, a taxa de detecção para crianças de até 15 anos de 1,0/10 mil é considerada hiperendêmica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a distribuição espaço-temporal da hanseníase para o estado do Maranhão, no período de 2001 a 2013.

2.2 Objetivos Específicos

I. Descrever as características epidemiológicas dos casos notificados de hanseníase no estado do Maranhão;
II. Identificar a ocorrência de agrupamentos espaços-temporais de provável alta transmissão (risco) de casos de hanseníase, utilizando a técnica de varredura espacial;
III. Comparar a distribuição espacial dos casos de hanseníase resultantes das taxas brutas com os resultantes das taxas suavizadas, pelo método Empírico de Bayes;
IV. Verificar se há associação do risco relativo (RR) da hanseníase com as variáveis do contexto geográfico como socioeconômicas e ambientais, nos municípios maranhenses, por meio de análise de regressão múltipla espacial.

3 HIPÓTESES

Considerando-se que a expansão espacial desta doença atinge áreas consideradas, até recentemente, como indenes, e que a intensificação das epidemias têm se tornado alarmante questiona-se:

- Ao longo do tempo como a hanseníase tem ocorrido no estado do Maranhão? Seu coeficiente de detecção está aumentando, diminuindo, espalhando ou retraindo? Qual a situação epidemiológica?
- Quais são os fatores de risco mais associados ao aparecimento da doença?
- Estaria ocorrendo expansão da doença face às dinâmicas antrópicas e à variabilidade dos ecossistemas naturais a nível municipal? Quais os padrões espaciais e temporais de ocorrência da hanseníase? Quais as áreas de alta transmissão?
- O desenvolvimento de grandes projetos agropecuários e industriais, atrelados à alta migração seguida de urbanização acelerada, têm influenciado na variabilidade dos coeficientes de detecção? Há associação entre a hanseníase e os baixos padrões socioeconômicos no estado do Maranhão?

4 EMBASAMENTO TEÓRICO-CONCEITUAL

4.1 Epidemiologia espacial

A Epidemiologia aborda o processo saúde-doença em grupos de pessoas, que podem variar de pequenos grupos até populações inteiras (MENEZES, 2011). Dessa forma, abordar questões de saúde que afetam direta, ou indiretamente, determinado grupo social, requer a abordagem do lugar onde esse grupo se encontra: o espaço geográfico. É sob essa perspectiva que a Geografia tem contribuído muito com a ciência epidemiológica. Para Gondim (2008)

> Em epidemiologia, o espaço se constitui como o conceito básico que subjaz a diferentes abordagens a cerca do processo saúde-doença. A cada momento das pesquisas epidemiológicas, ele foi se consolidando como uma categoria importante para a compreensão do fenômeno do adoecimento fosse para expressar as condições ecológicas, fosse para designar elementos do ambiente como prováveis determinantes de estados mórbidos.

Esse elo entre Epidemiologia e Geografia é antigo e, de acordo com Costa e Teixeira (1999) atribui-se a Hipócrates (480 a.C.) os primeiros registros sobre a relação entre doença e local, ambiente, onde ela ocorre. No seu livro “Dos Ares, das Águas e dos Lugares”, além de enfatizar a importância do modo de vida dos indivíduos, Hipócrates analisou a influência dos fatores ambientais, levando em consideração a localização das cidades e a ocorrência das doenças.

De acordo com Mazetto (2008), "os primeiros estudos ordenados na Geografia Médica, até a primeira metade do século XX, estavam relacionados aos estudos de epidemiologia geográfica, em trabalhos que procuravam identificar e explicar a distribuição de doenças no espaço". Nesse contexto, cita-se a obra de Finke intitulada “Ensaio de uma geografia Geral médico-Prática” de 1792.

Naquela época, pouco se sabia a respeito do cólera e, de acordo com Druck (2004), essa é uma situação típica em que a relação espacial entre os dados contribuiu significativamente para o avanço da compreensão do fenômeno, sendo um dos primeiros exemplos de análise espacial.

De acordo com Silva (1997), a epidemiologia descritiva, conforme a conceituação clássica entende o espaço como um conjunto de determinantes, geralmente de natureza biológica ou natural, principalmente estando associados aos fatores climáticos, de vegetação, de localização, tais como latitude e longitude, além da topografia do lugar. Para o autor,

> Possivelmente a primeira apreciação teórica do conceito de espaço aplicado à epidemiologia foi feita por Pavlovsky, parasitologista russo, que, na década de 1930, desenvolveu a teoria dos focos naturais das doenças transmissíveis, também conhecida como teoria da nidalidade natural das doenças transmissíveis

Pavlovsky desenvolveu uma teoria de marcado cunho ecologista, mas cujo grande mérito foi o de estabelecer o conceito de que o espaço era o cenário onde atuavam os agentes infecciosos, a esse espaço Pavlovsky deu o nome de pato biocenose. Assim a modificação do espaço geográfico implicaria em alterações ecológicas, alterando a circulação e atuação dos agentes infecciosos (SILVA, 1997).

Em meados do século XX, o geógrafo Max Sorre formulou a ideia do "complexo patogênico". Este conceito encontra-se mais abrangente que o de Pavlovsky, sendo de fundamental importância para os estudos posteriores sobre saúde e ambiente. Max Sorre define o complexo patogênico como a associação entre seres de diversos graus de organização, cujo centro é o homem, que se ligam a ele por meio de parasitismo e cujas atividades se traduzem em doenças (SANTOS et al., 2010).

Como afirma Andrade (2000),

> A importância do conceito de complexo patogênico se prende ao seu conteúdo modificador da noção de ecúmeno, seja a curto, médio ou longo prazo, por meio da mortalidade, da diminuição de expectativa de vida e da expansão das doenças transmissíveis em consequência da migração.

Max Sorre contribuiu para a delimitação clara e precisa do campo de investigação em geografia médica, aplicando o método da geografia regional ao estudo das doenças. A região, neste caso, era o complexo patogênico, compreendido através da integração analítica de dados físicos e humanos, objetivando com isso demonstrar a individualidade do fenômeno espacial (GUIMARÃES, 2011).

Verifica-se através de Sorre que, a aproximação entre Epidemiologia e a Geografia surge como forma de compreender a relação saúde-doença, considerando os fatores ambientais e sociais. A obra de Max Sorre demonstra uma análise do ambiente completo, refletindo sua percepção de três planos onde se desenvolve a atividade humana: o plano físico, o plano biológico e o plano social, conforme demonstrado na Figura 1.

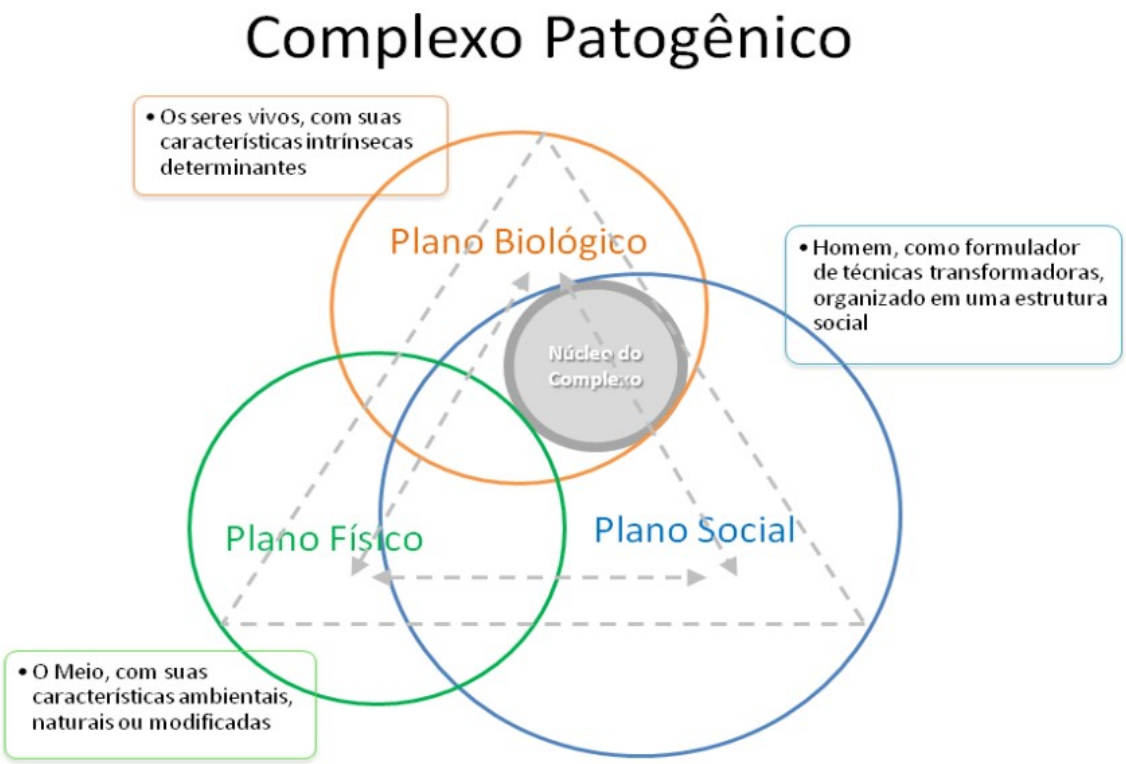

Figura 1 - Complexo Patogênico de Max Sorre
Fonte : SANTOS et al. (2010)

Com suas particularidades, tanto a teoria do foco natural de Pavlovsky, quanto a teoria do complexo patogênico de Sorre influenciaram nos estudos da Geografia da Saúde, inclusive no Brasil.

Quanto aos estudos da relação saúde e ambiente no Brasil, apesar de terem seus relatos iniciais no período colonial, foi, somente, na segunda metade do século XX, que surgiram as principais obras para o desenvolvimento da Geografia da Saúde no país, incluindo nesse rol, a obra Geografia da Fome de Josué de Castro (1946) e Introdução à Geografia Médica no Brasil, de Carlos da Silva Lacaz de 1972.

Santos et al. (2008) demonstram que desde a Antiguidade, entre outras doenças, a hanseníase, de relevante destaque no cenário mundial, tem sido considerada uma doença contagiosa e mutilante, provocando uma atitude preconceituosa de rejeição e discriminação ao seu portador, normalmente excluído da sociedade.

Estando voltada para a saúde, a Geografia da Saúde não é um ramo da medicina e não é feita somente por geógrafos ou médicos (SANTOS et al, 2010). Permite que participe deste campo do conhecimento os diversos profissionais interessados em estudar os processos de saúde, doença e cuidado no espaço geográfico, para nele poder intervir (BARCELLOS, 2008).

Para Junqueira (2009), a necessidade de melhor abordar e interpretar os fenômenos de saúde tem feito uma maior aproximação entre a Geografia da Saúde e os processos de globalização, o que vem resultando em um novo paradigma, em que a saúde se relaciona diretamente com a qualidade de vida, índice de desenvolvimento humano e acesso a infraestrutura.

Neste sentido, observa-se que a análise da distribuição espacial de diferentes doenças infectocontagiosas, tem se constituído como um processo de grande importância para a busca de soluções na saúde pública/coletiva, contribuindo, assim, para a implementação de estratégias de combate e intervenção no melhor uso dos recursos humano, socioeconômico e ambiental.

4.2 Contexto epidemiológico da hanseníase

A hanseníase é uma doença milenar também conhecida por *lepra* desde os tempos bíblicos que traz consigo a marca da exclusão social desde o seu surgimento (BAIALARDI, 2007).

De acordo com Brasil (2002), a hanseníase é uma doença infectocontagiosa, de evolução lenta, que se manifesta principalmente através de sintomas dermatoneurológicos, isto é, na forma de lesões na pele e nos nervos periféricos, principalmente nos olhos, mãos e pés. É uma doença não hereditária e sua evolução depende de características do sistema imunológico da pessoa que foi infectada.

A hanseníase é causada pelo bacilo denominado *Mycobacterium leprae*, um bacilo parasita intracelular obrigatório, com afinidade por células cutâneas e por células dos nervos periféricos (MOURA, et al, 2012). O *M. leprae* tem alta infectividade e baixa patogenicidade (BRASIL, 2002), isto quer dizer que ele infecta muitas pessoas, mas, no entanto, poucas adoecem. A esse respeito, Santos *et. al.* (2008) indicam que a propriedade de infecção, "não é função apenas das características intrínsecas da bactéria, mas depende, sobretudo, de sua relação com o hospedeiro e do grau de endemicidade do meio" (SANTOS et al, 2008).

Quanto à forma de transmissão, o contágio dá-se através de uma pessoa doente, portadora do bacilo de *Hansen,* não tratada, que o elimina para o meio exterior pelas vias aéreas superiores – o trato respiratório, contagiando pessoas susceptíveis (BRASIL, 2002). "Os pacientes portadores de formas Multibacilares são considerados a principal fonte de infecção, não obstante o papel dos Paucibacilares na cadeia de transmissão já ter sido demonstrado" (ARAÚJO, 2003).

As manifestações clínicas da hanseníase dependem mais da resposta imunocelular do indivíduo ao Mycobacterium leprae que da capacidade de multiplicação do bacilo. Estudos apontam que apesar da dificuldade em se determinar o período de latência após a infecção pelo *M. leprae* (SUZUKI et al., 2010), esse pode variar de 5 a 15 anos (LOCKWOOD, 2004).

Essa distinção da hanseníase em Paucibacilar (PB) e Multibacilar (MB), leva em consideração a classificação operacional do caso de hanseníase, que é baseada no número de lesões cutâneas: a PB, refere-se aos casos com até cinco lesões na pele; e a MB, relacionada aos casos com mais de cinco lesões (BRASIL, 2002).

A hanseníase pode afetar pessoas de todas as idades, de ambos os sexos, no entanto, raramente ocorre em crianças, sendo observado que menores de quinze anos adoecem mais quando há endemicidade da doença (BRASIL, 2002).

A epidemiologia da hanseníase concentra-se na faixa intertropical do planeta, onde ocorrem 80% dos casos novos (MAGALHÃES e ROJAS, 2007). Tal doença constitui importante problema de saúde pública no Brasil e em vários países do mundo. A Figura 2 ilustra a distribuição mundial da hanseníase de acordo com o coeficiente de detecção anual registrado em 2011.

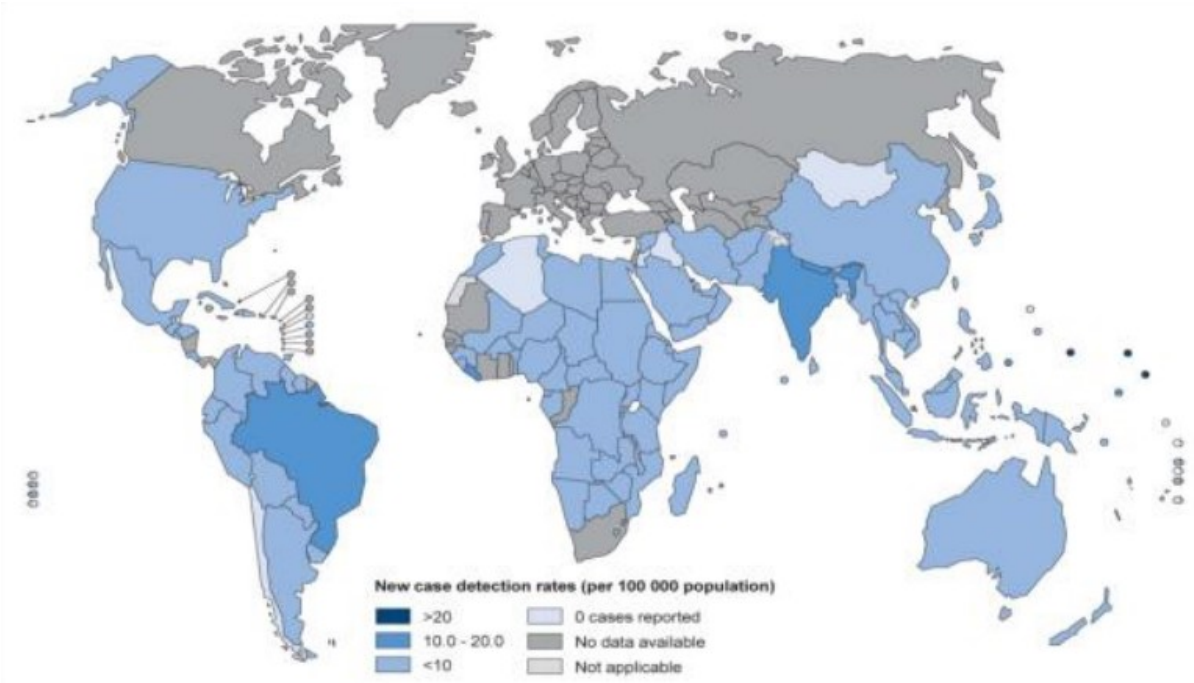

Figura 2 - Distribuição mundial da hanseníase
Fonte: WHO (2011).

No ano de 2003, de acordo com relatos de Araújo (2003), 94% dos casos conhecidos nas Américas e 94% dos casos novos diagnosticados eram notificados no Brasil. Atualmente, de acordo com dados da OMS, quando comparado a todos os outros países do mundo, o Brasil fica apenas atrás da Índia, responsável por 54% de todos os 249 mil casos registrados no mundo. Na América Latina, nosso país é líder no ranking de novos casos (FIOCRUZ, 2014).

A hanseníase tem se mantido como um processo infeccioso crônico de magnitude elevada, em inúmeros países. Segundo WHO (2015), 16 países no mundo notificaram mil ou mais casos em 2009. Entre as regiões da OMS, a Ásia apresentou a maior taxa de detecção, 9,39 casos por 100.000 habitantes, seguida das Américas com 4,58 casos por 100.000 habitantes. Nestas regiões os dados foram fortemente influenciados pelo número de casos notificados pela Índia com 133.717, maior número de casos, e pelo Brasil com 37.610 casos,

o segundo país em número de casos. Dos 40.474 casos novos nas Américas 93% são casos notificados no Brasil (WHO, 2015).

De acordo com Magalhães e Rojas (2007) todos os anos são registrados 37 mil novos casos da doença no país, configurando a hanseníase com um sério problema de Saúde Pública e seu plano de eliminação está entre as ações de relevância nacional. Dados da OMS (2012) mostram que em 2012 o Brasil apresentou um coeficiente de prevalência de 1,36 casos/10 mil habitantes e de incidência de 1,72 casos de hanseníase/10 mil habitantes.

A distribuição geográfica da hanseníase no Brasil é feita levando-se em consideração os agrupamentos espaciais, entendidos como aquelas áreas com maior risco e onde se encontram a maioria dos casos. De acordo com Brasil (2008),

> A detecção dos espaços de maior risco da doença permite a orientação do programa de controle para áreas em que a transmissão é maior, com enfoque em espaços geograficamente contínuos e maior efetividade epidemiológica. A abordagem por meio de clusters evita que sejam ignoradas as áreas silenciosas e permite o enfoque em espaços geograficamente contínuos uma maior efetividade epidemiológica.

Segundo estudo de tendência realizado por Penna (2008), no período de 1990 a 2003, o Brasil apresentou coeficiente de detecção de hanseníase oscilando entre 2,0/10.000 habitantes em 1990 e 2,94/10.000 habitantes em 2003, sendo classificado como endemicidade "muito alta" segundo os parâmetros oficiais. Na região Nordeste, para os mesmos anos de análise encontrou-se o valor médio de 29,9/100.000 habitantes (Gráficos 1 e 2).

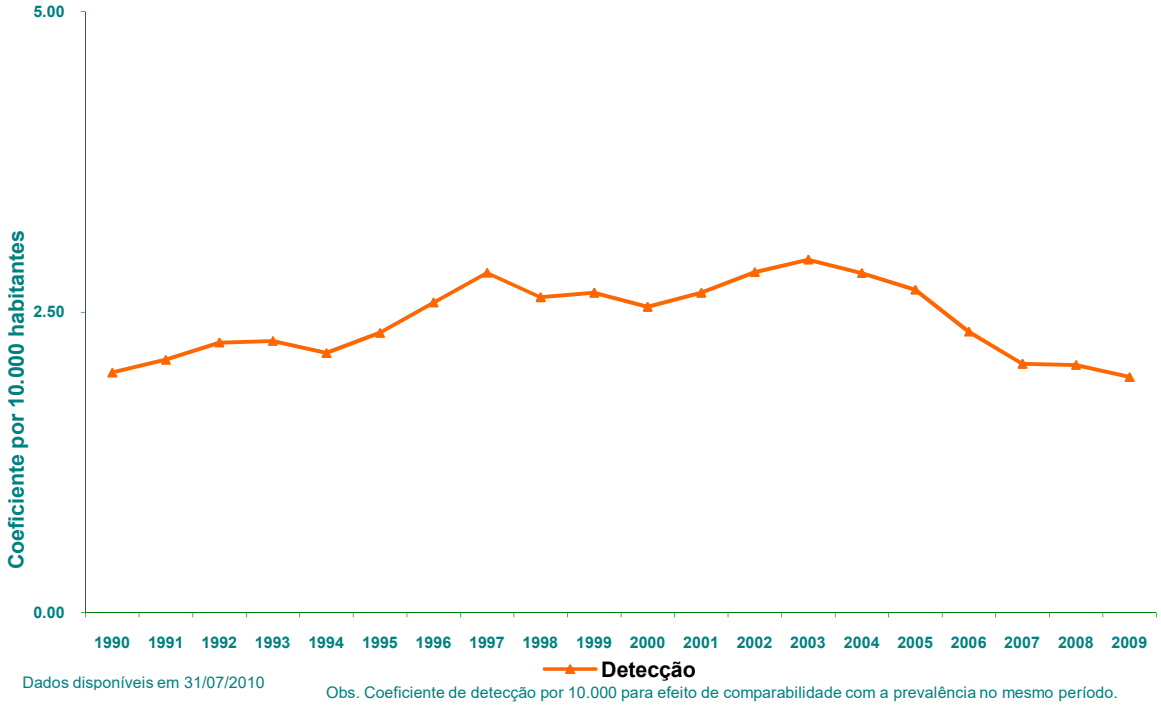

Gráfico 1 - Coeficientes de detecção de casos de hanseníase, período de 1990 a 2009

Fonte: BRASIL (2010)

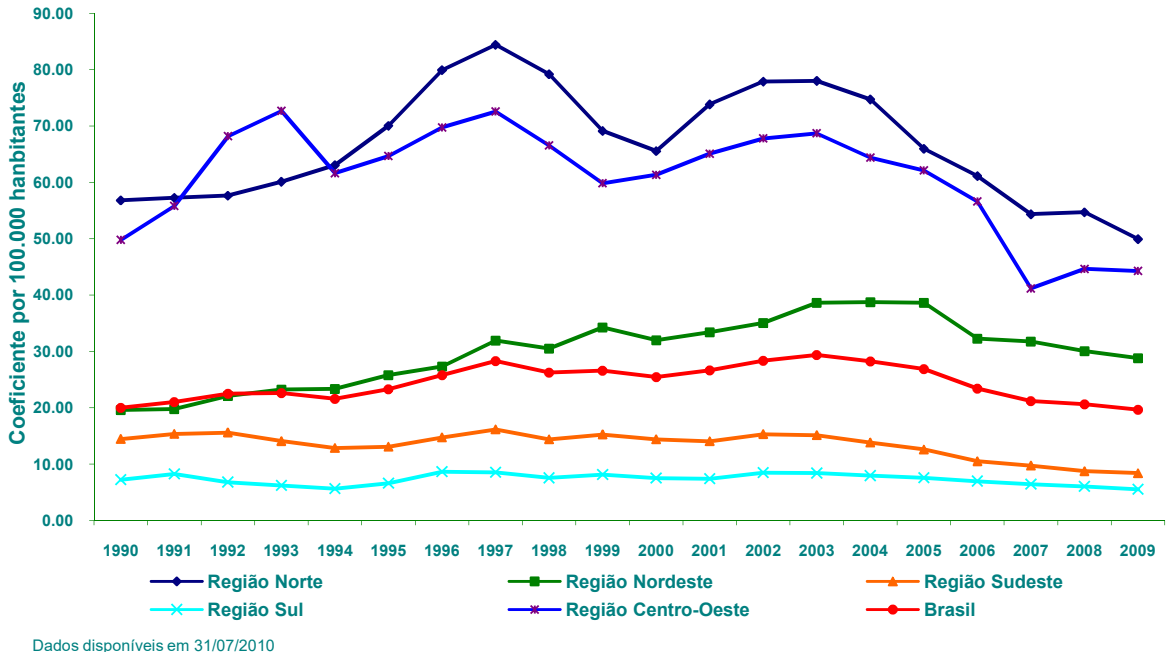

Gráfico 2 - Coeficiente de detecção de casos de hanseníase por Região do Brasil, período de 1990 a 2009

Fonte: BRASIL (2010)

De acordo com Penna (2008), dos dez agrupamentos mais significativos, foram incluídos 1.173 municípios brasileiros, onde foram notificados 53,5% dos casos novos detectados no período de 2005 a 2007 e apenas 17,5% da população (Figura 3).

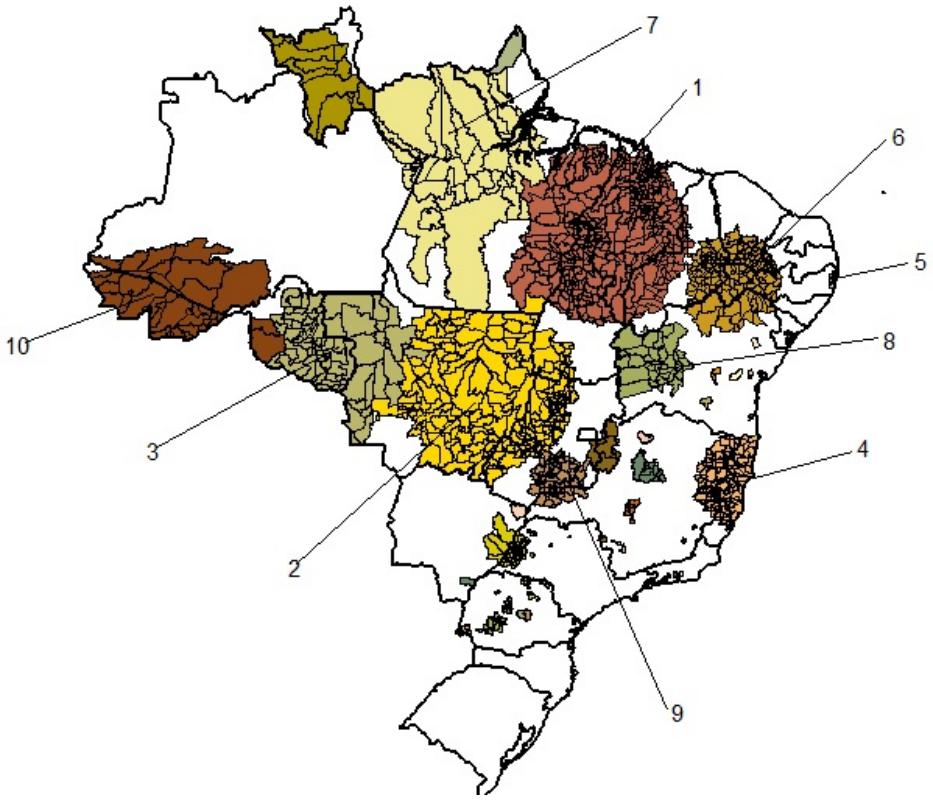

Figura 3 - Definição dos 10 agrupamentos brasileiros hiperendêmicos de hanseníase
Fonte: PENNA (2008)

Essa distribuição espacial da hanseníase no Brasil não se apresenta com característica uniforme. Notadamente, a tendência de detecção de casos novos vem se apresentando de forma decrescente. Enquanto na região sul do Brasil a hanseníase está praticamente erradicada, em estados como Mato Grosso, Tocantins e Maranhão, ainda apresentam alta incidência da doença.

A maior parte dos municípios do estado do Maranhão estão inseridos em áreas de alto risco da hanseníase, notadamente os localizados na porção oeste e centro-sul,

classificados como sendo do Agrupamento 1 (região hiperendêmica e de maior risco de detecção no país).

O Maranhão teve seu coeficiente variando entre 44,29/100.000 habitantes no ano de 1990 e 94,83/100.000 habitantes no ano de 2003, apresentando classificação "hiperendêmica", muito acima da encontrada no Brasil (PENNA, 2008).

De acordo com SINAN/SVS-MS (2010), no ano de 2009, o estado com maior coeficiente de detecção de casos novos de hanseníase por 100.000 habitantes foi o Mato Grosso (89,48), em seguida estavam Tocantins (88,54), Rondônia (69,49) e Maranhão (61,99) (Gráfico 3).

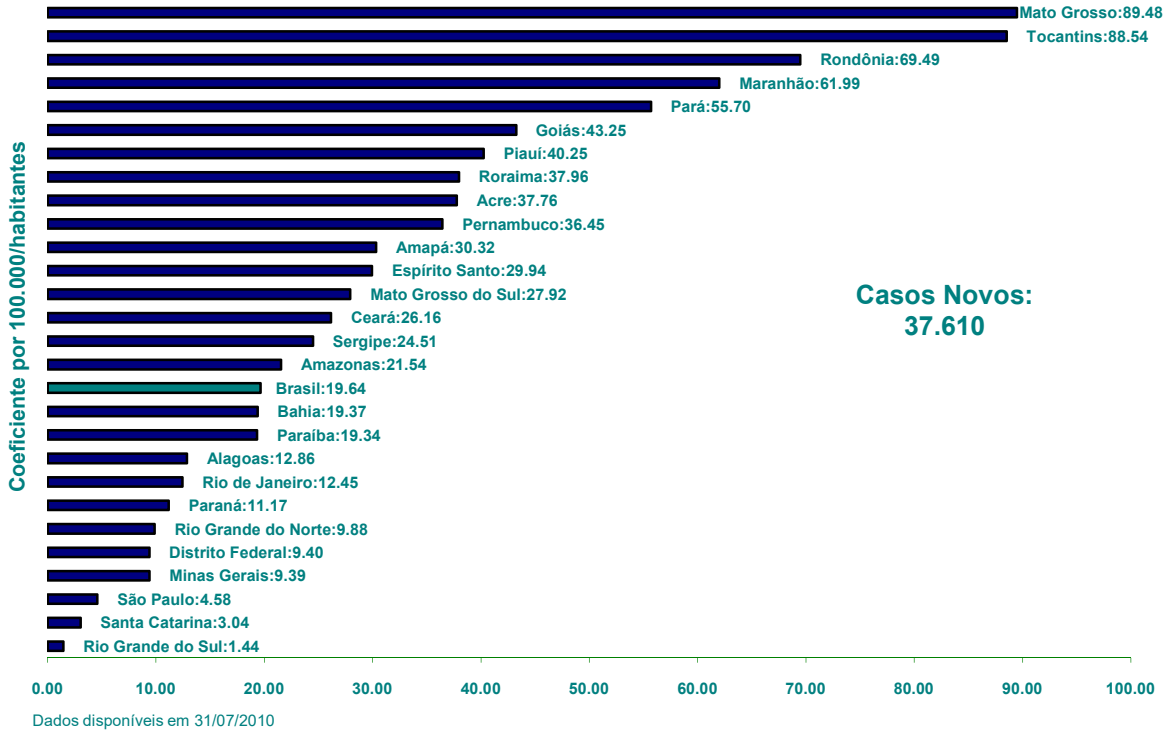

Gráfico 3 - Coeficiente de detecção de casos de hanseníase por Unidade da Federação, Brasil - 2009

Fonte: BRASIL (2010)

De acordo com SINAN/SVS-MS (2010), o coeficiente de detecção do Maranhão em menores de quinze anos, no período de 2001 a 2010, apresentou classificação "hiperendêmica", o que torna a colocar o Maranhão como centro das atenções a respeito dessa temática (Gráfico 4).

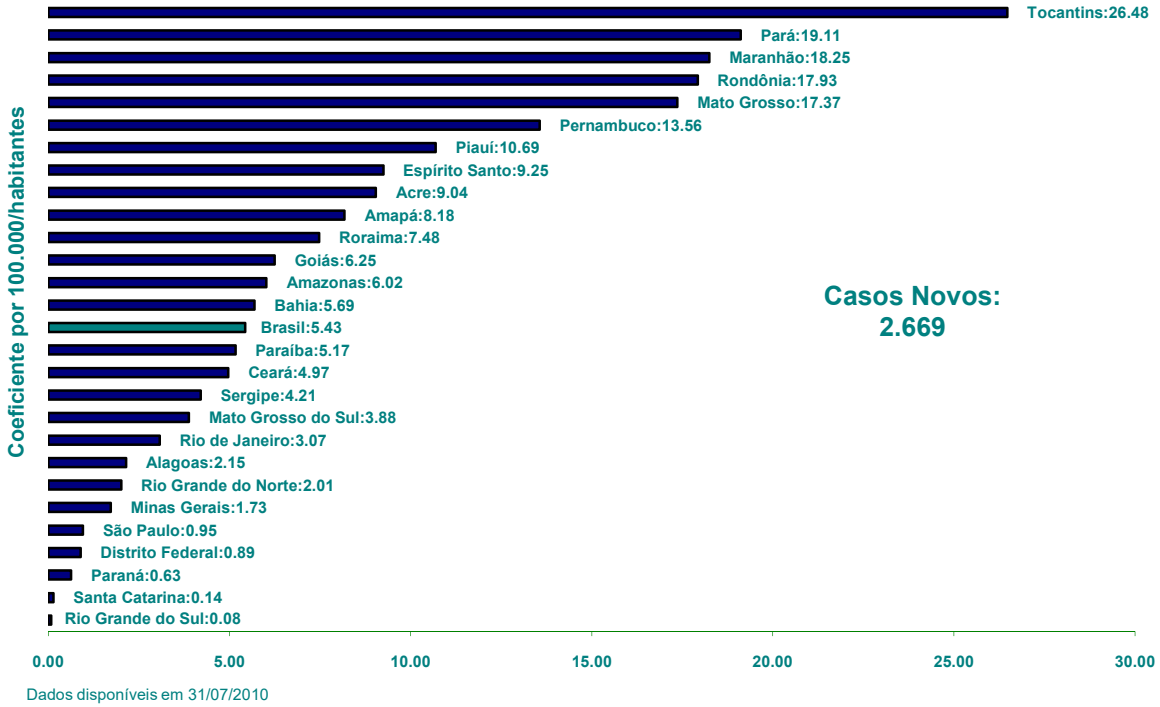

Gráfico 4 - Coeficiente de detecção de casos novos de hanseníase em menores de 15 anos segundo Unidade Federada de residência. Brasil - 2009

Fonte: BRASIL (2010)

Analisar os municípios maranhenses quanto à distribuição dos casos de hanseníase torna-se uma ferramenta a mais na prevenção e controle da Hanseníase no estado por inúmeros fatores, tais como: a) comporta-se como área hiperendêmica de hanseníase; b) apresenta fluxo migratório intenso com outras cidades de forma interestadual; e, c) tem grandes contrastes sociais marcados por pouca, ou nenhuma, infraestrutura básica em algumas áreas dos vários municípios deste.

Realizar estudos que tenham como foco unidades municipais que levem em consideração as premissas sociais associadas à distribuição geográfica da hanseníase, entendidas por Magalhães e Rojas (2007) como sendo aquelas relacionadas à pobreza, desnutrição, além de condições higiênicas desfavoráveis e movimentos migratórios, além indicadores como baixa renda familiar ou *per capita*, baixa escolaridade e falta de condições básicas de saúde, entre outros (MAGALHÃES e ROJAS, 2007), sempre são bem-vindos nas ações relacionadas à saúde.

5 METODOLOGIA

A perspectiva metodológica refletiu a busca da abordagem **multi, inter e transdisciplinar**, pois o objeto de estudo demanda o envolvimento de mais de um campo do conhecimento. Assim, a **abordagem socioambiental** (geossistemas naturais) da presente pesquisa envolve a **concepção sistêmica**, na qual a manifestação dos problemas socioambientais e econômicos constitui o *output* do sistema ambiente-homem, podendo a incidência de hanseníase ser influenciada por este sistema. Em linhas gerais o trabalho foi desenvolvido dentro da concepção de Besancenot (2001), para quem "*a colocação em evidência das relações existentes entre estas duas séries de dados*" (socioeconômico-ambiental e clínicos) passa "*inevitavelmente por uma abordagem estatística*".

Para a obtenção de resultados satisfatórios quanto aos objetivos propostos, tomou-se por base uma estruturação na qual o método de pesquisa foi constituído por:

A: Elementos envolvidos no estudo: Hanseníase (SINAM – Ministério da Saúde – e Secretaria Municipal de Saúde; Serviços de Vigilância Epidemiológica; pesquisa/levantamentos de campo), Sócio economia (Institutos e Secretarias Estadual e Municipal de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos; IBGE e pesquisa/levantamentos de campo), Geossistemas naturais.

B: Dados envolvidos no estudo: Hanseníase (dados clínico-epidemiológicos e casos notificados), Sócio economia (saneamento, população, condições socioeconômicas), Geossistemas naturais (unidades paisagísticas e naturais).

C: Análise dos elementos a partir de: Hanseníase (idade, sexo, classificação operacional, forma clínica e grau de incapacidade), Sócio economia (rede de esgotamento e coleta de lixo; sexo e faixa etária da população e renda familiar), Geossistemas naturais.

D: Técnicas e tecnologias empregadas: Hanseníase (Tratamento estatística espacial, mapeamento/geoprocessamento, monitoramento/análise espacial e mapeamento de áreas de risco e de vulnerabilidades), Sócio economia (Tratamento estatístico e gráfico, mapeamento/geoprocessamento, monitoramento/análise espacial), Geossistemas naturais.

E: Resultados: Hanseníase (Mapeamento da dinâmica espacial dos casos de hanseníase, definição de áreas de maior ocorrência e riscos), Sócio economia (Definição das variáveis socioeconômicas que possuem relação direta com o risco e a vulnerabilidade à hanseníase), Geossistemas naturais (Definição de áreas e sua relação com a hanseníase, bem como das situações naturais típicas favoráveis à ocorrência da doença.

A primeira parte da pesquisa caracteriza-se pela definição dos elementos que foram envolvidos no estudo **(A)** e **(B)**, bem como a análise **(C)** que foi desenvolvida tomando-os como *input do sistema* a ser estudado. A partir desta definição, ou tendo início conjuntamente a ela, desenvolveu-se o aprofundamento da fundamentação teórica acerca do objeto do estudo, visando à consolidação de uma base teórico-metodológica que possibilitasse a análise detalhada da relação entre as características sócio economia e ambiente natural e a incidência da hanseníase no estado do Maranhão. A busca de novas abordagens na literatura internacional constituiu um passo importante para o desenvolvimento do estudo em conformidade com os avanços em outras realidades.

A interação e articulação/correlação entre os vários elementos do sistema e seus atributos foram realizados com base na tabulação dos dados, análise estatístico-espacial e gráfica com diferentes formas de representação dos dados. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) utilizado com as técnicas de geoprocessamento foi de grande importância para o desenvolvimento de todo o estudo realizado.

O estabelecimento das relações e correlações entre as características socioeconômicas e ambientais e a manifestação da hanseníase deu-se pelas etapas **(D** e **E)** – *output do sistema*. Nas localidades que demonstraram aumento considerável no coeficiente de detecção, em que esta relação foi observada tomando-se por base a identificação, de maneira detalhada, da dinâmica da doença nas diferentes localidades e geossistemas naturais.

Para tanto, a metodologia deste trabalho foi baseada no cruzamento de dados multitemporais, socioeconômicos e de saúde espacializados. Para realizar o cruzamento das informações foi elaborado um banco de dados, dividido nas seguintes áreas:

1. **Dados de Geossistemas Naturais**: Estes foram obtidos junto ao IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

2. **Dados sócios econômicos**: Foi realizado um levantamento nas bases de dados vetoriais e de atributos quantiqualitativos de setores censitários e/ou aglomerados subnormais, bem como da malha municipal, que foram aferidas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e outros órgãos de pesquisas estadual e municipal para o período de estudo. Os dados obtidos foram analisados criteriosamente e organizados em um banco de dados geoespacial.

3. **Dados de saúde**: Estas informações foram obtidas, junto ao SINAN (Ministério da Saúde) e aos setores de epidemiologia da Secretaria de Saúde do Estado do Maranhão, ou seja, os dados referentes à hanseníase, para todo o período de 2001 à 2013, disponíveis.

4. **Dados cartográficos**: Estes dados foram obtidos em meio digital (em formato de dados vetoriais) através de produtos gerados por órgãos e instituições de pesquisas como IBGE e INPE, bem como por Secretarias Estadual e Municipal de Planejamento.

O cruzamento e análise das informações foram baseados em técnicas de análise espacial, como por exemplo a aplicação da estatística de varredura (*scan*), com aplicação do modelo Discreto de Poisson e comparando a análise da distribuição espacial resultante das taxas brutas com as resultantes suavizadas, obtidas por inferência Bayesiana Empírico Local. Com isto pôde ser possível estabelecer as relações entre as variáveis antrópica e ambiental e a variabilidade da hanseníase no estado do Maranhão.

5.1 Delineamento do estudo

Na interface ambiente e saúde é desenvolvida uma variedade de métodos para identificar e estudar a maneira como os eventos de saúde estão distribuídos nas populações, no tempo e no espaço, objetivando trazer benefícios para a população, melhorando sua qualidade de vida.

Destacam-se os estudos ecológicos que objetivam analisar as relações entre saúde e espaço, abordando fatores que possam estar envolvidos. As técnicas de análise espacial se adéquam às necessidades dos estudos ecológicos, que utilizam áreas geográficas como unidade usual de observação.

A pesquisa tratou de um estudo ecológico sobre tendências espaciais, observacional e descritivo com análise multitemporal e variáveis agregadas por municípios, que buscou identificar áreas de alto risco, bem como avaliar como o contexto socioambiental pode influenciar no estado de saúde da população para a escala geográfica de análise do estado do Maranhão.

O estudo utilizou-se desse tipo de análise por se apresentar adequado para o entendimento dos riscos e do padrão espacial de ocorrência da hanseníase no estado do Maranhão, para os anos de 2001 a 2013, em que a distribuição e dependência espacial do fator

epidemiológico da doença e sua associação com as variáveis ambiental e populacional foram quantificadas e analisadas estatisticamente.

5.2 Área de estudo

O Maranhão está situado na pré-Amazônia brasileira, numa região de transição entre três macrorregiões brasileiras: Norte, Nordeste e Centro-Oeste, apresentando características climatológicas e fitogeográficas típicas destas macrorregiões. É o oitavo maior estado brasileiro e o segundo maior do Nordeste em extensão territorial, com uma área superficial da ordem de 331.937,450 km² (IBGE, 2013). Está localizado entre os paralelos 1°01'S e 10°21'S e os meridianos 41°48'W e 48°50'W (Figura 4). Geograficamente, está limitado com o Oceano Atlântico a norte, com o Tocantins a sul e sudoeste, com o Pará a oeste e com o Piauí a leste e sudeste (EMBRAPA, 2013).

O Maranhão apresenta, atualmente, em sua configuração político-administrativa 217 municípios que compõem 5 mesorregiões geográficas, delimitadas a partir de processo social como determinante, do quadro natural como condicionante e da rede de comunicação e lugares como elementos da articulação espacial, subdivididas em 21 microrregiões geográficas (partes das mesorregiões que apresentam especificidades em relação à estrutura de produção agropecuária, industrial, de extrativismo mineral ou pesca), estabelecidos pelo IBGE em 1990 (EMBRAPA, 2013). Sua extensão territorial ocupa 3,9% do território nacional e sua contagem populacional realizada pelo IBGE (2010) totalizou 6.424.340 de habitantes, com crescimento demográfico de 1,5% ao ano e densidade demográfica de 19,8 hab./km^2.

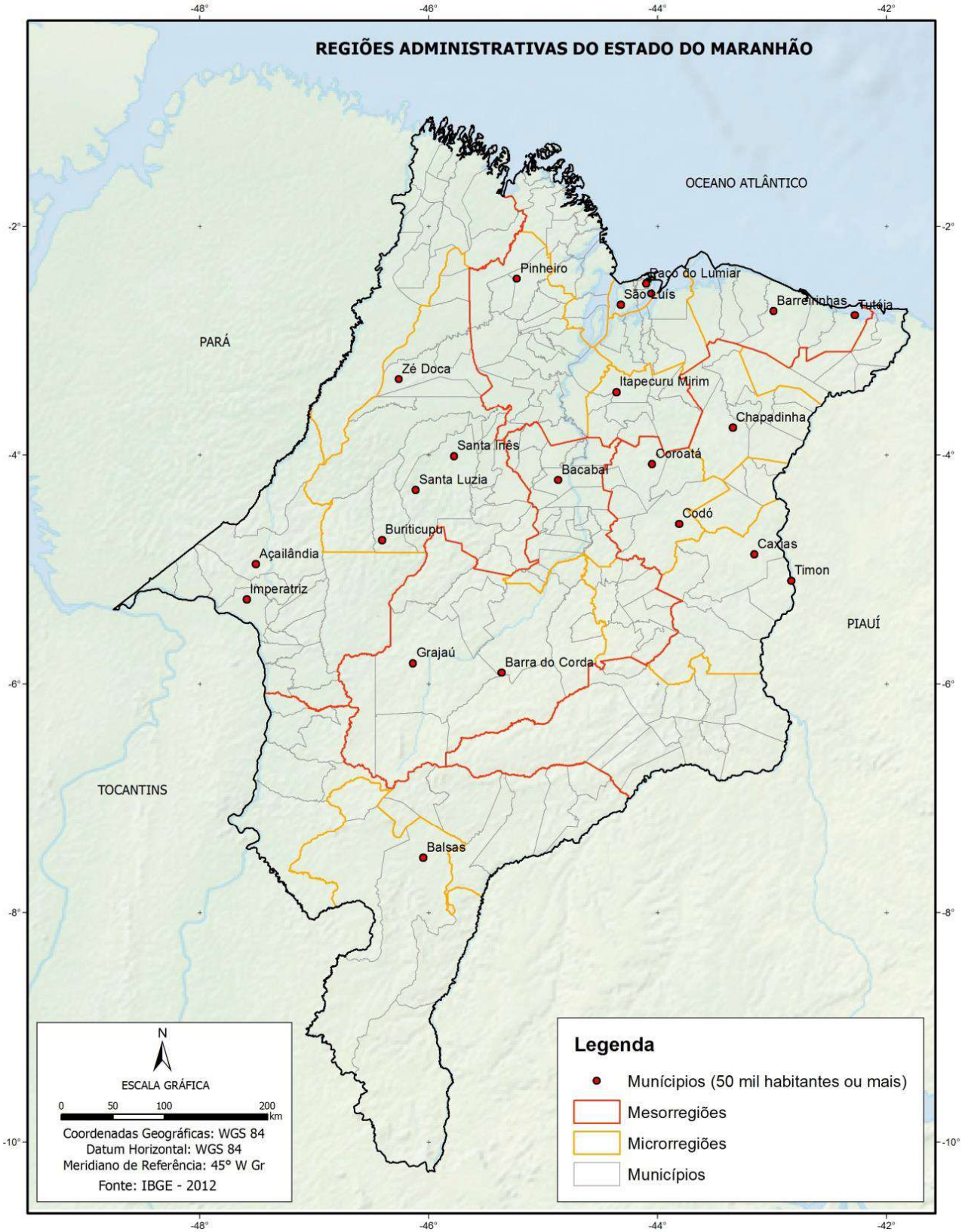

Figura 4 - Localização e situação geográfica do estado do Maranhão

Fonte: Adaptado de Embrapa (2013)

O Maranhão, historicamente, é a unidade da federação com característica mais rural do Brasil. Apesar do crescimento na taxa de urbanização nas ultimas décadas, o estado permanece nessa posição em razão de que 36,9% da sua população (2,4 milhões de pessoas) concentra-se na zona rural, segundo o Censo IBGE (2013).

A taxa de urbanização (TU) populacional do Maranhão é da ordem de 63,08, em que somente 22% dos seus 217 municípios registraram taxas acima desse valor. Localizado na Bacia do Mearim, o município de Marajá do Sena é o que apresenta a menor TU, com 8,1 mil habitantes e 85,6% deles morando na zona rural. Por outro lado, Imperatriz, com 247,5 mil habitantes, destaca-se com a maior TU do estado (94,76%), seguido de Santa Inês (94,71%) e a capital do estado, São Luís (94,45%) (EMBRAPA, 2013).

As regiões do estado que apresentam maior concentração de municípios com baixa TU são: a) a microrregião dos Lençóis Maranhenses, com destaque para Santo Amaro do Maranhão (26,27%) e Araioses (28,34%); b) a Baixada Maranhense, com Palmeirândia (18,43%) e Presidente Sarney (24,98%) registrando as menores taxas; e c) a região do Mearim, com destaque para Fernando Falcão (16,30%) e Jenipapo dos Vieiras (16,31%). Por outro lado, as áreas com maior número de municípios e altas TU do estado estão situadas nas microrregiões: a) Gerais de Balsas, destacando Balsas (87,12%); b) Médio Mearim, pressionada por Pedreiras (87,49%) e Bacabal (77,85%); e c) Gurupi, com Luís Domingues (84,53%) e Maracaçumé (82,64%) (EMBRAPA, 2013)

No tocante aos índices de desenvolvimento da educação, da expectativa de vida (ou longevidade) e no desenvolvimento da renda da população de cada município, no período de 2000 a 2010, a maioria dos municípios do estado do Maranhão apresentou um crescimento no índice de desenvolvimento municipal (IDH-M). Nesses dez anos também foi possível identificar a melhoria nas colocações dos municípios do Maranhão, no âmbito nacional. São Luís, primeira cidade do estado no quesito desenvolvimento, subiu da 518ª colocação para a

249ª colocação; a cidade de Imperatriz pulou da posição 1.735 para a 993ª posição. No âmbito estadual, houve mudanças de posições entre as cidades, indicando que umas se desenvolveram melhor do que outras (EMBRAPA, 2013).

No que diz respeito às características físicas, o Maranhão apresenta uma estrutura geológica predominantemente sedimentar (Figura 5), onde a origem dessa estrutura está ligada a processos de transgressão e regressão marinhas, combinada com movimentos subsidentes e arqueamentos ocorridos do início do Paleozóico ao fim do Mesozóico (MARANHÃO, 2002).

O ciclo de deposição marinha teve início no Siluriano, dando continuidade pelo Devoniano inferior, médio e superior e terminando no Carbonífero inferior (MARANHÃO, 2002). As deposições oriundas de ambiente continental deram sucessão às deposições marinhas até o fim do Mesozóico, originando a Bacia Sedimentar do Parnaíba (EMBRAPA, 2013).

Os diversos movimentos tectônicos que ocorreram durante os períodos Jurássico e Cretáceo iniciaram o processo de formação de um "*horst*" em sentido leste-oeste, conhecido como Arco Ferrer-Urbano Santos, sendo responsável pelo surgimento de afloramentos de rochas ígneas e metamórficas na porção noroeste do estado e nas proximidades da cidade de Rosário (IBGE, 1984). De acordo com Lopes e Teixeira (2013), os depósitos advindos do Cretáceo deram origem aos arenitos, argilitos e conglomerados da Bacia Sedimentar Sanfranciscana, na porção extremo sul do Maranhão. No decorrer da Era Cenozóica foram depositados rochas e sedimentos das bacias sedimentares de São Luís e Barreirinhas, localizadas na porção norte do estado (IBGE, 1984), bem como as coberturas superficiais mais recentes, de origens diversas (LOPES e TEIXEIRA, 2013).

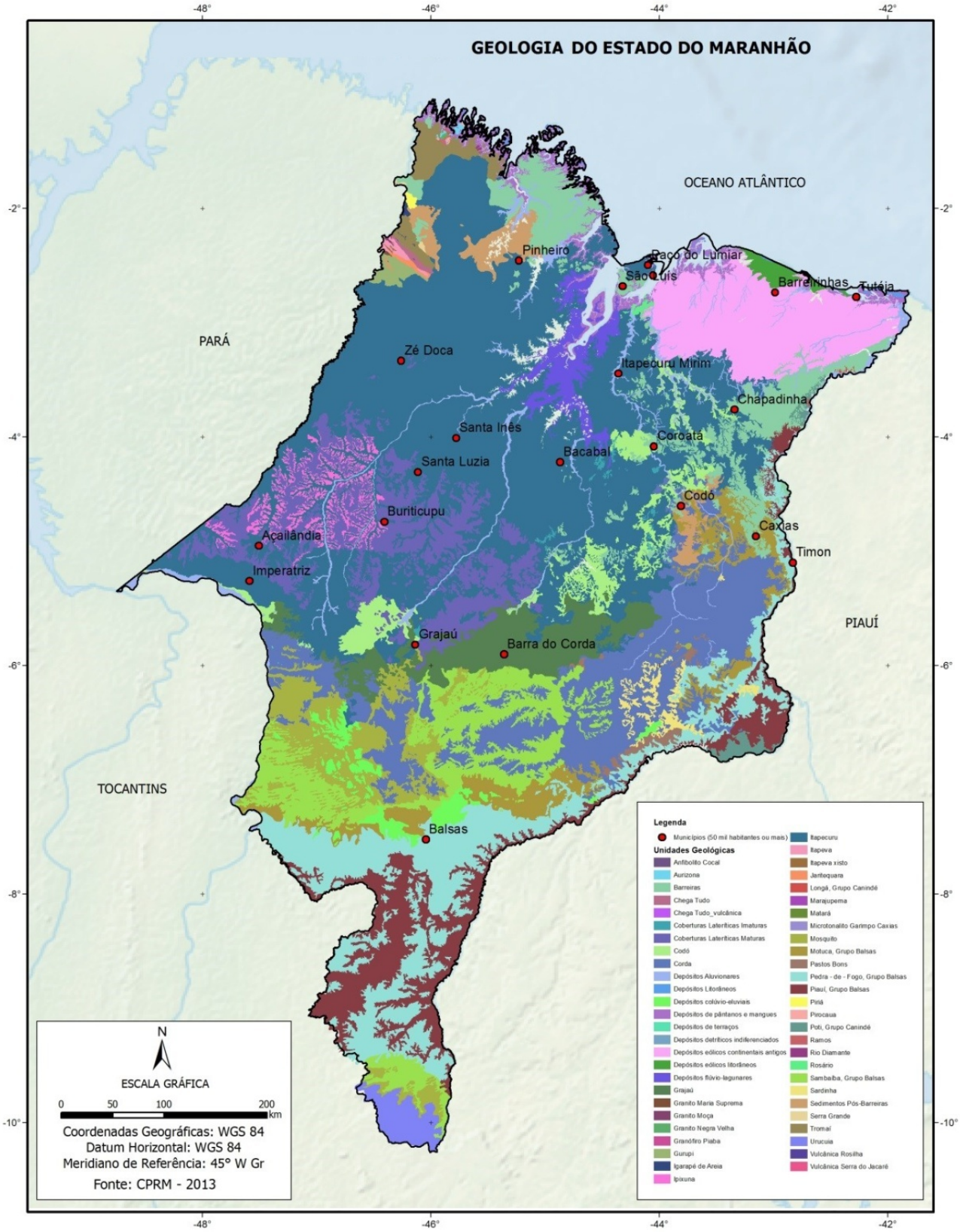

Figura 5 - Geologia do estado do Maranhão

Fonte: Adaptado de Embrapa (2013)

O relevo do Maranhão é caracterizado por apresentar baixas superfícies de aplainamento em meio a extensas planícies fluviomarinhas, baixos platôs e chapadas (EMBRAPA, 2013), dos quais:

a) 73,4% são suportados por rochas paleozóicas e mesozóicas da Bacia Sedimentar do Parnaíba, constituída pelas formações Serra Grande, Longá, Poti, Piauí, Pedra de Fogo, Motuca, Sambaíba, Pastos Bons, Corda, Grajaú, Codó, Itapecuru e derrames basálticos das formações Mosquito e Sardinha;
b) 24% são sustentados por Coberturas Superficiais mais recentes (cenozóicas), como depósitos detrito-lateríticos, Grupo Barreiras, Sedimentos Pós-Barreiras, planícies aluvionares, depósitos fluviolagunares, terraços fluviais e depósitos eólicos;
c) 1,6% é sustentado por rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas do Cráton São Luís e Cinturão Gurupi; e
d) apenas 1% é suportado por depósitos cretácicos da Formação Urucuia (Bacia Sanfranciscana).

Segundo Cordani et al. (2000) *apud* Embrapa (2013), esse conjunto geológico associado a prolongados eventos tectônicos decorrentes da abertura do Oceano Atlântico Equatorial deu origem à formação de três superfícies de aplainamento: 1) superfícies aplainadas, elaboradas durante o Neógeno; 2) coberturas detrito-lateríticas resistentes ao intemperismo e à erosão, elaboradas em sua maioria durante o Paleógeno; e 3) Chapada do Espigão Mestre, que se configura numa superfície de aplainamento de maior altitude, de idade cretácica e sustentada pelo arenito Urucuia, localizada ao extremo sul do estado.

Esse conjunto de superfícies tabulares desdobradas de forma complexa em diferentes altitudes, alçadas por processo diferencial de soerguimento tectônico pós-cretácico da Bacia

Sedimentar do Parnaíba e delineadas por diversos eventos de aplainamento regional (BARBOSA et al., 1973; ROSS, 1985 *apud* EMBRAPA, 2013), resultou em dissecação diferencial desses terrenos modelados em rochas sedimentares dos mais variados ambientes deposicionais da Bacia do Parnaíba decorrentes dos processos denudacionais de aplainamento.

O conjunto de extensas chapadas dispostas de forma descontínua, principalmente no centro e sul do estado, em cotas topográficas entre 200 m e 800 m de altitude de forma progressiva em direção ao sul do estado, teve origem no soerguimento continental da bacia sedimentar ao longo do Cenozóico (FEITOSA, 2006). Este território é pouco acidentado, de tal modo que 72,8% de seu território possui altitudes menores que 200 metros, apresentando áreas mais elevadas nas regiões Centro e Sul do estado, equivalendo a apenas 3,1% (Tabela 1) (BRASIL, 1991).

Tabela 1 - Classificação do relevo maranhense em altitude

Altitudes (m)	**Área**	
	Km^2	**%**
0-100	110.102	33,5
100-200	129.165	39,3
200-300	56.859	17,3
300-600	22.349	6,8
600-900	10.188	3,1
Total	**328.663**	**100,00**

Fonte: BRASIL (1991)

O estado do Maranhão está compartimentado em 19 domínios geomorfológicos (Figura 6), segundo os padrões de declividade e amplitude topográfica (EMBRAPA, 2013).

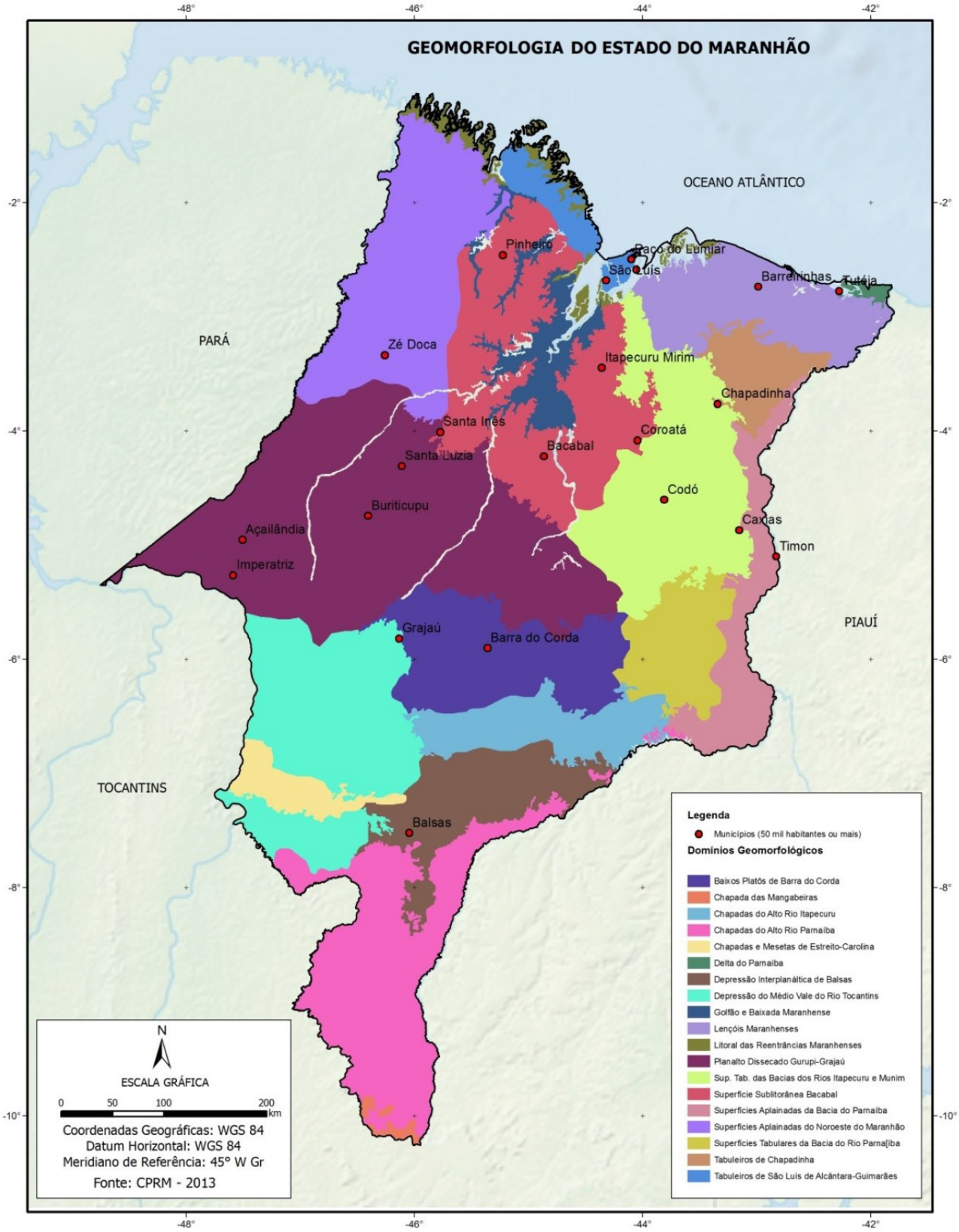

Figura 6: Geomorfologia do estado do Maranhão

Fonte: Adaptado de Embrapa (2013)

Do ponto de vista climático, o território maranhense se caracteriza, sobretudo, pelo seu caráter de transição entre os climas úmidos da Amazônia e semiárido do Nordeste, com temperatura média anual oscilando entre 21,8 ^{o}C (mínima) a 31,9 ^{o}C (máxima), com média de 26,2 ^{o}C. Por sua vez é o clima do tipo subúmido que abrange a maior extensão territorial e o que define a transição climática entre as áreas úmidas e secas (MARANHÃO, 1991).

Para Embrapa (2013) o território maranhense se define como uma área de transição de condições mais secas que caracterizam o semiárido do Nordeste para as condições úmidas do Norte e da Amazônia. Para a identificação das unidades climáticas, Embrapa (2013) utilizou-se do método de classificação proposto por Thorntwaite (1948), que utiliza dados de umidade, eficiência térmica e variações estacionais, sendo possível identificar quatro tipos climáticos no estado do Maranhão (Figura 7):

- Equatorial: quente (média maior que 18 °C em todos os meses), úmido (3 meses secos);
- Tropical Brasil Central: quente (média maior que 18 °C em todos os meses), semiúmido (4 a 5 meses secos);
- Tropical Zonal Equatorial: quente (média maior que 18 °C em todos os meses), semiárido (6 meses secos);
- Tropical Zonal Equatorial: quente (média maior que 18 °C em todos os meses), semiúmido (4 a 5 meses secos).

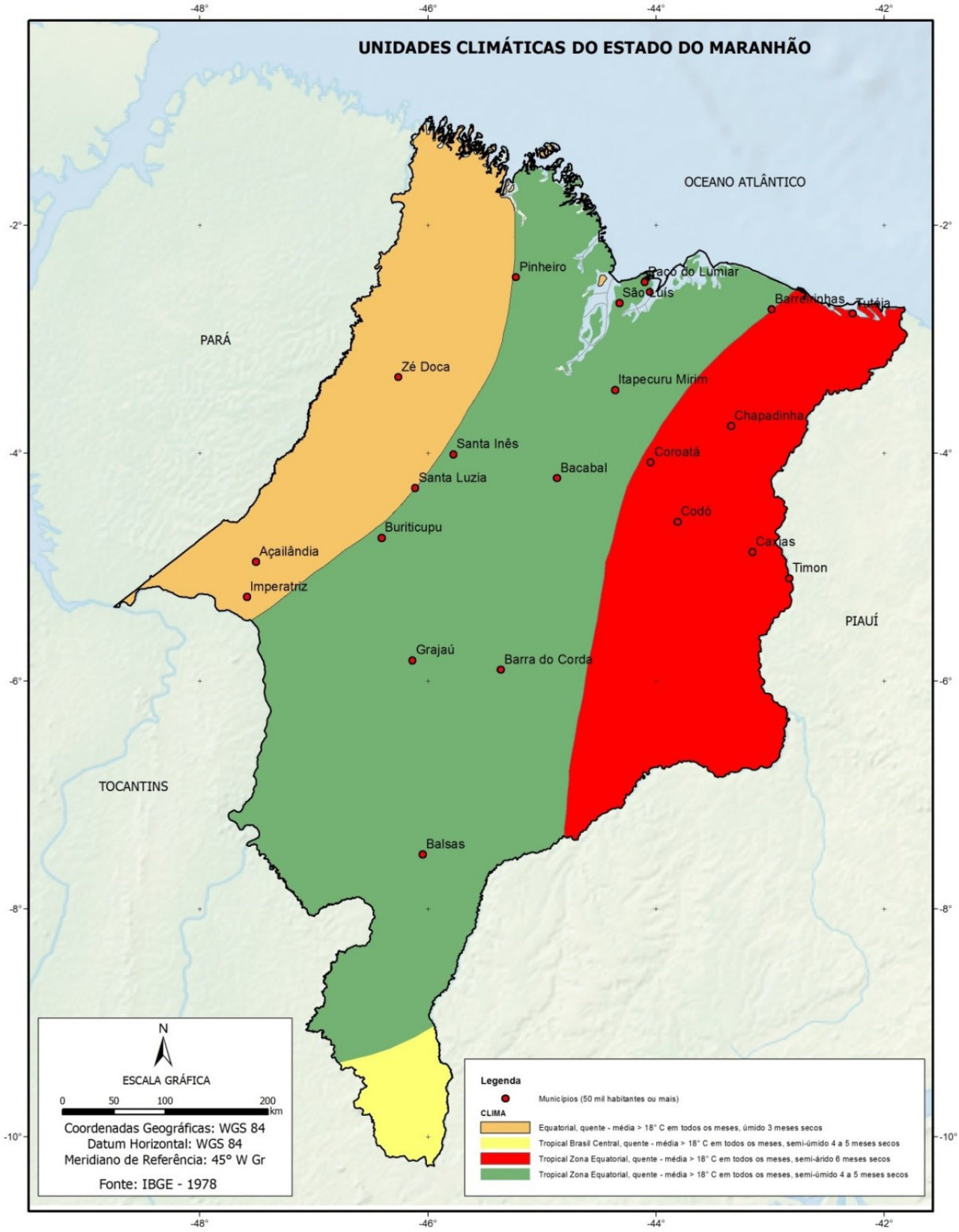

Figura 7 - Classificação climática do estado do Maranhão

Fonte: Adaptado de Embrapa (2013)

O estado possui elevados índices de precipitação pluviométrica que apresentam distribuição espacial bastante diversificada com valores predominantes que se situam entre 700 e 2.900 mm/ano. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.800 mm, variando de 1.100 mm na região dos Chapadões a 2.500 mm na região da Pré-Amazônia (Figura 8). O regime de chuvas é, nitidamente, tropical caracterizado pela divisão do ano em dois períodos distintos: 1) o chuvoso, que se inicia em novembro ou dezembro e se prolonga até abril ou maio e se caracteriza por chuvas de grande intensidade; e, 2) o seco, que corresponde aos meses de julho a dezembro, quando as precipitações são, geralmente, mais esparsas (EMBRAPA, 2013).

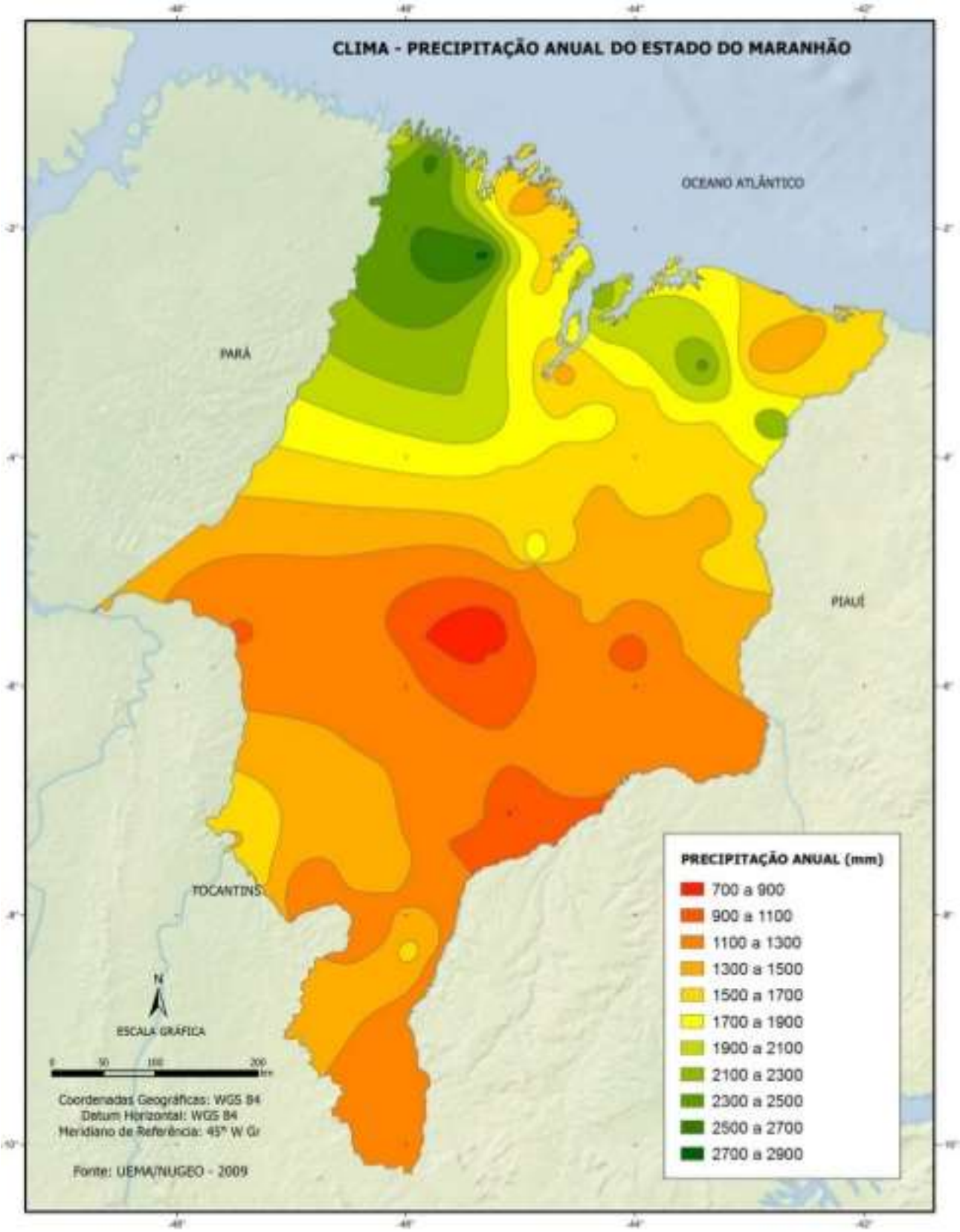

Figura 8 - Precipitação anual do estado do Maranhão

Fonte: Adaptado de Embrapa (2013)

Em razão da predominância litológica sedimentar no estado do Maranhão, os principais solos que ocorrem no território maranhense (Tabela 2), segundo o Sistema de Classificação utilizado por JACOMINE et al. (1986) são: Latossolos Amarelos (Álicos e Distróficos), Podzólicos Vermelho-Amarelos (Álicos, Distróficos e Eutróficos), Plintossolos (Álicos e Distróficos), Areias Quartzosas, Areias Quartzosas Marinhas e Solos Litólicos (Figura 9). Em menores proporções, são encontrados, ainda, os seguintes solos: Latossolos Vermelho-Escuros, Latossolos Roxos, Terra Roxa Estruturada, Podzólico Acinzentado, Cambissolos, Vertissolos, Gleissolos, Planossolos, Solos Aluviais e Solos Indiscriminados de Mangues (JACOMINE et al., 1986; EMBRAPA, 2013).

Tabela 2 - Principais tipos de solos

Classes de Solos	**Área km^2**	**Ocorrência Total (%)**
Latossolos	116.544,5	34,96
Podzólicos	88.208,5	26,46
Plintossolos	50.638,3	15,19
Areias Quartzosas	27.936,0	8,38
Litólicos	25.769,2	7,73
Gleissolos	7.367,4	2,21
Solos Indiscriminados de Mangue	7.167,4	2,15
Terra Roxa Estruturada	4.600,4	1,38
Solos Aluviais	2.633,6	0,79
Vertissolos	1.233,5	0,37
Planossolos	1.000,1	0,30
Cambissolos	266,7	0,08
Total	333.365,6	100,0

Fonte: Maranhão (2002)

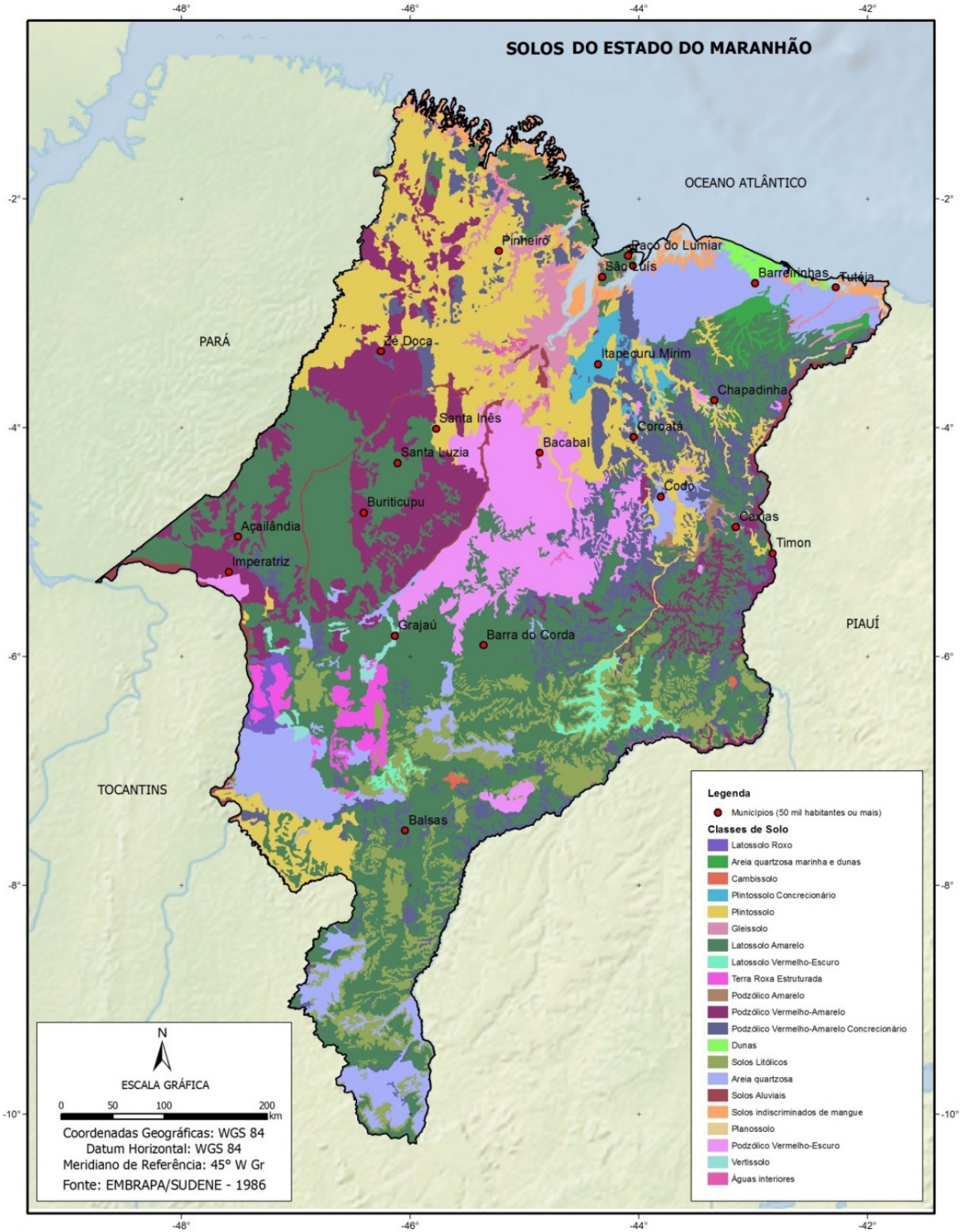

Figura 9 - Tipos de solos do estado do Maranhão

Fonte: Adaptado de Embrapa (2013)

O aspecto vegetacional se constitui como um dos mais importantes componentes da biota, na medida em que seu estado de conservação e de continuidade definem a existência ou não de habitats para diferentes espécies ou até mesmo o fornecimento de bens essenciais à sobrevivência humana (PROBIO, 2007).

Especificamente em relação ao Maranhão, a vegetação do estado apresenta sua diversidade ambiental em três diferentes biomas (STELLA, 2011): 1) Amazônia (34,8%), Cerrado (64,1%) e Caatinga (1,1%) (Figura 10).

Ocupando cerca de 22% do território nacional, o Cerrado é considerado um *hotspot* mundial de biodiversidade, reconhecido como a savana mais rica do mundo (BRASIL, 2015). Este apresenta grande diversidade de habitats entre diferentes fitofisionomias, desde as mais abertas (campos) até matas fechadas (cerradão ou florestas semideciduais) (STELLA, 2011).

A Caatinga, ocupando 11% do território nacional, é considerada a região semiárida mais biodiversa do mundo (BRASIL, 2015), caracterizada pela presença de arbustos com galhos retorcidos e com raízes profundas e de cactos e bromélias.

A Amazônia é o maior bioma do Brasil, ocupando quase metade do território nacional. Dominado pelo clima quente e úmido e com chuvas bem distribuídas durante o ano, esse bioma tem a vegetação característica de árvores altas, matas de várzeas nas planícies periodicamente inundadas e matas de igapó permanentemente inundadas, entre outras fitofisionomias (EMBRAPA, 2013).

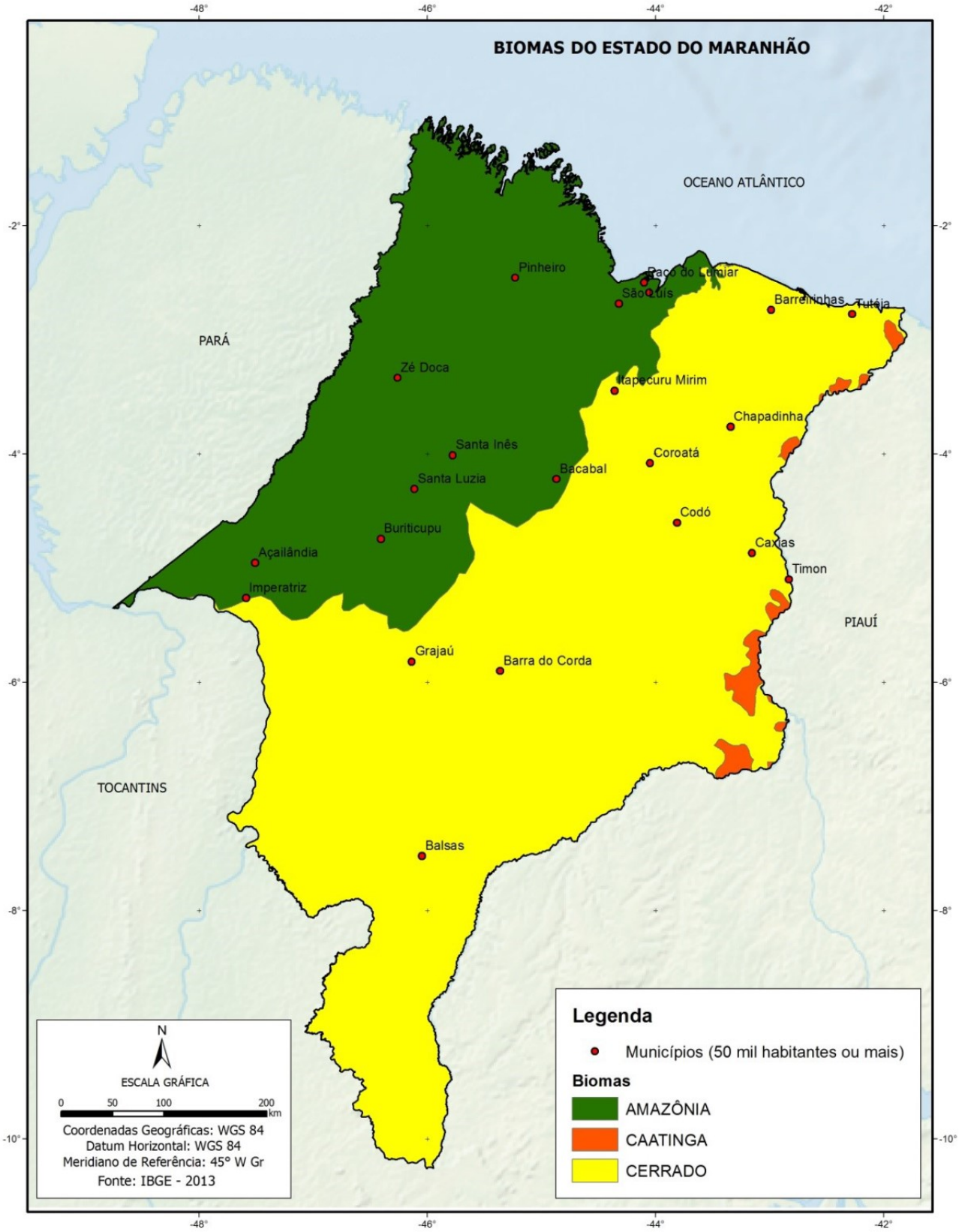

Figura 10 - Biomas do estado do Maranhão

Fonte: Adaptado de Embrapa (2013)

5.3 Dados epidemiológicos e socioambientais

Para retratar a taxa de detecção da doença foram coletados dados secundários, referentes à incidência da hanseníase dos casos notificados para o período 1º de janeiro de 2001 a 31 de dezembro de 2013, contendo o ano da notificação, sexo, faixa etária, classificação operacional, forma clínica e grau de incapacidade, disponibilizados pelo Sistema de Informação Nacional de Agravos Notificáveis (SINAN-Net, 2013), disponibilizados pelo Ministério da Saúde (DATASUS).

De posse dessas informações os dados foram organizados e computados em planilha Excel, por unidade municipal, e da população em risco para cada 10.000 hab., possibilitando analisar a evolução espaço-temporal da doença.

O levantamento dos dados demográficos do IBGE, para cada unidade municipal, levou em conta as informações provenientes dos censos de 2000 e 2010 (Tabela 3).

Tabela 3 - Variáveis populacionais e socioeconômicas consideradas no estudo

Variáveis	**Ano**		**Fonte**
População absoluta	2000 a 2010		IBGE
População censo	2000	2010	IBGE
Proporção da população de 5 anos ou mais alfabetizadas	2000	2010	IBGE
Taxa de analfabetismo da população	2000	2010	IBGE
Percentual de sexo masculino da população	2000	2010	IBGE
Percentual de sexo feminino da população	2000	2010	IBGE
PIB	2000	2010	IBGE
PIB per capita por ano segundo município	2000	2010	IBGE
Índice Gini	2000	2010	DATASUS
Renda per capita	2000	2010	IBGE
Número de domicílios	2000	2010	IBGE
Percentual de municípios com abastecimento de água	2000	2010	IBGE
Percentual de domicílios com coleta de lixo	2000	2010	IBGE
Percentual de domicílios com rede de esgoto	2000	2010	IBGE
Percentual da população urbana	2000	2010	IBGE
Densidade demográfica	2000	2010	IBGE

Os dados ambientais levaram em consideração as variáveis climas zonais (Equatorial, Tropical Brasil Central e Tropical Zona Equatorial), biomas (Caatinga, Cerrado e Amazônia) e as eras geológicas (Arqueano, Cenozóico, Mesozóico, Paleozóico, Neoproterozóico e Paleoproterozóico) e presença de corpos d'água, as quais levaram em consideração o percentual de área ocupada por unidade municipal.

5.4 Dados espaciais

A base de dados da malha cartográfica municipal do estado do Maranhão foi obtida a partir do sítio *ftp* do IBGE. A base georreferenciada, com disponibilidade geográfica de 217 municípios, definidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), tem formato de dado do tipo vetorial, extensão *shapefile* (**.shp*), sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e Datum SIRGAS 2000.

Tais dados foram organizados em um Sistema de Informação Geográfica, que levou em consideração a base geográfica do ano de 2007, fornecida pelo IBGE. Nessa etapa foram utilizados os *softwares ArcGis v. 10.1*®, com uso das extensões *Spatial Analyst* e *Geoestatistical*, além dos recursos do pacote *Office Excel* versões 2000 e 2007, para Windows.

5.5 Delineamento das fases de análise

Compreendeu duas fases distintas, a saber:

1. Estudo exploratório e descritivo sobre os aspectos epidemiológicos e operacionais da hanseníase, de acordo com os dados secundários;

2. Análise dos padrões espaços-temporais de transmissibilidade e diagnóstico de casos de hanseníase.

5.5.1 Estudo exploratório e descritivo sobre os aspectos epidemiológicos e operacionais da hanseníase, de acordo com os dados secundários

Esta fase se constituiu na construção de um banco de dados com série histórica dos aspectos epidemiológicos e operacionais dos casos de hanseníase para cada ano de análise, compreendendo o período de 2001 a 2010. Foi realizada uma análise exploratória e descritiva das taxas dos casos notificados de hanseníase/10.000 hab., para todos os municípios maranhenses.

Foram calculados e apresentados, de acordo com a "Estratégia Global para Maior Redução da Carga de Doenças devido à Hanseníase" pela OMS (WHO, 2007), os aspectos epidemiológicos e operacionais: a) taxas de casos novos/100.000 hab.; b) proporção de casos novos por faixa etária; c) proporção de casos novos por sexo; d) proporção de casos por classe operacional; e) proporção de casos por forma clínica; e, f) proporção de casos por grau de incapacidade.

O banco de dados, em formato dBase (**.dbf*), com todos os indicadores de casos foi tratado e filtrado. Os dados foram agrupados por unidade municipal, incluindo-se as informações populacionais para o período de 2001 a 2010.

5.5.2 Análise dos padrões espaços-temporais de transmissibilidade e diagnóstico de casos de hanseníase

5.5.2.1 Detecção de Agrupamentos e Risco Relativo (RR)

Esta fase objetivou analisar a distribuição dos padrões espaço-temporal dos indicadores epidemiológicos (casos notificados) da hanseníase para o período de 2001 a 2010, levando em consideração a área do município enquanto unidade de análise.

A estruturação do banco de dados levou em consideração, inicialmente, a definição da coordenada geográfica do centróide de cada área municipal, a partir do Sistema de Informação Geográfica (SIG). A base de dados geográfica foi exportada para o formato de análise (*.*txt*), do programa SatScan (KULLDORFF et al, 2006).

Para a análise dos dados, no programa *SatScan v.9.1.1*, foi necessária a organização de arquivos em formato de texto (*.*txt*) e salvos de acordo com suas características e propriedades. Um primeiro arquivo, de nome "geo" apresentou como base os códigos municipais (geocode IBGE) e as coordenadas geográficas dos centróides de cada município. Um segundo arquivo, com o nome "pop" e necessário para a análise, foi composto com todas as populações absolutas dos municípios de todos os anos compreendidos no estudo, bem como da identificação do geocode municipal. Por fim, um arquivo contendo o número de casos novos notificados para cada ano de estudo, por unidade municipal (com geocode IBGE), faixa etária e sexo, salvo com o nome "casos". O programa realiza a padronização dos casos por sexo e faixa etária de forma que os agregados resultantes não são decorrentes das diferenças na composição da população.

Para a identificação dos agregados (*clusters*) de risco para a hanseníase, foi utilizada a técnica de varredura (*scan*), considerando-se o modelo de distribuição de probabilidade *Discreto de Poisson* (KULLDORFF e NAGARWALLA, 1995; KULLDORFF et al, 2006).

Esse método se fundamenta na razão da máxima verossimilhança entre as áreas, em que o número de eventos em cada área foi considerado como distribuído de acordo com a população sob risco conhecida, ou seja um conjunto de áreas adjacentes, no mínimo consistentes com a hipótese de risco constante (agrupamentos alto e baixo). Esse método varre a área buscando identificar possíveis agregados, sem que haja conhecimento prévio de localização ou tamanho. Matematicamente é definido:

$$RR = \frac{c/E[c]}{(C-c)/(E[C]-E[c]} = \frac{c/E[c]}{(C-c)/(C-E[c])}$$

RR = risco relativo

c = é o número de casos observados dentro do agrupamento;

C = é o total de número de casos no conjunto de dados E[C]=C; sendo que a análise é condicionada a um número total de casos observados.

Conforme orientado por Kulldorff et al (2009), o *SatScan* foi modelado para: a) realizar a análise puramente espacial (quando os casos ocorrem em uma mesma região ou espaço) e o intervalo de tempo anual; b) obedecer ao modelo de distribuição de probabilidade de Poisson (em que a distribuição é heterogênea e os eventos são raros em relação à população); c) considerar aglomerados com 10% e 50% da população sob o risco de contrair a hanseníase; e, d) submeter a análise à replicação de Monte Carlo de 9.999 vezes.

A estatística de varredura espacial *scan* aplica uma janela circular de diferentes tamanhos sobre a superfície a ser analisada, permitindo que seu centro se mova de forma que esta inclua um conjunto diferente de vizinhos próximos (*máxima verossimilhança*). Neste

sentido, seu raio varia de zero ao máximo possível dentro do percentual de população sob risco considerada. Os percentuais das populações em risco devem ser estabelecidos antes da varredura.

Após a análise o *software* gerou diferentes arquivos em formato **.txt* e *dBase*, contendo informações diferenciadas sobre o Risco Relativo (RR) de cada agregado analisado e identificado, assim, cada uma das unidades municipais, individualmente.

5.5.2.2 Estimativa Bayesiana Empírica Local

Os Estimadores Bayesianos Empíricos levam em consideração que a taxa "real ou bruta" associada a cada área não é conhecida e que uma taxa observada é disponível (ASSUNÇÃO *et al.*, 2005). A ideia dos estimadores bayesianos é supor que a taxa real é uma variável aleatória, que possui uma média e uma variância conhecidas (BAILEY, 2001).

Para estimar a variabilidade espacial na análise dos dados de área foi construída uma Matriz de Proximidade Espacial, também chamada de Matriz de Vizinhança, considerando como estratégia de construção o critério da contiguidade, em que para os municípios vizinhos e limítrofes foram utilizados como peso o valor 1 (um) e para os que não apresentavam geometrias fronteiriças adjacentes o valor 0 (zero).

Dado um conjunto de n áreas $\{A1,..,An\}$, foi construída a matriz $W(1)\ (n \times n)$, onde cada um dos elementos wij representou uma medida de proximidade entre Ai e Aj. A matriz de proximidade foi utilizada nos cálculos dos indicadores da doença na fase de análise exploratória e de operações dos dados espaciais. O *software* TerraView permitiu o armazenamento da matriz no banco de dados, de forma que a mesma matriz pudesse ser utilizada em outras análises, evitando seu cálculo diversas vezes.

Para corrigir as flutuações aleatória nas unidades municipais maranhenses ou das taxas brutas de incidência da hanseníase, aplicou-se o Estimador Bayesiano Empírico Local (MARSHALL, 1991, SANTOS e SOUZA, 2007) que consistiu em utilizar as informações contidas nas áreas vizinhas gerando estimativas médias sobre o risco nas unidades de análise, de tal maneira que o risco subjacente fosse convergido para a média local das vizinhanças.

As Taxas Bayesianas Empíricas Locais foram calculadas com correção da taxa multiplicativa igual a 10.000, levando em consideração a população em risco e o número de casos para cada ano analisado, por área municipal, para diminuir esta instabilidade não associada ao risco de ocorrência do evento. Cada área teve seu valor reestimado através de uma média ponderada entre o valor medido e a taxa média local, estabelecendo-se o peso como inversamente proporcional à população da região.

Os dados de casos notificados de hanseníase, para o período de 2001 a 2010, foram tabulados e organizados no programa Microsoft Office Excel 2010, contendo informações de: unidade municipal, coordenadas geográficas em sistema SIRGAS 2000, e número absoluto de casos notificados. Para esta tabela de atributos foi feita uma ligação (*join*) com o arquivo vetorial (*shapefile*) da malha municipal do estado do Maranhão.

No programa TerraView foi importado o arquivo em formato *shapefile* dos municípios do estado do Maranhão, disponibilizado pelo IBGE. O banco de dados foi gerado no programa Microsoft Office Acess 2010.

Ao banco de dados adicionaram-se os dados de população de cada município maranhense, referentes aos censos de 2000 e 2010. Com base nos dados de população e número de casos de hanseníase foram calculadas as taxas brutas para cada município.

A taxa bruta apresenta grande instabilidade para regiões com população de risco pequena, isto é, regiões com pequenas populações estão muito mais suscetíveis às flutuações

nas taxas, devido à ocorrência de uns poucos eventos por mero acaso, do que regiões populosas. As Taxas Bayesianas Empíricas baseiam-se no uso de informação das outras áreas que compõem a região de estudo, para diminuir esta instabilidade não associada ao risco de ocorrência do evento (INPE, 2015).

No TerraView, foi aplicado o método Bayesiano Empírico Local para o cálculo das taxas suavizadas, para cada unidade municipal maranhense, observando se no denominador (a população de risco) não tinha valor menor ou igual a zero. Esta análise possibilitou suavizar os efeitos aleatórios das taxas resultantes do cálculo dos coeficientes para as pequenas áreas e populações, assim como das flutuações anuais.

5.5.2.3 Regressão Linear Múltipla Espacial

Foram realizadas regressões lineares múltiplas espaciais analisando dois períodos distintos: o primeiro com ocorrência de casos de hanseníase no estado do Maranhão entre 2001 e 2003 e o segundo, entre 2011 e 2013, com o propósito de avaliar a relação entre a ocorrência da doença e variáveis demográficas, socioeconômicas e ambientais. A unidade de análise considerada foi cada um dos 217 municípios do Maranhão. O número de casos de hanseníase notificados em cada um dos períodos foi considerado como variável dependente. A partir de um marco conceitual definido previamente, as variáveis independentes foram classificadas em distais, mediais e proximais (VICTORA et al., 1997), conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação hierárquica das variáveis explicativas

Variável	Nível Hierárquico
Proporção de população de 5 anos ou mais alfabetizada Taxa de analfabetismo da população Percentual de sexo masculino Renda per capita Número de domicílios Percentual de domicílios com abastecimento de água Percentual de domicílios com coleta de lixo Percentual de domicílios com rede de esgoto Percentual de população urbana	Proximal
PIB PIB per capita por ano segundo município Índice Gini Densidade demográfica	Medial
Bioma Clima Geologia	Distal

Considerando que a análise tratava-se de uma modelagem ecológica cuja variável dependente expressa-se no espaço geográfico (em cada um dos municípios do Maranhão), foi necessário incorporar uma estrutura espacial na análise. Optou-se por realizar o estudo em um contexto Bayesiano, utilizando-se um modelo Gaussiano latente e o método de aproximações de Laplace aninhadas e integradas (Integrated Nested Laplace Aproximation (INLA) methodology), que fornece a distribuição à posteriori dos parâmetros de interesse (BLANGIARDO et al., 2013, RUE et al., 2009).

O marco conceitual foi implementado mediante modelos Bayesianos de Besag-York-Mollié, para considerar explicitamente a estrutura espacial dos dados (BLANGIARDO,

2015). Foram usadas "priors" minimamente informativas no logaritmo da precisão do efeito estruturado (logGamma(1, $5e^{-4}$)), no logaritmo do efeito não estruturado (logGamma(1, $5e^{-4}$)) e nos efeitos fixos (Normal(0, 1/σ2), 1/σ2 = 1e-4) (BLANGIARDO, 2015). A verossimilhança foi modelada usando uma distribuição de Poisson. O logaritmo do número esperado de casos, calculado por padronização indireta, foi usado como "offset" para expressar os casos em termos do risco relativo (RR) (BLANGIARDO, 2015). Todas as variáveis explicativas foram padronizadas, e para evitar problemas de colinearidade, eliminou-se iterativamente a variável com o maior fator de inflação da variância (FIV) até que nenhuma variável tivesse um FIV maior do que três (ZUUR et al., 2010).

Para a seleção de variáveis escolheu-se o modelo com o menor WAIC[2] (*Watanabe-Akaike information criterion* ou *widely applicable information criterion*, equivalente ao AIC - *Akaike information criterion*) (GELMAN, 2014), apenas considerando as variáveis distais. Posteriormente acrescentaram-se as variáveis mediais e escolheu-se o modelo com o menor WAIC, mantendo as variáveis distais escolhidas. Finalmente acrescentaram-se as variáveis proximais e escolheu-se o modelo com o menor WAIC, mantendo as variáveis distais e mediais escolhidas.

A implementação dos modelos foi feita seguindo a abordagem INLA, usando o R 3.2.0 (R CORE TEAM, 2009) e os pacotes INLA (RUE et al., 2009) e INLAOutputs (SANTOS-BAUQERO, 2015).

[2] o WAIC tem a desejável propriedade de mediar sobre a distribuição *a posteriori* em vez de condicionar em um ponto estimado. Isto é especialmente relevante em um contexto de predição, assim o WAIC está avaliando as predições que estão atualmente sendo usadas para novos dados em um contexto Bayesiano (GELMAN et al., 2014).

6 RESULTADOS

6.1 Perfil clínico-epidemiológico dos casos de hanseníase no estado do Maranhão

Entre 2001 e 2010 foram notificados 53.826 (Gráfico 5) casos de hanseníase, em todo o estado do Maranhão, implicando em uma taxa média de detecção de 6,73 de casos notificados por 10.000 hab. (Gráfico 6). O estado encontra-se no agrupamento hiperendêmico número 1 do Brasil (PENNA, 2008) sendo o quarto estado com maior número de casos registrados, para o período de análise.

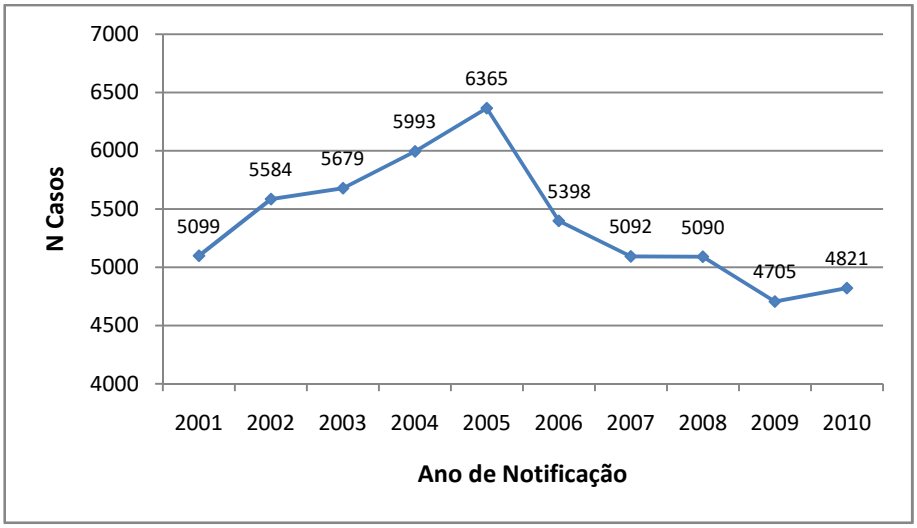

Gráfico 5 - Número de casos notificados no estado do Maranhão, para o período de 2001 a 2010

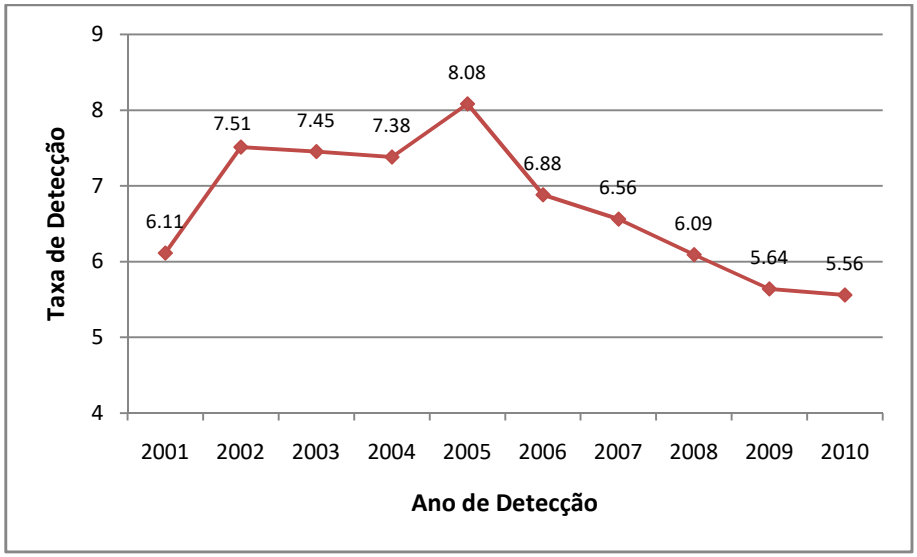

Gráfico 6 - Taxa de detecção por 10.000 hab. no estado do Maranhão, para o período de 2001 a 2010

Ao observarmos o Gráfico 6, constatou-se que os municípios maranhenses apresentaram tendência crescente, em seus índices médios, de 6,11/10.000 hab., no ano de 2001, para 8,08/10.000 hab., em 2005, quando apresentou seu pico máximo. A partir do ano de 2005 as taxas de detecção começaram a apresentar uma tendência decrescente, chegando a 5,56/10.000 hab., em 2010. Contudo, mais de 50% da população maranhense vive em municípios com taxas médias superiores a 5 casos/10.000 hab., quando a taxa ideal, de acordo com a OMS, é menos de 1 caso/10.000 hab.

Municípios como São Luís, capital maranhense, Imperatriz, Açailândia e Bacabal ainda apresentam altas taxas em razão de se constituírem como polos receptores de casos notificados, face à estrutura da rede de saúde municipal, bem como da localização geográfica dentro do estado, exercendo forte influência em seus vizinhos, embora com tendência linear negativa.

Na análise da distribuição da detecção média de casos de hanseníase por município, constatou-se que apenas 3,69% destes estão classificados como de baixo risco, 22,12% como de endemicidade muito alta e 43,32% como municípios hiperendêmicos.

Para a avaliação do perfil clínico-epidemiológico da hanseníase nos municípios maranhenses, assim como a forma clínica de hanseníase baseada nos critérios da Organização Mundial de Saúde (OMS) e o grau de incapacidade física por ela determinada, a população de estudo foi selecionada a partir de dados de notificação do SINAN/MS.

Observou-se que dos 53.826 casos de hanseníase notificados no período de análise, a distribuição dos casos por sexo revelou que, como na maior parte do mundo, o sexo masculino apresentou predomínio de 31.086 (57,75%) em relação ao feminino, de 22.740 (42,25%) conforme o Gráfico 7.

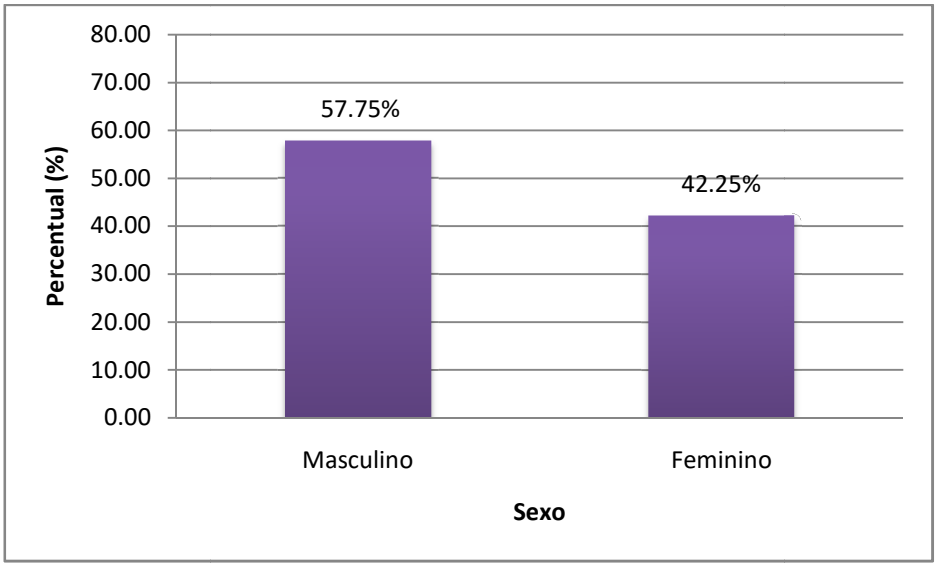

Gráfico 7 - Distribuição por sexo dos casos de hanseníase no estado do Maranhão, período de 2001 a 2010

O sexo masculino apresentou maior destaque no estudo em relação ao feminino. Silva et al. (1994), em estudo similar, sugeriram um aumento de casos do sexo feminino na região oeste do estado. Da mesma forma aconteceu com Figueiredo (2001), que ao estudar a

expansão da hanseníase na capital, São Luís, constatou um aumento do número de casos no sexo feminino. Por outro lado, o predomínio do sexo masculino é fortemente observado em outros estudos nas diferentes regiões do país.

Na maior parte do mundo a hanseníase afeta os homens com maior proporção (2/1) do que as mulheres. Essa preponderância nos homens é observada em diversas situações geográficas como na Índia, Filipinas, Havaí, Venezuela e Camarões (WHO, 2015).

Deve-se salientar que a preponderância da hanseníase no sexo masculino não é universal e há várias áreas, particularmente na África, onde há ocorrência da hanseníase igual nos dois sexos, ou ocasionalmente até mesmo uma maior prevalência entre as mulheres (WHO, 2015).

Quanto à distribuição etária, observou-se que 10,13% (n=5.419) dos casos estavam na faixa etária de <15 anos, havendo predominância da doença na faixa etária >15 anos, com 89,87% (n=48.099) (Gráfico 8).

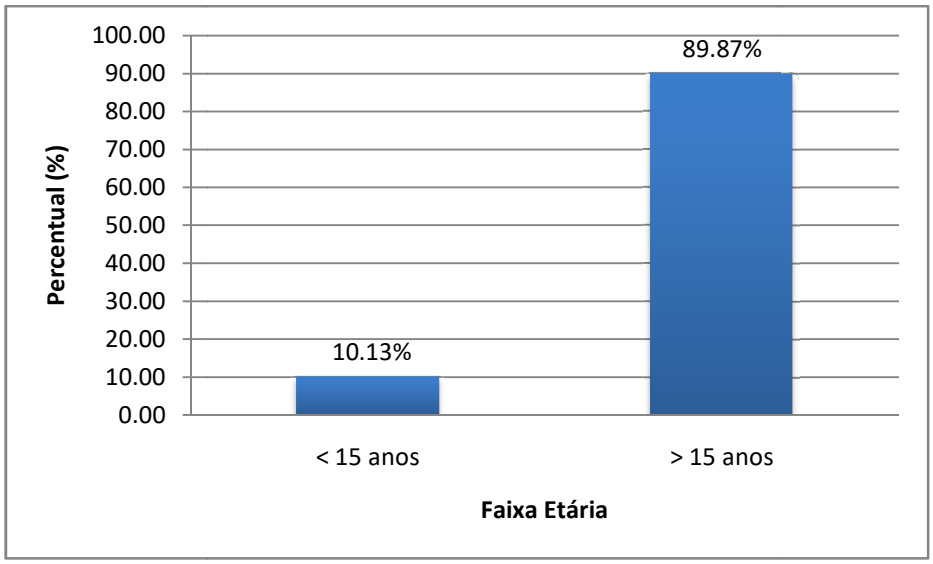

Gráfico 8 - Faixa etária dos casos de hanseníase no estado do Maranhão, período de 2001 a 2010

Muito embora nas faixas avaliadas, no estudo, estas apresentem divergências, nota-se que há uma prevalência de casos de hanseníase em >15 anos, faixa da população economicamente ativa, 15-65 anos, o que demonstra que tem havido um aumento no número de casos com a progressão da idade.

Neste sentido há uma grande preocupação visto que com a possibilidade de desenvolvimento de incapacidades e lesões cutâneas, em que esta população poderá sofrer sérios riscos de segregação e acarretar alto custo social e econômico para o estado em razão do afastamento de suas atividades produtivas, quando diagnosticados tardiamente.

Mesmo observando que há uma menor proporção de casos de hanseníase em menores de 15 anos do que em adultos, evidencia-se que essa população infanto-juvenil pode ter sido acometido pela doença nos primeiros anos de vida, demonstrando que a transmissão do *M. leprae* ainda esteja ocorrendo de forma significativa e ativa no estado do Maranhão. Para Aquino et al. (2003), o contágio precoce com o agente causador é mais comum em regiões de alta prevalência, onde a transmissão ocorre de maneira marcante.

Quanto à classe operacional dos casos de hanseníase para o mesmo período, identificou-se que 21.450 (39,90%) dos casos foram Paucibacilares (PB) e que a predominância dos casos foram Multibacilares (MB) com 32.311 (60,10%) (Gráfico 9).

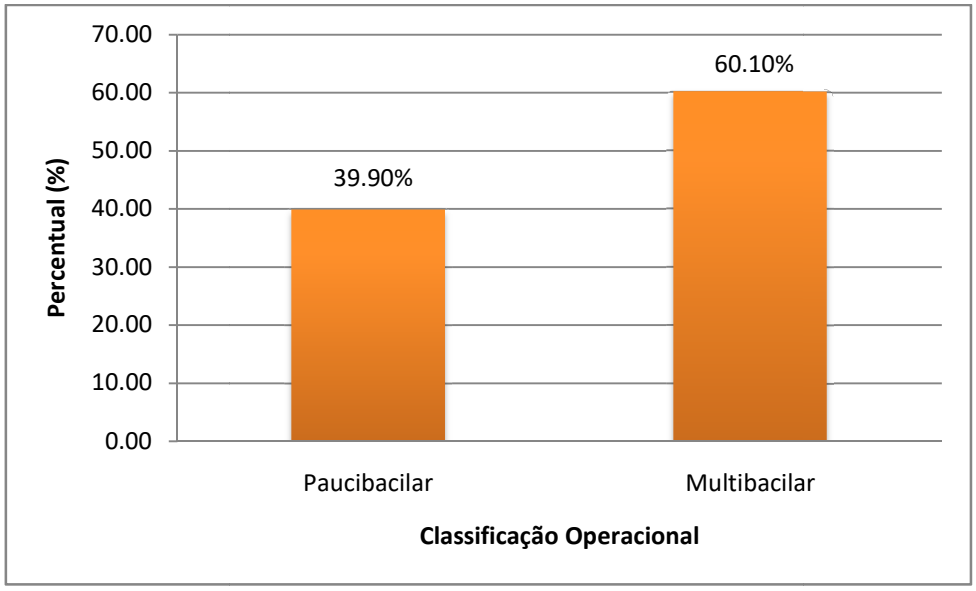

Gráfico 9 - Classificação operacional dos casos de hanseníase no estado do Maranhão, no período de 2001 a 2010

Esta alta ocorrência de casos Multibacilares (MB), no estado do Maranhão, pode ser um forte indicativo decorrente do longo período de incubação da doença somado ao não diagnóstico precoce.

Quanto à forma clínica, de acordo com a classificação de Madri, que se baseia nas características clínicas e baciloscópicas, dividindo a hanseníase em dois grupos instáveis, Indeterminado e Dimorfo, e dois tipos estáveis, Tuberculoide e Virchowiano polares (RODRIGUES e LOCKWOOD, 2011), constatou-se que a maioria dos casos apresentou a forma Dimorfa, com 18.927 (38,71%), a qual foi prevalente em todos os anos analisados, e que apenas 2.288 (4,68%) dos casos eram do grupo Não Classificada (Gráfico 10).

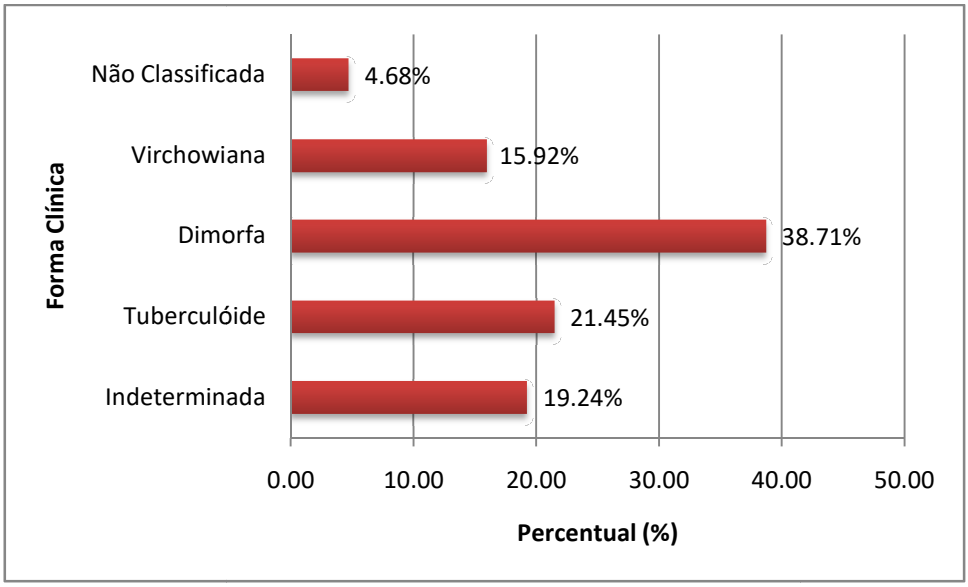

Gráfico 10 - Forma clínica apresentada dos casos de hanseníase no estado do Maranhão, no período de 2001 a 2010

A forma clínica dimorfa apresentou uma maior prevalência dos casos notificados de hanseníase, demonstrando que tem havido um grande poder de transmissão da doença no Maranhão. O baixo percentual apresentado da forma indeterminada demonstra que tem ocorrido atraso no diagnóstico precoce, permitindo inferir que, possivelmente, a rede básica de saúde não vem detectando, de forma satisfatória, os casos nas formas iniciais da doença, já que esta se caracteriza como sendo o início de manifestação da hanseníase e que pode evoluir para cura espontânea ou para outras formas polarizadas (TALHARI e NEVES, 1997).

Por outro lado, a menor ocorrência da forma Virchowiana aponta que a doença tem apresentado baixo poder de incapacidade. As deformidades e incapacidades físicas se constituem como o principal problema da hanseníase, e importante impacto da doença na sociedade.

Para Van Brakel et al. (2012), as manifestações clínicas que mais preocupam, de um modo geral, os profissionais da área de saúde e pacientes são decorrentes do processo de neuropatia periférica, ou seja, o desencadeamento da doença, pela presença do bacilo, nas

terminações nervosas do tecido e troncos nervosos. Essa lesão neural pode levar a alterações sensitivas, motoras em membros inferiores e superiores, face e tronco, irreversíveis em alguns casos capazes de gerar incapacidade, física e psicológica, ao indivíduo, podendo levar a deformações e/ou amputação dos membros afetados (BARRETO e SALGADO, 2010).

No que diz respeito aos casos notificados quanto ao grau de incapacidade, em que os graus (0, I e II) atribuídos para cada membro lesionado representa o grau de incapacidade, verificou-se que durante o período de análise a maioria 69,71% (n=29.250) dos casos não apresentaram incapacidade (grau zero), mesmo os casos tendo sido acometidos por diferentes formas clínicas. Por outro lado, 22,78% (n=9.558) dos casos apresentaram grau de incapacidade I e 7,51% (n=3.149) apresentaram grau de incapacidade II, que correspondem a deformidades em consequência da doença (Gráfico 11). Este resultado pode ser reflexo de uma procura tardia pelo serviço de saúde por parte do paciente.

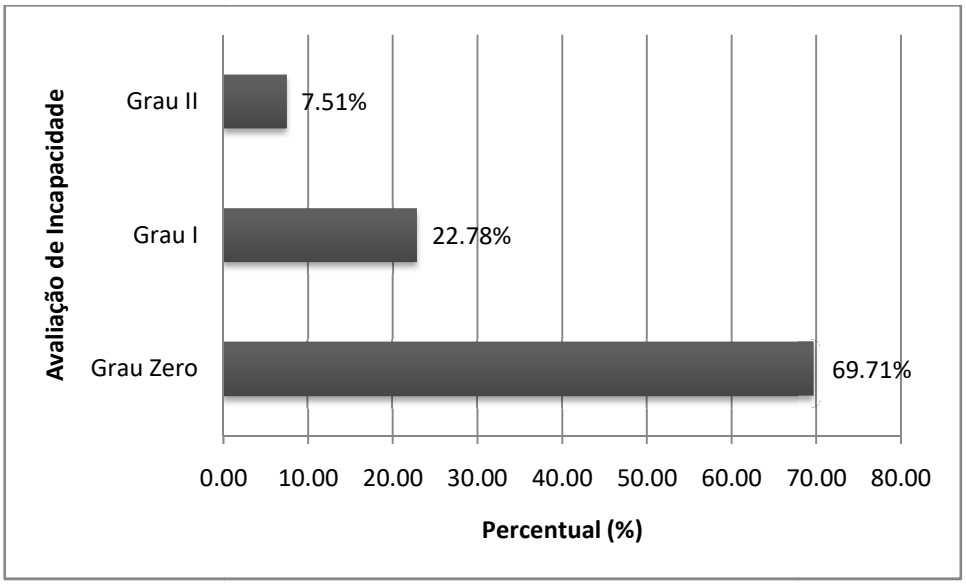

Gráfico 11 - Distribuição quanto ao grau de incapacidade apresentada nos casos de hanseníase no estado do Maranhão, no período de 2001 a 2010

Na avaliação do grau de incapacidade, constatou-se, através de dados secundários do SINAN/Ministério da Saúde, que um número de pacientes inferior a 30% apresentou algum grau de incapacidade física, o que leva a crer que a avaliação do grau de incapacidade pode não estar sendo realizada de forma cuidadosa e, provavelmente, muitos pacientes que apresentam dormência nas mãos, pés e, em alguns casos, córneas, podem não ter sido identificados durante as notificações. Por outro lado, outros autores, como Oliveira (1993), Meima et al. (1999) e Goulart et al. (2002) relatam, em seus estudos, a presença de pacientes com algum grau de incapacidade física a níveis superiores a 40%.

A hiperendemicidade no Maranhão, associada às baixas condições socioeconômicas e ambientais, agravada, ainda, pela existência de pacientes que apresentam incapacidades físicas em decorrência da hanseníase, interfere na qualidade de vida destes indivíduos.

6.2 Estatística *Scan* na análise da distribuição espaço-temporal do risco de hanseníase

O modelo de análise estatística espacial pode ser usado para desenhar estratégias de controle e monitoramento de diferentes notificações epidemiológicas. É possível modelar a ocorrência destes fenômenos, incorporando os fatores determinantes, a estrutura de distribuição espacial ou a identificação de padrões.

Para uma situação de n desproporcional a p, onde n tende para infinito ($n \rightarrow \infty$)e p tende para 0 ($p \rightarrow 0$), e em que os eventos ocorrem em intervalos de tempo especificado (que poderá ser também volume, distância, área, etc.), a distribuição binomial torna-se ineficiente devido às circunstâncias. Em condições em que o número de ocorrências (variável aleatória discreta, que corresponde a números inteiros positivos maiores que zero, como um telefonema, um acidente, um defeito, etc.) de um evento em um intervalo de tempo seja independente do evento em outro intervalo; a probabilidade de duas ou mais ocorrências simultâneas é zero; o número médio de ocorrências é constante em todo o intervalo avaliado, a distribuição discreta de Poisson[3] (ou lei dos fenômenos raros) é o modelo ideal para avaliar as probabilidades.

Diferentemente da distribuição binomial em que o tamanho de n e pela probabilidade p são os parâmetros, a distribuição de Poisson leva em conta a taxa de ocorrência da média (λ).

[3] Denominada assim em honra a Simeón-Denis Poisson, matemático francês que a descreveu no final do século XIX no seu trabalho: *Recherches sur la probabilité des jugements em matières criminelles et matière civile* (Investigação sobre a probabilidade dos juízos em matérias criminais e civis)

A probabilidade da ocorrência de k dado a média λ é dado pela função.

$$P(X = k) = \frac{(\lambda^k)e^{-\lambda}}{k!} onde\ k = 0, 1, 2, 3 \ldots..$$

Onde:

λ = Taxa de ocorrência por unidade medida. Sendo positivo maior que zero (λ> 0).

k = Número de ocorrências (ilimitado).

$e \cong$ 2,718281 (número de Euler ou número exponencial ou logaritmo neperiano).

Notação:

$$X \sim P(\lambda)$$

Indica que a variável aleatória X tem distribuição de Poisson com parâmetro λ (taxa de ocorrência).

Para a distribuição de Poisson, temos os seguintes parâmetros:

$$média: \mu = E(X) = \lambda$$

$$desvio\ padrão: \sigma = \sqrt{\lambda}$$

Onde a média (μ) é igual à esperança *E(X)* que é a taxa de ocorrência (λ). O desvio padrão é igual à raiz quadrada da taxa de ocorrência (λ).

A estatística *scan* (varredura), indicada na localização de aglomerados, pode ser ajustada para densidade populacional, assim como pode permitir que o teste estatístico de razão de verossimilhança leve em conta testagens múltiplas informando um único valor de *p* ao testar a hipótese nula (KULLDORFF et al., 1997).

Esta análise buscou identificar agrupamentos considerando-se 10% e 50% da população sob risco. O aglomerado hierárquico de vizinhos mais próximos, além de ser um

método exploratório de análise espacial, pôde ser combinado com uma simulação de Monte Carlo com 999 vezes de replicações, obtendo-se um valor *p* de maior validade estatística.

Esse método simulou uma série de dados de acordo com o modelo de modo a testar a existência de aglomerados que fossem estatisticamente significativos, bem como de valores de casos esperados e calcular o risco relativo (RR) por padronização indireta.

Na análise da estatística espacial *scan* para o estado do Maranhão foram detectados 14 e 6 agrupamentos espaciais, considerando-se 10% e 50% da população em risco, respectivamente.

A análise de varredura espacial de casos novos de hanseníase possibilitou detectar 7 agrupamentos de risco alto e 7 agrupamentos baixo, a 10% da população em risco (Apêndice A). Nessa análise, o agrupamento primário (*most likely cluster*), localizado na Mesorregião Oeste Maranhense, compreendendo os municípios de Açailândia, Bom Jardim, Bom Jesus das Selvas, Buriticupu, Buritirana, Cidelância, Davinópolis, João Lisboa, Imperatriz, Itinga do Maranhão, São Francisco do Brejão, Senador La Roque, apresentou o valor mais alto do risco relativo (RR=2,08), para o período de análise.

Esse mesmo agrupamento apresentou um número de casos de 8.949, com taxa de detecção anual de 14,23/10.000 hab. (Tabela 5). Os municípios deste agrupamento, estão localizados em áreas fronteiriças do estado do Maranhão e possuem características favoráveis à proliferação de epidemias, muitas das vezes face ao processo migratório.

Cabral-Miranda et al. (2015), em análise similar realizada no estado da Bahia e entorno, constataram que os aglomerados de casos de hanseníase estavam mais concentrados nos extremos norte e sul do estado, inferindo que os municípios que apresentaram os aglomerados de risco alto, em sua maioria, faziam fronteiras ou estavam próximo aos limites dos estados vizinhos.

Tabela 5 - Agrupamentos puramente espaciais (10% da população) de casos novos de hanseníase, de 2001 a 2010, por área municipal do Maranhão.

Agrupamentos	Número de localidades	Número de Casos	Casos Esperados	Risco Relativo	Valor de *p*
1	12	8.949	4.734,40	2,08	<0,000
2	29	1.853	5.033,44	0,34	<0,000
3	24	8.309	4.754,30	1,90	<0,000
4	30	2.303	4.754,30	0,46	<0,000
5	21	785	2.418,97	0,31	<0,000
6	01	2.433	1.219,82	2,04	<0,000
7	18	1.123	2.368,80	0,46	<0,000
8	05	1.903	993,03	1,95	<0,000
9	02	253	565,33	0,44	<0,000
10	04	547	274,01	2,01	<0,000
11	05	1.807	2.475,85	0,72	<0,000
12	05	1.807	809,40	1,45	<0,000
13	02	75	207,32	0,36	<0,000
14	01	1.215	944,33	1,29	<0,000

A análise de varredura possibilitou detectar um total de 33.362 casos, nos agrupamentos espaciais a 10% da população em risco, dos quais 25.163 e 8.199 casos estavam associados aos riscos alto e baixo, nessa ordem. Dos 159 municípios maranhenses identificados nos agrupamentos, 52 apresentaram risco alto com coeficiente de detecção anual médio de 51,08/10.000 hab. Por outro lado, 107 municípios apresentaram um risco baixo e coeficiente de detecção anual médio de 7,76/10.000 hab. (Figura 11).

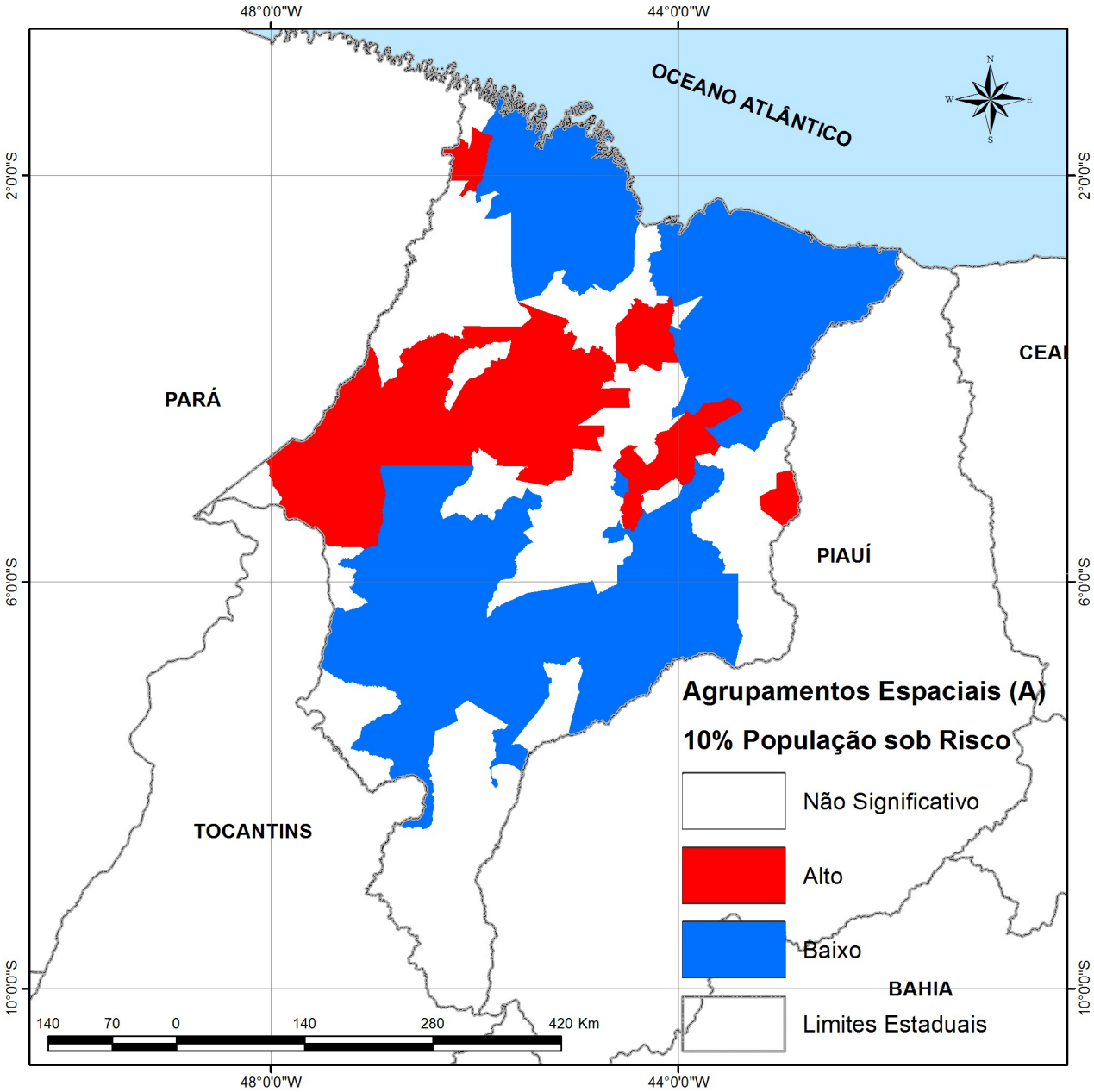

Figura 11 - Agrupamentos espaciais da hanseníase no estado do Maranhão, a 10% da população sob risco, para casos novos notificados de 2001 a 2010

Para a análise de varredura espacial de casos novos de hanseníase, a 50% da população em risco, observou-se que 3 agrupamentos apresentaram risco alto e 3 risco baixo (Apêndice B). Verificamos que os agrupamentos 1, 4 e 5 se destacaram com os maiores riscos, RR=1,93, RR=2,04 e RR=1,95, consecutivamente, e com taxas de detecção de 11,00, 15,02 e 14,43/10.000 hab., respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6 - Agrupamentos puramente espaciais (50% da população) de casos novos de hanseníase, de 2001 a 2010, por área municipal do Maranhão.

Agrupamentos	Número de localidades	Número de Casos	Casos Esperados	Risco Relativo	Valor de *p*
1	86	25.848	17.689,15	1,93	<0,000
2	39	10.990	16.740,10	0,56	<0,000
3	24	1.340	3.130,16	0,41	<0,000
4	01	2.433	1.219,82	2,04	<0,000
5	05	1.903	993,03	1,95	<0,000
6	11	906	1.894,91	0,47	<0,000

São nesses agrupamentos que estão inseridos os municípios das Mesorregiões Oeste, Centro e Leste Maranhense, localizados em áreas de transição entre as regiões pré-amazônica e de cerrado. Estes municípios apresentam fatores socioambientais propícios em decorrência do acelerado crescimento urbano, deficiência nos setores de saneamento básico, baixos índices de qualidade de vida e econômico, crescente movimento migratório atraído pela expansão de novas fronteiras agrícolas, bem como a falta de políticas públicas adequadas e eficientes.

A estatística de varredura detectou nos agrupamentos espaciais a 50% da população em risco, que 30.184 (69,52%) casos apresentaram um risco alto distribuídos em 92 municípios, com coeficiente de detecção anual médio de 13,48/10.000 hab. Por outro lado, do total de 43.420 casos detectados, 13.236 (30,48%) retrataram um risco baixo em 74 municípios identificados (Figura 12).

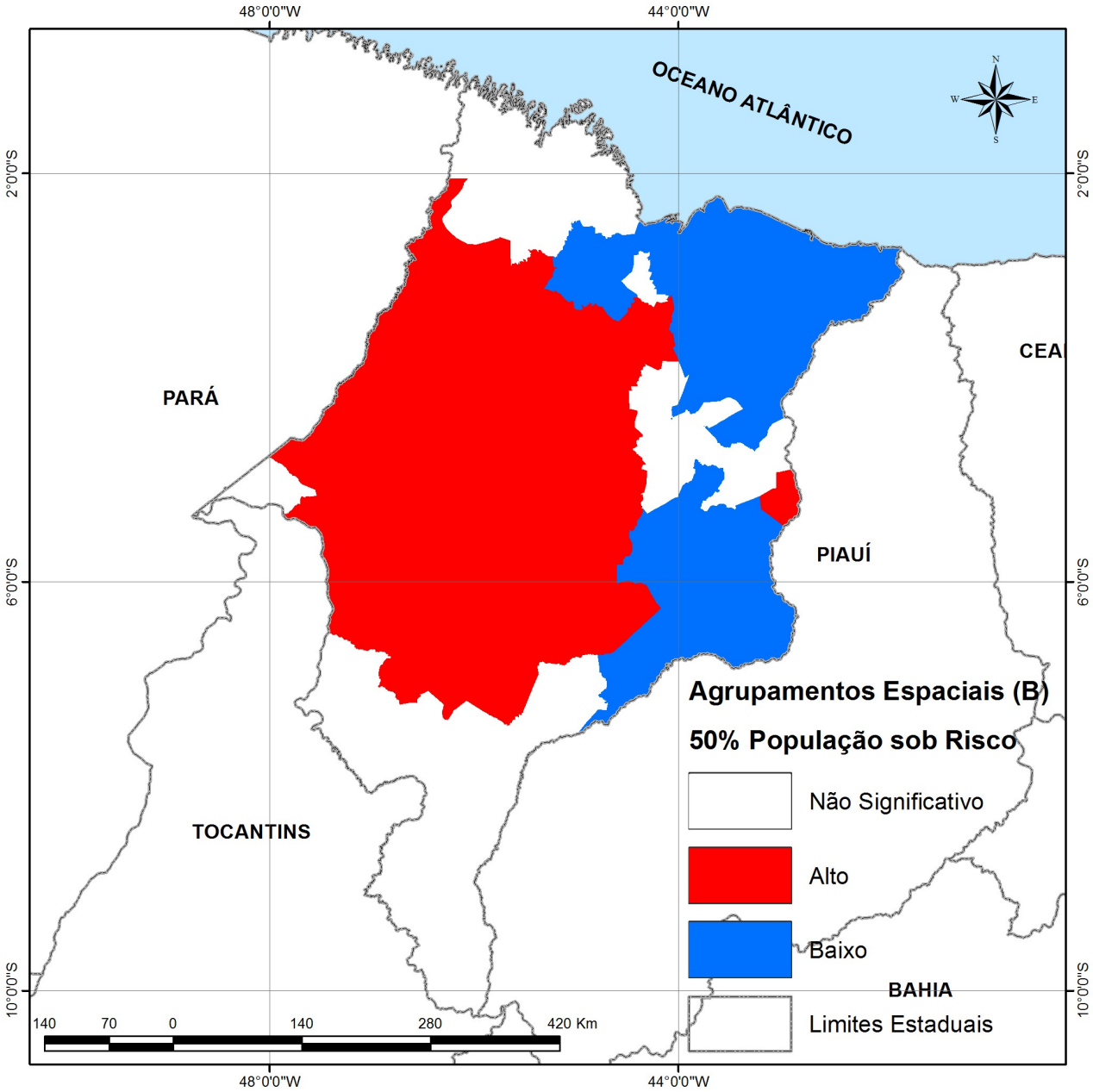

Figura 12 - Agrupamentos espaciais da hanseníase no estado do Maranhão, a 50% da população sob risco, para casos novos notificados de 2001 a 2010

Na análise espacial do risco relativo vários municípios foram classificados como hiperendêmicos, apresentando um risco alto de transmissão de hanseníase. Essa estatística identificou os agregados significantes para a detecção da doença, destacando-se como maior concentração municípios das regiões leste-centro-oeste maranhense.

O agregado mais significativo destaca 92 municípios maranhenses, com uma população sob risco de pouco mais que 5 milhões de habitantes. Destacamos que alguns municípios apresentaram um risco relativo superior a 2,00, o que indica um elevado risco de detecção. Municípios como Timon (RR=2,04), localizado na Mesorregião Leste Maranhense, Bacabal (RR=2,26), pertencente à Mesorregião Centro Maranhense, Imperatriz (RR=2,19), Açailândia (RR=2,24) e Junco do Maranhão (RR=3,72), situados na Mesorregião Oeste Maranhense e que fazem fronteira com o estado do Pará, apresentaram riscos relativos bastante elevados (Figura 13).

Nessas áreas, especificamente, se concentram os maiores processos de variabilidades do uso e cobertura do solo, face aos desmatamentos para a instalação de projetos florestais e madeireiros e de avanço agrícola, assim como do grande fluxo migratório advindo das regiões centro-sul do país.

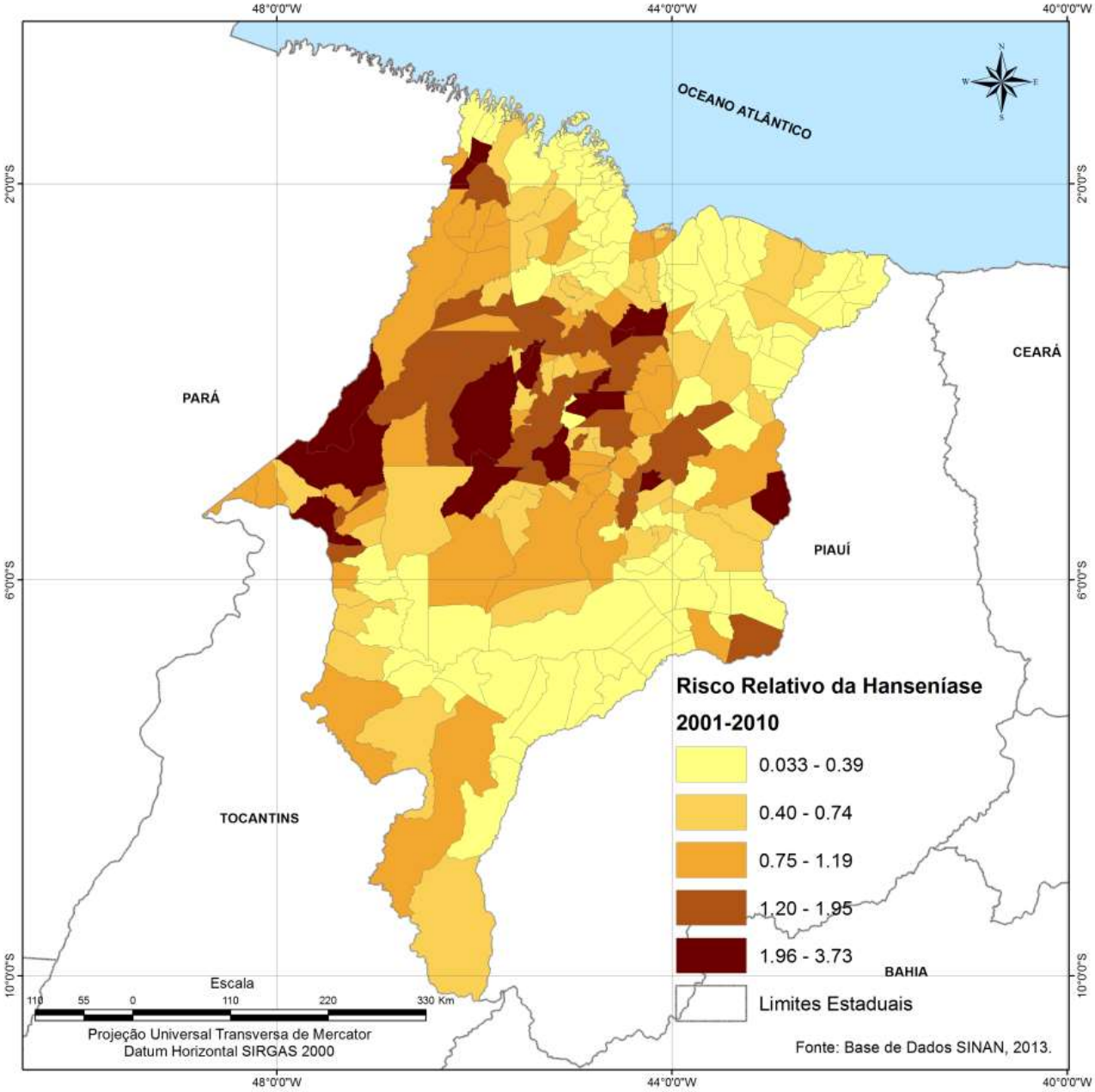

Figura 13 - Risco Relativo (RR) da hanseníase no estado do Maranhão, para casos novos notificados de 2001 a 2010.

6.3 Estimador bayesiano empírico local em epidemiologia espacial dos casos de hanseníase

O estimador Bayesiano Local é uma correção dos indicadores em que considera o entorno de certa área para ajustar os valores como uma média ponderada, que neste caso, leva em conta os circunvizinhos (número destes) com seus indicadores (populações ou outras ocorrências que se apresentam como variáveis discretas) e média do indicador da área principal, além das taxas desejadas.

O estimador Bayesiano ($\widehat{\theta_i}$) é dado pela fórmula:

$$\widehat{\theta_i} = w_i t_i + (1 - w_i) m_i$$

Onde w_i é o fator de ajustamento, dado por:

$$w_i = \frac{v}{v + \frac{m_i}{n_i}}$$

E variância (v) por:

$$v = \frac{\sum_{i=1}^{k} n(t_i - m_i)^2}{n} - \frac{m_i}{\bar{n}}$$

Descrevendo todos os determinantes das fórmulas, temos:

$\widehat{\theta_i}$ = taxa estimada para cada área *i*;
w_i = peso ou fator de ajustamento;
$\bar{n}$ = média da população dos vizinhos da área *i*;
n_i = população da área *i*;
v = variância;
k = número de vizinhos;
$n = \sum_1^k n_i$ total da população dos vizinhos da área *i* (excluindo a área *i*);
t_i = taxa bruta na área *i*;
m_i= taxa média observada nos vizinhos da área *i*.

As flutuações extremas nas taxas dissociadas dos riscos subjacentes podem, algumas vezes, levar à tomada de decisão de não divulgá-las quando as áreas são muito pequenas como, por exemplo, a nível municipal. Assunção et al. (1998) afirmam que para superar estas dificuldades, métodos Bayesianos empíricos ou inteiramente Bayesianos têm sido propostos. Estes métodos, ao estimar o risco de uma pequena área, têm como ideia central o uso de informação das outras áreas que compõem a região de estudo para diminuir o efeito das flutuações aleatórias não associadas ao risco. Ao levarem em conta a correlação espacial entre áreas vizinhas, os mapas resultantes tendem a ser mais suaves e mais informativos (MASON, 1995).

Na definição das áreas de risco e da distribuição espacial de casos de hanseníase no estado do Maranhão foram calculadas taxas brutas e suavizadas, sendo esta última pelo método Bayesiano Empírico Local, baseadas em estimadores espaciais. Estas análises e suas respectivas representações cartográficas foram realizadas com base em metodologias de estatística espacial e os algoritmos implementados no Sistema de Informação Geográfica TerraView v.4.2.

Para a análise foram considerados os Parâmetros do Ministério da Saúde que estabelecem como baixo um coeficiente <0,2/10.000 hab., médio, entre 0,2 e 0,9/10.000 hab., alto entre 1,0 e 1,9/10.000 hab., muito alto entre 2,0 e 3,9/10.000 hab. e hiperendêmico, acima de 4,0/10.000 hab. Dos 217 municípios maranhenses, quando espacializados pela taxa bruta, somente 94, para o período de 2001-2005, e 104, para o período de 2006-2010, apresentaram taxas acima de 4,0/10.000 hab. (Apêndice D). Nesta análise podemos perceber padrões irregulares, os quais apresentam grande variabilidade na presença de populações pequenas em que municípios com coeficientes bem distintos, considerados baixos, encontram-se próximos a municípios com taxas altas, podendo ser resultante de flutuações aleatórias, com taxas anuais que variam de 0 a 27,4 casos/10.000 hab. (Figuras 14 e 15).

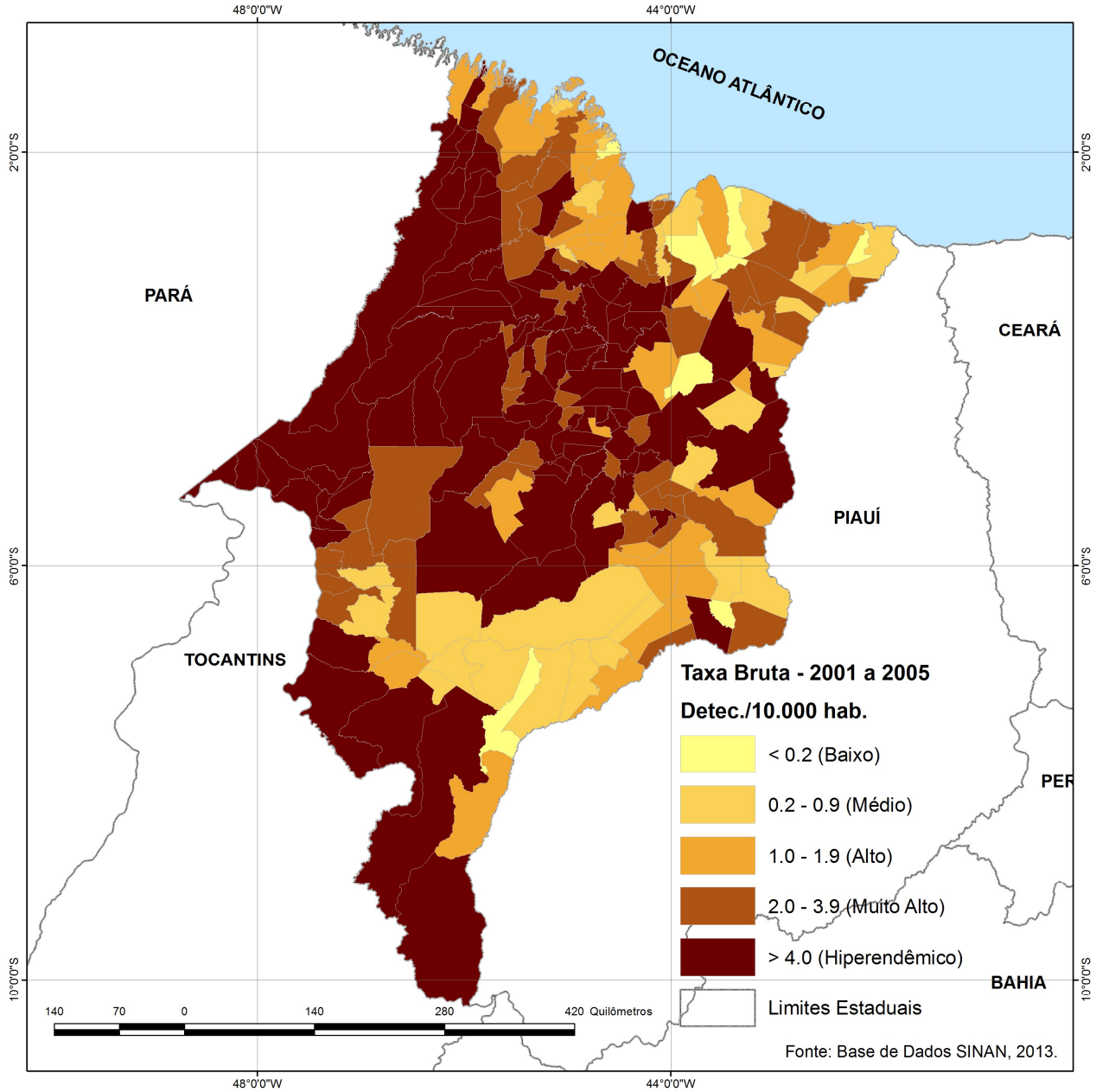

Figura 14 - Distribuição espacial das taxas brutas de casos de hanseníase, no estado do Maranhão, para os períodos de 2001 a 2005

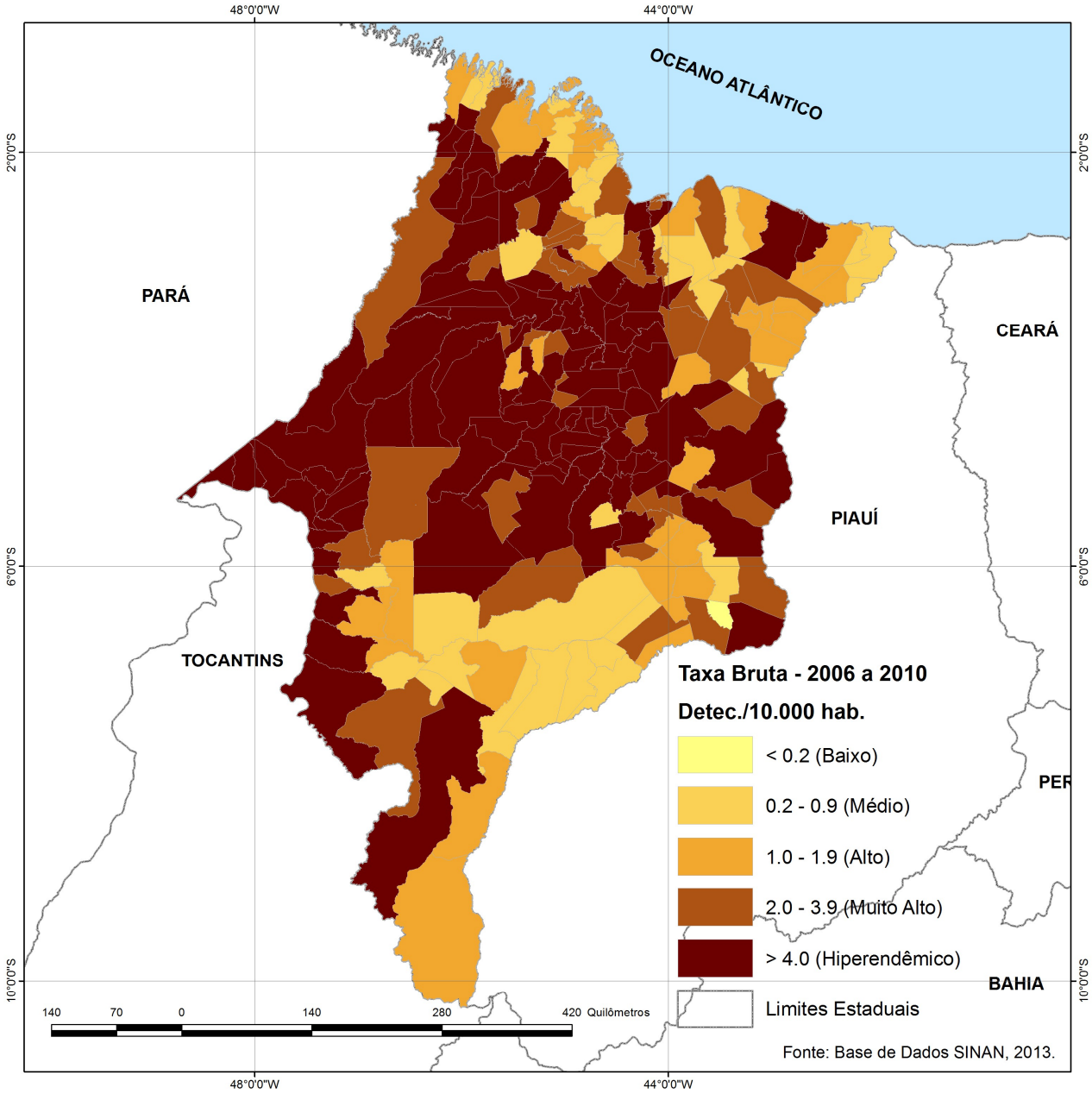

Figura 15 - Distribuição espacial das taxas brutas de casos de hanseníase, no estado do Maranhão, para os períodos de 2006 a 2010

Para o quantitativo de municípios, em que o risco da doença é determinado pelo cálculo da taxa bruta e que não representa uma realidade local, buscou-se como resultado da eliminação dessas flutuações e dispersões a aplicação do Estimador Bayesiano Empírico Local, com estimativas suavizadas. Este método ao ponderar a taxa de detecção, de cada município maranhense, pela média contígua de sua vizinhança (Apêndice C) possibilitou

gerar índices corrigidos e com menores instabilidades. Estas taxas suavizadas (Apêndice E), para os períodos de análise, apresentadas nas Figuras 16 e 17, permitiram visualizar os padrões de associação espacial dos altos índices de risco de adoecimento, com padrões mais precisos em relação à grande variabilidade de detecção da hanseníase.

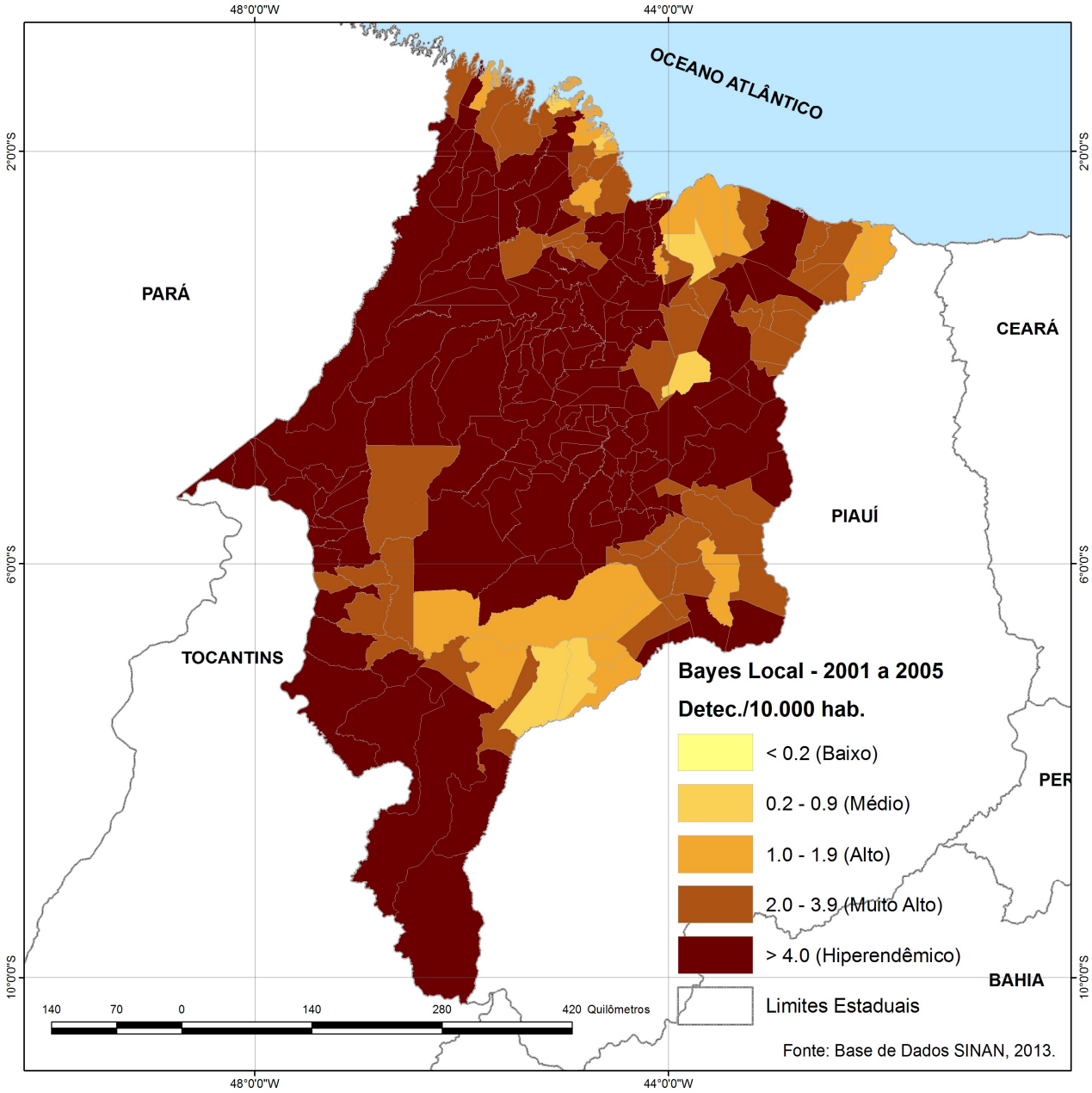

Figura 16 - Distribuição espacial de casos de hanseníase, no estado do Maranhão, suavizadas pelo Estimador Bayesiano Empírico Local, para os períodos de 2001 a 2005

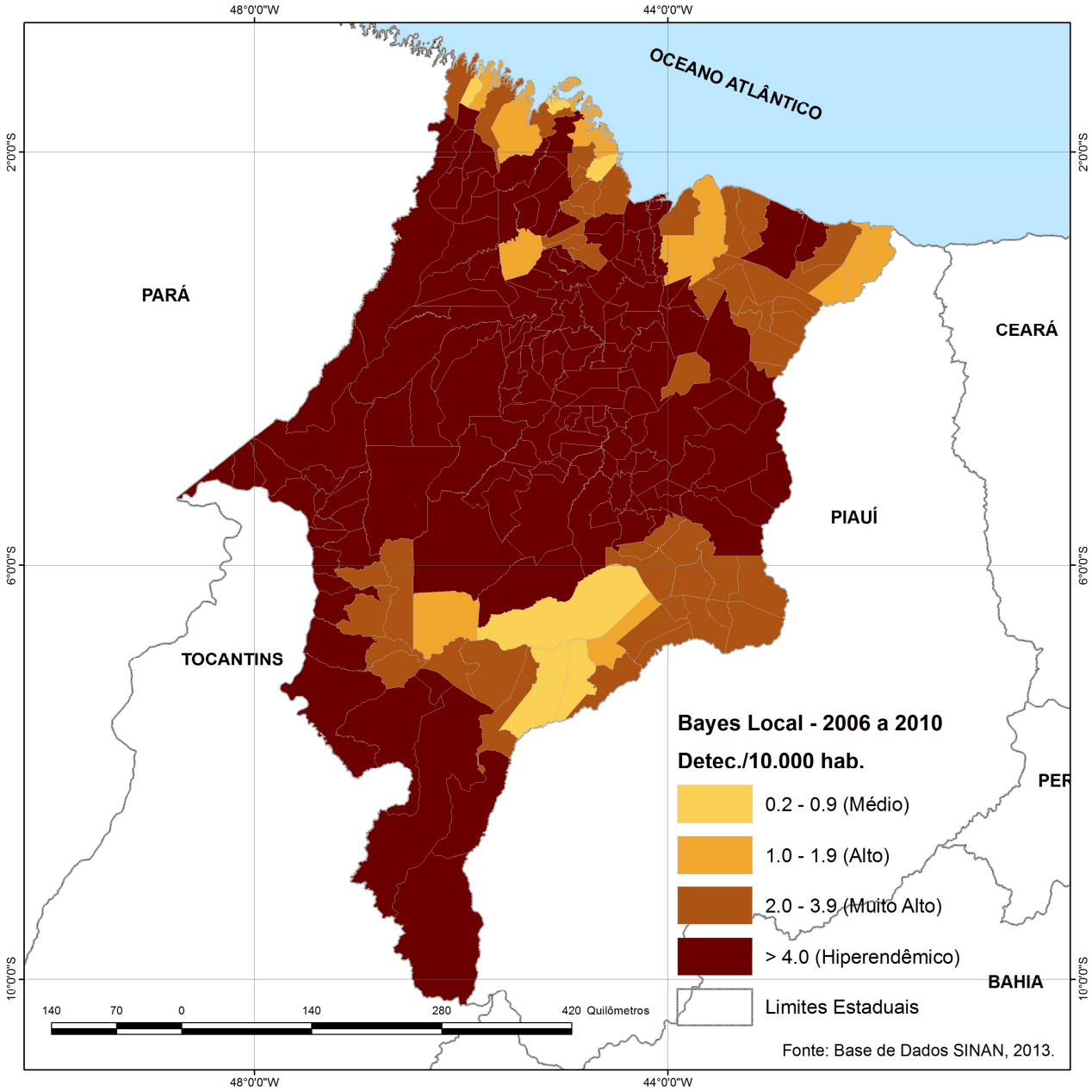

Figura 17 - Distribuição espacial de casos de hanseníase, no estado do Maranhão, suavizadas pelo Estimador Bayesiano Empírico Local, para os períodos de 2006 a 2010

A análise das Figuras 16 e 17 mostra distribuição espacial hiperendêmica, revelando que as áreas consideradas prioritárias para intervenção concentram um número expressivo de municípios.

O resultado mostra aparência muito mais suave e demonstra mais claramente os padrões espaciais do risco da doença. Os agregados de riscos relativos similares são

facilmente identificáveis. Além disto, as estimativas nas áreas municipais podem ser analisadas com mais segurança pois são estimadas com maior estabilidade. Do ponto de vista da vigilância epidemiológica, os mapas suavizados podem indicar que há subnotificação de casos em alguns municípios que apresentavam taxas brutas mais baixas. É de se esperar taxas com valores mais próximos aos dos vizinhos e, portanto, deveriam ser implementadas buscas ativas nestes municípios.

6.4 Regressão espacial na análise do risco relativo de casos de hanseníase

Para a análise do período de 2001 a 2003 foi utilizado um modelo de Poisson com abordagem Bayesiana levando-se em conta a dependência espacial da variável dependente. O critério de escolha foi o do menor WAIC, usando-se um método de escolha *backward*, no qual se começa com todas as variáveis e as menos significativas vão sendo excluídas conforme as indicações dos valores do WAIC.

Na análise foram eliminadas por colinearidade, utilizando-se os Fatores de Inflação da Variância (VIF), as seguintes variáveis: densidade demográfica, proporção de população de 5 anos ou mais alfabetizada, renda per capita, percentual de domicílios com rede de esgoto e percentual de domicílios com abastecimento de água.

O modelo testado considerou as três variáveis distais: bioma predominante, clima predominante e geologia predominante; em que o melhor modelo (com menor WAIC) foi o que considerou a variável bioma predominante cerrado/caatinga. Já para o teste que levou em consideração a variável bioma predominante e as duas variáveis mediais: PIB per capita por ano segundo município e índice Gini; o melhor modelo apresentado foi o que considerou a variável índice Gini.

Quando consideradas as variáveis bioma predominante, índice Gini e as proximais taxa de analfabetismo da população, lixo coletado e população urbana, o melhor modelo foi o que levou em consideração as variáveis bioma predominante cerrado/caatinga + índice Gini + taxa de analfabetismo da população + percentual de população urbana (Tabela 7).

Tabela 7 - Análise do período 2001 a 2003 com as variáveis Bioma, Índice de Gini, Taxa de Analfabetismo e População Urbana (%)

Variáveis	**Risco Relativo (RR)**	**Intervalo de Credibilidade (95%)**	
		Inferior	**Superior**
Intercepto[4]	0,322	0,241	0,421
Bioma Predominante Cerrado/Caatinga	1,614	0,985	2,555
Índice Gini	1,085	0,959	1,224
Taxa de analfabetismo da população	0,978	0,812	1,168
Percentual de população urbana	1,591	1,380	1,828

média: 0,025 0,975

Para os modelos Bayesianos a interpretação é diferente dos modelos frequentistas, pois é considerado o intervalo de credibilidade[5] e não o intervalo de confiança.

Na análise do modelo o valor do risco relativo (RR) para o bioma Cerrado/Caatinga foi igual a 1,614 com intervalo de credibilidade de 95% entre 0,985 e 2,555. Ou seja, o risco de transmissão de hanseníase em um município com bioma predominante de Cerrado e/ou Caatinga é de 1,614 em relação ao risco em um município com bioma predominante Amazônia, ou 0,614 ou 61,4% maior. Para a variável índice Gini o RR foi igual a 1,085 e o

[4] Valor da variável dependente quando todas as variáveis independentes são iguais a zero.

[5] Um intervalo de credibilidade (ou intervalo de confiança Bayesiano, não frequentista ou propabilidade *a posteriori*) C de 100(1-α)% para θ é de máxima densidade *a posteriori* (MDP) se $C = \{\theta \in \Theta : p(\theta|x) \geq k(\alpha)\}$ onde $k(\alpha)$ é a maior constante tal que $P(\theta \in C) \geq 1 - \alpha$.

intervalo de credibilidade de 95% entre 0,959 e 1,224. Neste sentido, tanto no caso da variável bioma predominante cerrado/caatinga como na variável índice Gini podemos considerar que estas são importantes e que seu acréscimo conduz ao aumento do risco de transmissão da hanseníase, ainda que o intervalo de credibilidade inclua o 1 (isso porque os valores inferiores estão bem próximos da unidade).

Podemos inferir, ainda, que embora a variável taxa de analfabetismo da população não tenha sido significativa, por causa do intervalo de credibilidade que incluiu a unidade, esta permaneceu no modelo para fins de ajuste e por ter apresentado menor WAIC. Por outro lado, a variável percentual de população urbana é importante, pois o aumento desta variável implica num aumento na taxa de hanseníase.

Para a análise compreendendo o período de 2011 a 2013, utilizado o mesmo modelo de Poisson com abordagem Bayesiana, foram eliminadas por colinearidade, utilizando-se os Fatores de Inflação da Variância (VIF), as variáveis: % de população de 5 anos ou mais alfabetizada, taxa de analfabetismo da população, % de pessoas do sexo masculino, PIB, renda *per capta*, percentual de rede de esgoto por domicílio e densidade demográfica.

Na modelagem foram consideradas as três variáveis distais: bioma predominante, clima predominante e geologia predominante; e, para o período de análises, o melhor resultado, com menor WAIC, foi o modelo que apresentou melhor associação com a variável bioma predominante cerrado/caatinga. Consideradas a variável bioma predominante e a variável medial índice Gini, o melhor modelo ficou somente com a variável bioma predominante cerrado/caatinga. Assim, nenhuma média entrou na modelagem. Já, quando consideradas as variáveis bioma predominante e as proximais percentual de abastecimento de água por domicílio, percentual de coleta de lixo por domicílio e percentual de população urbana, o melhor resultado da modelagem se apresentou para as variáveis bioma

predominante cerrado/caatinga + percentual de coleta de lixo por domicílio + percentual de população urbana. Para esta análise o modelo final pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 - Análise do período 2011 a 2013 com as variáveis Bioma, Coleta de Lixo por domicílio (%) e População Urbana (%)

Variáveis	**Risco Relativo**	**Intervalo de Credibilidade (95%)**	
		Inferior	**Superior**
Intercepto	0,542	0,448	0,650
Bioma Predominante Cerrado/Caatinga	1,039	0,751	1,414
Percentual de coleta de lixo por domicílio	1,294	1,169	1,431
Percentual de população urbana	1,187	1,073	1,311

média: 0,025 0,975

Portanto, na análise do modelo o valor RR para o bioma Cerrado/Caatinga foi igual a 1,039 com intervalo de credibilidade de 95% entre 0,751 e 1,414, demonstrando um risco maior de transmissão da doença em municípios que estejam inseridos no bioma predominante de Cerrado/Caatinga. Para a variável percentual de coleta de lixo por domicílio o RR foi igual a 1,294 e o intervalo de credibilidade de 95% entre 1,169 e 1,431. Quando analisada a variável percentual de população urbana verificou-se que o RR foi igual a 1,187 e o intervalo de credibilidade de 95% ficou entre 1,073 e 1,311, demonstrando forte associação.

A variável percentual de população urbana apresentou forte associação com a hanseníase, podendo-se considerar que essa variável é importante e que seu acréscimo conduz ao aumento do risco de transmissão da doença nos municípios do Maranhão. Essa desigualdade, característica na maioria dos centros urbanos maranhenses, pode ser explicada em razão do rápido processo de urbanização face à intensa migração da população advinda

das áreas rurais do estado, impulsionada pela procura de novas oportunidades de emprego e condições de vida.

Kerr-Pontes et al (2004) relataram, em um estudo ecológico realizado no Ceará, que a hanseníase estava significativamente ligada ao rápido aumento do percentual populacional e ao processo de urbanização crescente e desordenado.

Estudos como os de Harmon (2011) e Nierenberg (2015), demonstraram que, por um acaso da genética, em algumas regiões dos Estados Unidos, os tatus foram considerados espécies de habitat natural para a bactéria *Mycobacterium leprae,* além de possíveis transmissores da doença hansênica. No Brasil muitas espécies de tatus transitam e estabelecem seus habitats no bioma Cerrado/Caatinga, corroborando para uma forte associação do bioma quanto ao aumento do risco da doença em relação a outros biomas.

7 DISCUSSÕES

O predomínio de pacientes do sexo masculino (31.086) em relação à pacientes do sexo feminino (22.740 casos), durante o período de análise, corrobora com estudos realizados por SEHGAL e SEHGAL (1988), BAGSHAWE et al. (1989), FEITOSA et al. (1995), RODRIGUES e LOCKWOOD (2011), onde descrevem uma maior prevalência de hanseníase entre adultos do sexo masculino associado ao risco de exposição como fator determinante para essa diferença entre os sexos.

Os municípios maranhenses que apresentaram os maiores números de casos foram: Açailândia (1.195 casos masculinos e 762 femininos), Bacabal (1.184 masculinos e 908 femininos), Imperatriz (2.701 masculinos e 1.994 femininos), São Luís (4.375 masculinos e 3.697 femininos) e Timon (1.237 masculinos e 1.179 casos femininos).

O coeficiente de detecção em menores de 15 anos de idade mostra que a transmissão da hanseníase ainda está ativa em muitos municípios maranhenses. Os indicadores demonstram que o estado tem apresentado um diagnóstico tardio aliado ao alto percentual de casos multibacilares e de indivíduos portadores de algum tipo de grau de incapacidade física. As incapacidades físicas se caracterizam como os principais fatores do estigma associados à hanseníase, podendo prejudicar, principalmente, a vida social e o desenvolvimento psicológico dos menores de 15 anos.

Esses fatores, de acordo com a OMS (2006), estão relacionados ao intervalo de tempo entre o aparecimento dos sintomas clínicos e o início do tratamento da doença. Nesse sentido, faz-se necessária uma atenção básica à saúde com a adoção de medidas de controle mais intensas e eficazes voltadas ao diagnóstico precoce da hanseníase.

Em regiões onde o diagnóstico da hanseníase é realizado precocemente há tendência para o predomínio das formas clínicas indeterminadas sobre as formas dimorfa e virchowina, pois a manifestação indeterminada é a apresentação clínica inicial e transitória da hanseníase e pode ser encontrada em indivíduos de resposta imune não definida diante do *M. leprae* (JOPLING e MC DOUGALL, 1991; SCOLLARD et al, 2006).

A forma dimorfa foi a apresentação clínica com maior percentual de número de casos no Maranhão, seguida da tuberculóide, indeterminada e virchowiana, o que tem sido observado em outros estudos como os de Livorato et al. (1987) e Hinrichsen et al. (2004).

Embora o predomínio de formas paucibacilares pode ser um indicativo de que as ações para o diagnóstico precoce têm sido eficazes, o Maranhão ainda tem apresentado expressivo percentual de casos multibacilares (60,10%) em sua população. De acordo com Costa e Patrus (1992) esse aspecto pode indicar que o diagnóstico está sendo feito tardiamente no período de incubação da doença, sugerindo um controle ineficaz da hanseníase.

Pela análise de varredura espacial considerando até 10% da população em risco, observamos dois grandes agrupamentos de alto risco: um, compreendendo doze municípios, a saber Itinga do Maranhão e vizinhança (Mesorregião Oeste Maranhense); e outro, com vinte e quatro municípios, tais como Bacabal e entorno (Mesorregião Centro Maranhense). Para esta mesma análise constatamos a presença de agrupamentos menores de alto risco, com destaque para o município de Timon (Mesorregião Leste Maranhense) e para os municípios de Cantanhede, Itapecuru Mirim, Matões do Norte, Miranda do Norte e Pirapemas (Mesorregião Norte Maranhense, Microrregião de Itapecuru Mirim).

Em relação à varredura espacial considerando até 50% da população em risco verificamos que os agrupamentos de alto risco para os municípios de Açailândia, Bacabal, Bom Jesus das Selvas, Imperatriz, Itapecuru Mirim, Itinga do Maranhão, Miranda do Norte,

Pindaré Mirim, Santa Inês, Santa Luzia e Timon se mantiveram. Na Mesorregião Centro Maranhense surgiram novos agrupamentos de alto risco com a inclusão de municípios como Arame, Barra do Corda e Grajaú.

Na análise em relação aos agrupamentos de baixo risco constatamos que, na varredura espacial a 10% estes aparecem em maior concentração, de forma dispersa, nas Mesorregiões Norte, Centro e Sul Maranhenses. Já na varredura espacial a 50% analisamos que ocorreu a formação de três agrupamentos, homogêneos e bem definidos, compreendendo setenta e quatro municípios, distribuídos, principalmente, nas Mesorregiões Norte e Leste Maranhenses.

O risco relativo da hanseníase foi registrado entre 0,31 e 2,08, a 10% da população sob risco, para o período de 2001 a 2010 em todo o estado do Maranhão. O município de Pastos Bons (agrupamento 5), localizado na Mesorregião Leste Maranhense, apresentou o menor risco relativo (RR=0,31), enquanto que o município de Itinga do Maranhão (agrupamento 1), Mesorregião Oeste Maranhense, apresentou o maior risco relativo (RR=2,08).

Na análise a 50%, o risco relativo notado foi entre 0,41 e 2,04, para o mesmo período, acima citado. O município de São João dos Patos (agrupamento 3) apresentou o menor risco relativo (RR=0,41). Por outro lado, o município de Timon (agrupamento 4) registrou o maior risco relativo (RR=2,04). Ambos os municípios estão localizados na Mesorregião Leste Maranhense.

Nas duas análises inferimos que o Maranhão apresenta grande disparidade em relação aos seus coeficientes de detecção e de risco da hanseníase em seus municípios. As áreas de maiores riscos, e com classificação hiperendêmica, estão associadas à porção oeste do território maranhense, com maior ênfase aos municípios próximos à divisa entre os estados

do Pará e Tocantins, também denominada de "Bico do Papagaio". Este fato pode ser evidenciado em razão de que o Pará ainda apresenta baixa cobertura em seus programas de saúde quando comparado ao agrupamento 1, definido por Penna (2008), o que pode ter contribuído para os fluxos migratórios da doença.

A inferência Bayesiana contribuiu para a redução dos problemas de variação entre os municípios maranhenses, suavizando as taxas de detecção e demonstrando que as áreas de alto risco foram bem identificadas, para o período de análise. A espacialização pela taxa bruta é um forte indício de que pode haver influência de vício operacional nos programas de controle da doença, uma vez que muitos municípios com elevadas taxas de detecção situam-se em territórios fronteiriços com municípios de valores baixos de detecção. A estimativa Bayesiana local detectou vários municípios com valores altos de risco que fazem fronteiras com o sudeste do Pará, o que de acordo com Magalhães e Rojas (2007) pode haver uma ligação histórica aos processos de colonização e fluxos e da construção da rodovia federal BR-135.

Para Bailey et al. (2005), o método Bayesiano oferece abordagem prática para a estimativa suspeita de sub registros em um espaço geográfico. Neste sentido, o mapeamento se torna uma ferramenta imprescindível no monitoramento, vigilância, controle e definição de áreas de risco da distribuição espacial da doença.

Na análise de regressão múltipla espacial, aplicado o modelo de Poisson com abordagem Bayesiana, o risco relativo da hanseníase se mostrou com maior porcentagem de associação às variáveis: **bioma predominante cerrado/caatinga**, **índice Gini**, **porcentagem de população urbana** e **porcentagem de coleta de lixo**. Jopling e Mc Dougall (1991) associaram que más condições de moradia estariam relacionadas à hanseníase.

Vale ressaltar que os resultados encontrados não apresentaram associação significativa com a variável sexo, pois do ponto de vista genético e imunológico, geralmente, a maior proteção para a hanseníase está ligada aos genes que não têm expressão diferencial em homens e mulheres. Isto é, existem alguns genes que podem estar ligados ao sexo, ou masculino ou feminino, e nesse caso, normalmente, os genes relacionados à susceptibilidade são genes que produzem moléculas do sistema imunológico e que não estão ligados ao sexo.

A hanseníase é uma doença estigmatizante que afeta, em grande proporção, as populações mais pobres e carentes. Essa desigualdade social e econômica, no Brasil, pode ser medida por alguns índices de desenvolvimento humano. No Maranhão o estudo apresentou forte associação entre a doença e o índice Gini, demonstrando que a desigualdade econômica , renda domiciliar per capita por município, entre os indivíduos analisados está inversamente associada às condições de saúde local.

O índice Gini do estado se apresentou acima da média para os censos de 2000 (65,7%) e 2010 (62,9%), demonstrando que não houve melhora significativa no que se refere à desigualdade de distribuição de renda nas populações maranhenses. Municípios fronteiriços, de intenso fluxo migratório e de baixa condições socioeconômicas como Açailândia, Bacabal, Imperatriz, Itinga do Maranhão e Timon, embora tenham apresentado melhoras em seus índices socioeconômicos, ainda apresentam elevadas taxas de detecção e risco relativo alto.

Em muitos casos um acelerado processo de urbanização está diretamente ligado à baixa qualidade de vida e pobreza, o que poderia explicar uma associação positiva da hanseníase com o percentual de população urbana. Nas cidades, onde há maior concentração populacional, o risco se torna maior em consequência das diferentes e constantes relações que ali existem. Residir em regiões do Maranhão e Tocantins, consideradas áreas hiperendêmicas, aumenta o risco de contato com algum indivíduo com hanseníase e, por consequência, maior se tornam as chances de transmissão da doença.

Estudos recentes, no estado do Maranhão, como o de Murto et al. (2013), destacam o problema da migração como um fator favorável à disseminação da hanseníase. Estes afirmam que a maioria migratória, no Maranhão, se deu para as áreas urbanas (60,3%) em comparação com as áreas rurais (33,3%), e as áreas rurais e urbanas (7,7%). As conexões sociais relacionadas aos destinos migratórios para as pessoas com hanseníase tiveram maior tendência voltada aos contatos familiares com quem viviam (81,0 %) do que contatos de trabalho (17,7%). Kerr-Pontes et al. (2004) em um estudo de abordagem ecológica no nordeste do Brasil demonstraram que o crescimento da população urbana foi um preditor de incidência da hanseníase, face à urbanização descontrolada e ao fluxo de migrantes advindos de diferentes espaços rurais do país.

Outros estudos ecológicos buscaram, através de modelos explicativos, correlacionar variáveis ambientais e socioeconômicas para melhor explicar os processos de transmissão de diferentes endemias, identificando regiões de alto risco e fatores potencialmente esclarecedores dos diferenciais de incidência registrados, como Barcellos e Sabroza (2000), Souza et al. (2001), Pugliatti et al. (2002), Mencaroni et al. (2004), Barrozo et al. (2009; 2010) e Santos et al. (2016).

8 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Os resultados encontrados neste estudo, a nível municipal não são necessariamente válidos no nível individual ou de agregação geográfica menor, uma vez que por se tratar de um estudo ecológico está sujeito a limitações que podem incorrer em "falácia ecológica[6]".

O uso de dados secundários do SINAN, e a falta de acesso aos prontuários médicos (ou dados primários), pode muitas vezes apresentar inconsistências na entrada no sistema, tal como a incompletude de campos como o da fonte de infecção da doença, limitando a qualidade das informações e aprofundamento das análises.

A aplicação do método de varredura espacial à nível de análise local mais detalhada, pode gerar fortes evidências adicionais para as áreas de maior risco, dentro dos agregados municipais, já que este método utiliza como análise a referência de posicionamento espacial do centróide municipal e que, não necessariamente, pode refletir a distribuição dos casos da doença dentro da área total do município. Ou seja, "existe a tendência" de identificar um aglomerado maior do que ele é, uma vez que áreas onde nenhum caso foi registrado podem ser incorporadas na identificação do aglomerado.

A identificação de áreas de risco alto, consideradas hiperendêmicas, após a aplicação da abordagem bayesiana pode não significar que todos os municípios, presentes nos agrupamentos gerados, tenham as mesmas características. Alguns municípios podem ter sido agregados considerando, na análise, o elevado valor de coeficiente de detecção da doença encontrado nos municípios que faziam vizinhanças.

[6] Erro de inferência estatística que ocorre quando as conclusões de análise sobre dados agregados não refletem a realidade dos indivíduos pertencentes ao grupo (PIANTADOSI, 1988).

9 CONCLUSÕES

A hanseníase se distribui por todo o estado do Maranhão, mostrando-se hiperendêmica. Alguns municípios apresentaram grande incidência dentre os demais, alcançando enormes proporções, afetando grande parte da população, o que demonstra a necessidade de intensificação nas ações de controle da doença em áreas prioritárias.

Como observado, a presença de alto coeficiente de detecção em menores de 15 anos, em determinados municípios maranhenses, se caracteriza como indicativo que demonstra preocupação na magnitude e no aspecto endêmico da hanseníase em razão de sua exposição precoce, nos primeiros anos de vida, ao *M. leprae*, diagnóstico tardio e da clareza de que a transmissão da doença ainda se encontra ativa.

O perfil clínico epidemiológico de casos de hanseníase no Maranhão mostra que a prevalência se dá no sexo masculino, em acordo com o relatado na literatura e pela OMS nos últimos anos.

Um outro aspecto que também deve ser levado em consideração é que, normalmente, são as mulheres quem mais procuram os postos de saúde, e se o indivíduo é diagnosticado mais cedo, menores são as chances de apresentar sequelas pela hanseníase.

A análise de casos na forma clínica indeterminada e na classificação operacional multibacilar se apresentou bastante significativa no estado do Maranhão, com grupos classificados de forma inversa, baixo valor para indeterminado e alto valor para multibacilar, o que sugere que o estado apresenta atraso no diagnóstico precoce, demonstrando que o serviço de saúde apresenta deficiência na vigilância ativa na busca de casos novos. O Maranhão apresentou nos casos analisados, baixo percentual quanto ao grau de incapacidade.

Identificar fatores de risco pessoais e ambientais para a hanseníase é extremamente difícil. Em primeiro lugar, em comparação com outras doenças infecciosas, o tempo de incubação e desenvolvimento da doença é muito longo. Em segundo lugar, em muitos locais, os pacientes são diagnosticados somente vários anos após o início da doença, o que compromete o real condicionamento/relacionamento da doença com os fatores sócio espaciais do meio.

A estatística *scan* mostrou-se adequada para determinar aglomerados de alto risco de transmissão da doença, identificados por análise espacial. Foram identificados 14 agrupamentos, a 10% da população sob risco, e 6 agrupamentos, a 50% da população sob risco, sendo possível observar que esses se concentraram com maior significância nas áreas mais fronteiriça e central do Maranhão. Isto possibilita inferir que os agregados analisados necessitam maior atenção no sentido de buscar redução da presença da transmissão ativa da hanseníase.

Foram identificados municípios nas Mesorregiões Leste, Centro e Oeste Maranhense, os quais se apresentaram repetidamente nas análises como aglomerados de risco relativo alto, considerados hiperendêmicos, para os índices de detecção bruta e suavizada. Esses municípios devem ser priorizados nos programas de cobertura de saúde e controle da doença, em razão de apresentarem dificuldades operacionais, alta transmissão ativa e diagnóstico tardio em seus resultados.

Os mapas de risco se constituem como importante mecanismo para a identificação de agregados hiperendêmicos, com definição de perfil epidemiológico de alto risco de transmissão da doença. Estes agregados, quando trabalhados de forma efetiva poderão contribuir para a redução da transmissão ativa da hanseníase e carga da doença na população.

A aplicação do Estimador Bayesiano Empírico Local proporcionou minimização dos problemas da influência do tamanho da amostra populacional por unidade municipal maranhense, contribuindo para a suavização dos índices de notificações e reduzindo a alta variação que ocorre em razão das flutuações aleatórias casuais expostas ao cálculo das taxas brutas.

O emprego deste modelo, baseado na construção de Matriz de Proximidade Espacial (Matriz de Vizinhança), considerando como estratégia de construção a contiguidade, possibilitou identificar os municípios maranhenses, caracterizados como áreas prioritárias para os programas de controle da hanseníase e gerou resultados mais fidedignos identificando áreas com taxas elevadas e que necessitam de maiores cuidados em razão do risco.

Após as análises Bayesiana e Estatística *Scan* algumas regiões identificadas foram consideradas hiperendêmicas com elevados índices de detecção da hanseníase, o que não significa que todos os municípios situados naquela região possuem as mesmas características de detecção uma vez que os modelos levam em consideração os coeficientes de detecção da vizinhança.

O Maranhão necessita de atenção maior aos contatos, pois desta maneira poderá contribuir para mudanças nos padrões de endemicidade e transmissão ativa da doença hansênica, uma vez que casos novos poderão ser diagnosticados e tratados de forma precoce e assim reduzir a quantidade de casos com grau de incapacidade física.

Portanto, a identificação de grupos populacionais submetidos a risco é uma tarefa imprescindível para a elaboração de programas preventivos e como meio de avaliação de exposições com níveis de escalas diferenciadas. A localização de grupos susceptíveis, permite maior detalhamento na correlação dos dados introduzindo novas variáveis, intrínsecas ao espaço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. E. B. de. Geografia médica: origem e evolução. In: BARATA, R. B.; BRICEÑO-LEÓN, R. **Doenças endêmicas**: abordagens sociais, culturais e comportamentais. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2000.

AQUINO, D. M. C., CALDAS, A. J. M., SILVA, A. A. M., COSTA, J. M. L. Perfil dos pacientes com hanseníase em área hiperendêmica da Amazônia do Maranhão, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 36, n. 1, p. 57-64, 2003.

ARAÚJO, M. G. Hanseníase no Brasil. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical. 2003.

ASSUNÇÃO, R. M., BARRETO, S. M., GUERRA, H. L., SAKURAI, E. Mapas de taxas epidemiológicas: uma abordagem Bayesiana. **Cad. Saúde Pública**. Rio de Janeiro, 14(4):713-723, out-dez, 1998.

ASSUNÇÃO, R. SCHMERTMANN, C. POTTER, J. CAVENAGHI S. Empirical Bayes Estimation of Demographic Schedules for Small Areas. **Statistics in Medicine**, v. 42, p. 537-558, 2005.

BAGSHAWE, A. B. S., FUNG, S. C., CHUAH, J. B. G. The epidemiology of leprosy in a high prevalence village in Papua New Guinea. **Transaction of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene.** Londres, volume 83, p.121-127, 1989.

BAIALARDI, Katia Salomão. O estigma da hanseníase: relato de uma experiência em grupo com pessoas portadoras. Hansen Int. 2007.

BAILEY, T. C. Spatial Statistics Methods in Health. Cadernos de Saúde Pública, v. 17, n. 5, 2001.

BAILEY, T. C., CARVALHO, M. S., LAPA, T. M., SOUZA, W. V., BREWER, M. J. Modeling of under-detection of cases in disease surveillance. **Ann Epidemiol**, v. 15, n. 5, p. 335-343, 2005.

BARCELLOS, C. (org.). **A geografia e o contexto dos problemas de saúde**. Rio de Janeiro: Abrasco, 2008.

BARCELLOS C, SABROZA P. C. Socio-environmental determinants of the leptospirosis outbreak of 1996 in western Rio de Janeiro: a geographical approach. **Int J Environ Health Res** 2000; 10:301-13.

BARRETO, J. G., SALGADO, C. G. Clinic-epidemiological evaluation of ulcers in patients with leprosy sequelae and teh effect of low level laser therapy on wound healing: a randomized clinical trial. **BMC Infect Dis**. 10, 237. 2010.

BARROZO, L. V., MENDES, R. P., MARQUES, S. A., BENARD, G., SILVA, M. E. Climate and acute/subacute paracoccidioidomycosis in a hyper-endemic area in Brazil. **Int J Epidemiol** 38:1642-1649, 2009.

BARROZO, L. V., BENARD, G., SILVA, M. E., BAGAGLI, E., MARQUES, S. A. First description of a cluster of acute/subacute paracoccidioidomycosis cases and its association with a climatic anomaly. **PloS Negl Trop Dis** 4:e643, 2010.

BESANCENOT, J. P. **Climat et santé.** Paris: PUF, 2001. (Medicine et santé).

BLANGIARDO, M., CAMELETTI. M. **Spatial and spatio-temporal Bayesian models with R-4 INLA**. 2015. Chichester: John Wiley & Sons.

BLANGIARDO, M., CAMELETTI, M., BAIO G, Rue H. **Spatial and spatio-temporal models with R-INLA**. Spat Spatio-temp Epidemiol 2013 : 4: 33–49.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis/Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Turismo do Maranhão. **Diagnóstico dos principais problemas ambientais do estado do Maranhão**. IBAMA-PNMA/SEMATUR. São Luís: Lithograf, 1991.

BRASIL, Ministério da Saúde.Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Atenção Básica. Guia para o Controle da hanseníase. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Departamento de Atenção Básica. Dermatologia na Atenção Básica / Ministério da Saúde, Secretaria de Políticas de Saúde.- 1ª edição. - Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Vigilância em saúde: situação epidemiológica da hanseníase no Brasil. Brasília: Ministério da Saúde, 2008.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde. **Programa Nacional de Controle da Hanseníase.** Brasília, 2008a.

BRASIL, Ministério da Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica, Secretaria de Vigilância em Saúde, Programa Nacional de Controle da Hanseníase. **Agregação de casos de hanseníase no Brasil**, 2003-2005, 2008b.

BRASIL, Ministério da Saúde. DATASUS, 2010. Informações de Saúde. **Epidemiologia morbidades**. Disponível em: https://tabnet.datasus.gov.br/. Acessado em 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **MacroZEE do bioma Cerrado**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial/macrozee-do-bioma-cerrado>. Acesso em 2015.

CABRAL-MIRANDA, W., CHIARAVALLOTI NETO, F., BARROZO L. V. Socio-economic and environmental effects influencing the development of leprosy in Bahia, north-eastern Brazil. **Trop Med Int Health**. 19(12):1504-14. 2014.

COSTA, I. M. C., PATRUS, A. O. Incapacidades físicas em pacientes de hanseníase na faixa de zero a 14 anos, no Distrito Federal, no período de 1979 a 1989. **An Bras Dermatol**. 1992;67(5):245-9.

COSTA, M. C. N.; TEIXEIRA, M. G. A concepção de "espaço" na investigação epidemiológica. *Cadernos de Saúde Pública,* v.15, n.2, p.271-9, 1999.

DOULL, J. A., R. S. GUINTO, J. N. RODRIGUEZ, AND H. BANCROFT. The incidence of leprosy in Cordova and Talisay. Cebu, Philippines. **Int. J. Lepr.** 10:107–131,1942.

DRUCK, S. **Análise espacial de dados geográficos**. Planaltina/DF: Embrapa Cerrados; p. 21-22; 2004.

Embrapa Monitoramento por Satélite. **Relatório do diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Maranhão**. Mateus Batistella, Édson Luis Bolfe, Luiz

Eduardo Vicente, Daniel de Castro Victoria, Luciana Spinelli Araújo (Org.). – Campinas, SP: Embrapa, 2013. 324 p.

FEITOSA, A. C., TROVÃO, J. R. **Atlas escolar do Maranhão**: espaço geo-histórico-cultural. João Pessoa: Ed. Grafset, 2006.

FEITOSA, M. F., BORECKI, I., KRIEGER, H., BEIGUELMAN, B., RAO, D. C. The genetic epidemiology of leprosy in a Brazilian population**. American Journal of Human Genetics**. Nova York, volume 56, p.1179-1185, 1995.

FIGUEIREDO I. A. **Detecção da hanseníase em São Luís-Maranhão de 1993 a 1998**. Dissertação de Mestrado, Universidade federal do Maranhão, São Luís, MA, 2001.

FINE, P. E., J. A. STERNE, J. M. PONNINGHAUS, L. BLISS, J. SAUL, A. CHIHANA, M. MUNTHALI, AND D. K. WARNDORFF. Household and dwelling contact as risk factors for leprosy in northern Malawi. **Am. J. Epidemiol.** 146:91–102,1997.

FIOCRUZ, Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública-ENSP. Disponível em http://www.ensp.fiocruz.br/portal-ensp/informe/site/materia/detalhe/31866. Acesso em Out/2014.

GELMAN, A. HWANG, J. VEHTARI, A. Understanding predictive information criteria for Bayesian models. **Statistics and Computing.** 24.6: 997-1016, 2014.

GONDIM, G. M. M. Espaço e Saúde: uma (inter)ação provável nos processos de adoecimento e morte em populações. In. Miranda et al. (Orgs.) Território, Ambiente e Saúde. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2008.

GOULART, I. M. B.; PENA, G. O.; CUNHA, G. Imunopatologia da hanseníase: a complexidade dos mecanismos de resposta imune do hospedeiro ao *Mycobacterium leprae*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical.** V. 4, p. 365-375, 2002.

GOULART, L. R., GOULART, I. M. B. Leprosy pathogenetic background: a review and lessons from other mycobacterial diseases. **Archives of Dermatological Diseases**, 2008 (no prelo).

GOULART, I. M. B., PENNA, G. O., CUNHA, G. Imunopatologia da Hanseníase: a complexidade dos mecanismos da resposta imune do hospedeiro ao Mycobacterium leprae. **Rev Soc Bras Med Trop**. 2002;35:363-75.

HARBOE, M. The immunology of leprosy. In: **Leprosy**. Editor: Hastings, R. C. Publisher: Churchill Livingstone. New York, USA. p 53-87, 1985.

HARMON, K. Armadillos Likely Transmitting Leprosy to Humans in Southern U.S. **Scientific American**. April 27, 2011.

HATTA, M.; VAN BEERS, S. M.; MADJID, B.; DJUMADI, A.; DE WIT, M. Y.; KLATSER, P. R. Distribution and persistence of *Mycobacterium leprae* nasal carriage among a population in which leprosy is endemic in Indonesia. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**. V. 89, p. 381-385, 1995.

HINRICHSEN, S. L., PINHEIRO, M. R. S., JUCÁ, M. B., ROLIM, H., DANDA, G. J. N., DANDA, D. M. R. Aspectos epidemiológicos da hanseníase na cidade de Recife, PE em 2002. **An Bras Dermatol**. 2004;79(4);413-21.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro, 1984.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em <Internet: http:// www.ibge.gov.br> Acesso em 23 abril de 2013.

ILA. Summary of the Report of the ILA Technical Forum**. Leprosy Review.** V. 70, p. s3–s5, 2002.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Tutorial TerraView**. Disponível em http://www.dpi.inpe.br/terraview/docs/tutorial/Aula8.pdf. Acessado em 2015.

JACOMINE, P. K. T. (Coord.). **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS/SUDENE-DRN, 1986. 964 p. (Embrapa. SNLCS. Boletim de Pesquisa, 35); (Brasil. SUDENE. DRN. Série Recursos de Solos, 17).

JOB, C. K. (1990) Nasal mucosa and abraded skin are the two routes of entry of *Mycobacterium leprae*. **Star.** V. 49, n. 1, 1990.

JOB, C. K., JAYAKUMAR, J., KEARNEY, M., GILLIS, T. P. Transmission of leprosy: a study of skin and nasal secretions of house hold contacts of leprosy patients using PCR. **Am. J. Trop. Med. Hyg**. 7. 8:518-521. 2008.

JOPLING, W. H., Mc DOUGALL, A. C. A doença. In: **Manual de hanseníase**, 4º ed, Atheneu Editora, São Paulo, p. 11-59, 1991

JUNQUEIRA, R. D. Geografia médica e geografia da saúde. **HYGEIA, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**. 2009.

KEER-PONTES, L. R. S., MONTENEGRO, A. C. D., BARRETO, M. L., WERNECK, G. L., FELDEMEIER, H. Inquality and leprosy in Mortheast Brazil: an ecological study. **International Journal of Epidemiology**. 33:262-269, 2004.

KULLDORFF, M., NAGARWALLA, N. Spatial disease clusters: detection and inference. **Statistics in Medicine**. 14 (8), 799-810. 1995.

KULLDORFF, M. A. A spatial scan statistic. **Communications in Statistics**: Theory and Methods, 26, 1481–1496, 1997.

KULLDORFF, M., HUANG, L., PICKL, L., DUCZMAL, L. An elliptic spatial scan statistic. **Statistics in medicine**. 2006.

KULLDORFF, M., HUANG, L., KONTY, K. A scan statistic for continuous data based on the normal probability model. **International Journal of Health Geographics**. 8 (1), 58, 2009.

LIVORATO, F., OLIVEIRA, I. M., ABREU, M. H., KUMAGAI, M. T., ALMEIDA, I. S., FERREIRA, M. S. Aspectos epidemiológicos da hanseníase em Uberlândia, Minas Gerais. 1973-1983. **AMB Rev Assoc Med Bras**. 1987;33(5-6):109-17.

LOCKWOOD, D. N. J. Commentary: leprosy and poverty. **International Journal of Epidemiology** 33, 269–270. 2004.

LOPES, E. C. S; TEIXEIRA, S. G. Contexto Geológico. In: BANDEIRA, I. C. N. (Org.) **Geodiversidade do estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013. 294 p.

MAGALHÃES, M. da C. C., ROJAS, L. I. Diferenciação territorial da hanseníase no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**. V.16. n.2. Brasília, 2007.

MARANHÃO. **Atlas do Maranhão**. 2ª. Ed. São Luís: GEPLAN, LABGEO/UEMA, 2002, 44 p.

MASON, T. J. The development of the series of U.S. cancer atlases: implications for the future epidemilogic research. **Statistics in Medicine**. 14:473-479. 1995.

MAZETTO, Francisco de Assis Penteado. Pioneiros da Geografia as Saúde: Séculos XVIII, XIX e XX. In: BARCELLOS, Christovam. (Org.). **A geografia e o contexto dos problemas de saúde**. Rio de Janeiro: Abrasco/ICICT/EPSJV, 2008.

MCDOUGALL, A. C.; REES, R. J.; WEDDEL, A. G.; KANAN, M. W. The histopathology of lepromatous leprosy in the nose. **Journal of Pathology.** V. 115, p. 215-226, 1975.

MEIMA A., SAUNDERSON, P. R., GEBRE, S., DESTA, K., OORTMARSSEN, G. J. V., HABBEMA, J. D. F. Factors associated with impairments in new leprosy patients: that AMFES cohort. **Leprosy Review**. 78:189-203,1999.

MENCARONI, D. A., PINTO NETO, J. M., VILLA, T. C. S., DE OLIVEIRA, M. H. P. Análise espacial da endemia hansênica na área urbana do município de Fernandópolis/SP. **Hansen. int**, 29(1):12-20, 2004.

MENEZES, A. M. B. Noções Básicas de Epidemiologia. Editora Revinter, 2011.

MOURA, L. T. R., FERNANDES, T. R. M. O., BASTOS, L. D. M. , LUNA, I. C. F., MACHADO, L. B. Hanseníase em menores de 15 anos na cidade de Juazeiro-BA. **Hansen. Int**. 2012; 37(1): 45 -50.

MURTO C., CHAMMARTIN F., SCHWARZ K., da COSTA L. M. M., KAPLAN, C., et al. Patterns of Migration and Risks Associated with Leprosy among Migrants in Maranhão, Brazil. **PLoS Negl Trop Dis**. 7(9): e2422. doi: 10.1371/journal.pntd.0002422. 2013.

NIERENBERG, C. Armadillos Carrying Leprosy Bacteria Spreading in Southern US. **Live Science**. November 13, 2015.

OLIVEIRA M. H. P. Associação entre atividades ocupacionais dos hansenianos e incapacidades físicas. **Revista Brasileira de Enfermagem**. 46:279-285, 1993.

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Global strategy for further reducing the leprosy burden and sustaining leprosy control activities, 2006-2010. **Leprosy Review.** Genebra, volume 77, p. 10-45, 2006.

OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Global leprosy situation, 2012. **Weekly Epidemiological Records.** Genebra, volume 87, p.317-328, 2012.

PATROCÍNIO, L. G.; GOULART, I. M. B.; GOULART, L. R.; PATROCÍNIO, J. A, FERREIRA, F. R.; FLEURY, R. N. Detection of *Mycobacterium leprae* in nasal mucosa biopsies by the polymerase chain reaction. **FEMS Immunology and Medical Mibrobiology.** V. 44, p. 311-316, 2005.

PENNA, M. L. F. **Tendência da taxa de detecção da hanseníase por 100.000 habitantes, nas unidades federadas do Brasil, 1980-2006**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, 2008.

PENNA, M. L. F., OLIVEIRA, M. L., PENNA, G. Spatial distribution of leprosy in the Amazon region of Brazil. **Emerging Infectious Diseases** 15, 650–652. 2009.

PIANTADOSI, S., BYAR, D. P., GREEN, S. B. The ecological fallacy. **American Journal of Epidemiology** 127:893-904, 1988.

PROBIO. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira. **Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros**. Brasília, DF, 2007. 18 p. Consolidação das informações e elaboração do texto: Júlio Cesar Roma. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/mapas_cobertura_vegetal.pdf> . Acesso em 2015.

PUGLIATTI, M., SOLINAS, G., SOTGIU, S., CASTIGLIA, P., ROSATI, G. Multiple sclerosis distribution in northern Sardinia: spatial cluster analysis of prevalence. **Neurology** 2002; 58:277-82.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL http://www.R-project.org. 2014.

R-INLA Project. **R-INLA Package Version 0.0-1432754561**. Norway, 2012. Available 27 from http://www.r-inla.org.

RAMAPRASAD, P.; FERNANDO, A.; MADHALE, S.; RAO, J. R.; EDWARD, V .K.; SAMSON, P. D.; KLATSER, P. R.; DE WIT, M. Y.; SMITH, W. C.; CREE, I. A, Transmission and protection in leprosy: indication of the role of mucosal immunity. **Leprosy Review.** V. 68, p. 301-315, 1997.

REES, R. J. W.; MCDOUGALL, A. C. Airborne infection with *Mycobacterium leprae* in mice. **Journal of Medical Microbiology**. V. 10, p. 63-68, 1977.

RIDLEY, D. S.; JOPLING, W. H. Classification of leprosy according to immunity: a five group system. **International Journal of Leprosy**. V. 34, n. 3, p. 255-273, 1966.

RODRIGUES, L. C., LOCKWOOD, D. N. J. Leprosy now: epidemiology, progress, challenges, and research gaps. **Lancet Infectious Diseases**. 11(6):464-70, 2011.

RUE, H., MARTINO, S., CHOPIN, N. Approximate Bayesian Inference for Latent Gaussian Models Using Integrated Nested Laplace Approximations (with discussion). **Journal of the Royal Statistical Society**. B, 71, 319-392. 2009

SANTOS, A. S. dos, CASTRO, D. S. de, FALQUETO, A. Fatores de risco para transmissão da hanseníase. Revista Brasileira de Enfermagem. Brasília, 2008.

SANTOS-BAQUERO, O. **INLAOutputs**: Process Outputs from 'INLA' Package. R package 5 0.0.2. 2015. Available from http://oswaldosantos.github.io/capm.

SANTOS, S. D., PENNA, G. O., COSTA, M. da C. N., NATIVIDADE, M. S., TEIXEIRA, M. G. Leprosy in children and adolescents under 15 years old in an urban centre in Brazil. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, Vol. 111(6): 359-364, June 2016.

SANTOS, E. S. dos, MIRANDA, M. J. de, REZENDE, K., BARROZO, L. V. Geografia da saúde e o complexo patogênico de Max Sorre. **Anais XVI Encontro Nacional de Geógrafos**. Crise, práxis e autonomia: espaços de resistência e de esperanças. ENG, Porto Alegre, 2010.

SANTOS, S. M., SOUZA, W. V. **Introdução à estatística espacial para a saúde pública**. Brasília: Ministério da Saúde, 2007. 120 ISBN 978-85-334-1427-3.

SILVA A. R., COSTA, J. M. L., SILVA, M. C. P., RODRIGUES, K. C. A., BARBOSA, J., SANTOS, J. S., BASTOS, J. R. M., VIEIRA, J. A., MENDES, W. **Projeto Buriticupu: relatório de 1993**. Santa Luzia: UFMA (Documento mimeografado), 1994.

SCOLLARD, D. M, ADAMS, L. B, GILLIS, T. P, KRAHENBUHL, J. L., TRUMAN, R. W., WILLIAMS, D. L. The continuing challenges of leprosy. **Clinical Microbiology**. Washignton, volume 19, p.338-381, agosto, 2001.

SEHGAL, V. N, SEHGAL, S. Leprosy in young urban children. **Int J Dermatol**. 1988;27(2):112-4.

SILVA, L. J. da. O conceito do espaço na epidemiologia das doenças infecciosas. **Caderno de Saúde Pública**. Rio de Janeiro. 1997.

SINAN-Net. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br>. Acesso em: 13 mar. de 2013.

STELLA, A. **Plano de prevenção e controle do desmatamento e queimadas do Maranhão**. 2011. 120 p. Disponível em:<http://www.sema.ma.gov.br/pdf/Plano%20Estadual%20de%20Combate%20ao%20Desmatamento.pdf>. Acesso em 2015.

SUZUKI, K., UDONO, T., FUSIKAWA, M. Infection during infancy and long incubation period of leprosy suggested in a case of a chimpanzee used for medical research. **Journal of Clinical Microbiology** 48, 3432–3434. 2010.

TALHARI, S., NEVES, R. G. **Dermatologia Tropical-Hanseníase**. 3.ed Manaus: Gráfica Tropical; 1997

VAN BEERS, S., HATTA, M., KLATSER, P. R.. Seroprevalence rates of antibodies to phenolic glycolipid-I among school children as an indicator of leprosy endemicity. **International Jounal of Leprosy**. 67:243–249, 1999.

VAN BRAKEL, W. H., SIHOMBING, B., DJARIR, H., BEISE, K., KUSUMAWARDHANI, L., YULIHANE, R., KURNIASARI, I., KASIM, M., KESUMANINGSIH, K. I., WILDER-

SMITH, A. Disability in people affected by leprosy: the role of impairment, activity, social participation, stigma and discrimination. **Global Health Action**. Genebra, volume5. p. 5-12, 2012.

SOUZA, W. V., BARCELLOS, C. C., BRITOC, A. M., CARVALHO, M. S., CRUZ, O. G., ALBUQUERQUE, M. de F. M., ALVES, K. R., LAPA, T. M. Aplicação de modelo bayesiano empírico na análise espacial da ocorrência de hanseníase. **Rev Saúde Pública** 2001. 35(5):474-80

VICTORA, C. G., HUTTLY, S. R., FUCHS, S. C. The role of conceptual frameworks in epidemiological analysis: a hierarchical approach. **International Journal of Epidemiology**, 26, 224–227. 1997.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Chemotherapy of leprosy for control programmes**. Technical Report Series. N. 675. Geneva, 1982.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global Leprosy Situation, 2007. **Weekly epidemiological record** N. 25, p. 225-232, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Transmission of leprosy**. Disponível em: http://www.who.int/lep/transmission/en/. Acessado em 26 de agosto de 2014.

ZUUR, A. F., IENO, E. N., ELPHICK, C. S. **A protocol for data exploration to avoid common statistical problems**. Methods in Ecology and Evolution 1.1 (2010): 3-14.

APÊNCIDES

Apêndice A: Análise de agrupamentos espaciais de casos de hanseníase no estado do Maranhão, com 10% da população sob risco

```
SaTScan v9.1.1
Program run on: Fri Aug 24 14:44:02 2012
Purely Spatial analysis
scanning for clusters with high or low rates
using the Discrete Poisson model.
_____________________________________________________________________
SUMMARY OF DATA

Study period..................: 2001/1/1 to 2010/12/31
Number of locations...........: 217
Total population..............: 6196307
Total number of cases.........: 51305
Annual cases / 10000.........: 7.53
_____________________________________________________________________

MOST LIKELY CLUSTER
1.Location IDs included.: 210542, 210005, 211085, 210203,
                          210550, 211176, 210325, 210530,
                          210235, 210200, 210375, 210232
  Coordinates / radius..: (47.260573 S, 4.271325 W) / 103.43 km
  Population............: 570586
  Number of cases.......: 8949
  Expected cases........: 4734.40
  Annual cases / 10000.: 14.23
  Observed / expected...: 1.89
  Relative risk.........: 2.08
  Log likelihood ratio..: 1679.851161
  P-value...............: < 0.000000000000000010

SECONDARY CLUSTERS
2.Location IDs included.: 210015, 210090, 211250, 210630,
                          211060, 210805, 211023, 210667,
                          210170, 211010, 210210, 210080,
                          211027, 210220, 210640, 210390,
                          211260, 210940, 210173, 210340,
                          210500, 210320, 210010, 211040,
                          210710, 210030, 210720, 210510, 210237
  Coordinates / radius..: (42.166396 S, 2.946944 W) / 196.62 km
  Population............: 633044
  Number of cases.......: 1853
  Expected cases........: 5033.44
  Annual cases / 10000.: 2.77
  Observed / expected...: 0.37
  Relative risk.........: 0.34
  Log likelihood ratio..: 1435.624378
  P-value...............: < 0.000000000000000010

3.Location IDs included.: 211300, 210040, 210810, 210740,
                          211172, 210215, 210990, 210207,
```

210177, 210870, 210570, 210580,
210850, 210635, 211227, 210594,
210515, 210590, 210596, 210690,
210520, 210120, 210355, 211000
Coordinates / radius..: (45.312642 S, 4.243861 W) / 63.95 km
Population.....: 580928
Number of cases.....: 8309
Expected cases.....: 4730.54
Annual cases / 10000.: 13.22
Observed / expected...: 1.76
Relative risk.....: 1.90
Log likelihood ratio..: 1243.132340
P-value.....: < 0.000000000000000010

4.Location IDs included.: 211178, 210130, 210680, 210370,
210083, 210312, 210905, 210490,
210310, 211240, 210190, 210860,
211245, 210840, 210980, 210760,
210927, 210020, 211050, 210260,
210135, 211170, 210745, 210467,
210923, 210430, 210240, 211100,
210650, 210825
Coordinates / radius..: (45.018228 S, 1.866297 W) / 99.08 km
Population.....: 578470
Number of cases.....: 2303
Expected cases.....: 4754.30
Annual cases / 10000.: 3.65
Observed / expected...: 0.48
Relative risk.....: 0.46
Log likelihood ratio..: 845.439605
P-value.....: < 0.000000000000000010

5.Location IDs included.: 210800, 210730, 211190, 210770,
210350, 211065, 210180, 210790,
211110, 210545, 211195, 210230,
210420, 211070, 210592, 211080,
210670, 210462, 210470, 210460, 210975
Coordinates / radius..: (44.180672 S, 6.632143 W) / 100.70 km
Population.....: 293896
Number of cases.....: 785
Expected cases.....: 2418.97
Annual cases / 10000.: 2.44
Observed / expected...: 0.32
Relative risk.....: 0.31
Log likelihood ratio..: 777.529277
P-value.....: < 0.000000000000000010

6.Location IDs included.: 211220
Coordinates / radius..: (42.980038 S, 5.183274 W) / 0 km
Population.....: 144897
Number of cases.....: 2433
Expected cases.....: 1219.82
Annual cases / 10000.: 15.02
Observed / expected...: 1.99
Relative risk.....: 2.04
Log likelihood ratio..: 481.433929
P-value.....: < 0.000000000000000010

7.Location IDs included.: 210409, 210410, 210725, 211180,
210480, 210407, 211157, 211160,
211105, 210598, 210408, 210950,
210970, 210060, 210700, 210547,
210900, 210405
Coordinates / radius..: (46.176675 S, 6.527343 W) / 115.54 km
Population.....: 291693
Number of cases.....: 1123
Expected cases.....: 2368.80
Annual cases / 10000.: 3.57
Observed / expected...: 0.47
Relative risk.....: 0.46
Log likelihood ratio..: 423.340994
P-value.....: < 0.000000000000000010

8.Location IDs included.: 210270, 210880, 210540, 210663, 210675
Coordinates / radius..: (44.262425 S, 3.621611 W) / 30.32 km
Population.....: 122176
Number of cases.....: 1903
Expected cases.....: 993.03
Annual cases / 10000.: 14.43
Observed / expected...: 1.92
Relative risk.....: 1.95
Log likelihood ratio..: 336.066235
P-value.....: < 0.000000000000000010

9.Location IDs included.: 211210, 211270
Coordinates / radius..: (43.813596 S, 4.153149 W) / 35.73 km
Population.....: 70727
Number of cases.....: 253
Expected cases.....: 565.33
Annual cases / 10000.: 3.37
Observed / expected...: 0.45
Relative risk.....: 0.44
Log likelihood ratio..: 109.872019
P-value.....: < 0.000000000000000010

10.Location IDs included.: 210197, 210565, 210055, 210632
Coordinates / radius..: (46.178716 S, 1.762813 W) / 26.71 km
Population.....: 34851
Number of cases.....: 547
Expected cases.....: 274.01
Annual cases / 10000.: 15.03
Observed / expected...: 2.00
Relative risk.....: 2.01
Log likelihood ratio..: 105.876369
P-value.....: < 0.000000000000000010

11.Location IDs included.: 210110, 210960, 211120, 210920,
210750
Coordinates / radius..: (44.103304 S, 2.819907 W) / 25.31 km
Population.....: 292724
Number of cases.....: 1807
Expected cases.....: 2475.85
Annual cases / 10000.: 5.49
Observed / expected...: 0.73

Relative risk.....: 0.72
Log likelihood ratio..: 104.358564
P-value.....: < 0.000000000000000010

12.Location IDs included.: 210380, 211030, 211125, 210450, 210910
Coordinates / radius..: (44.395432 S, 5.023384 W) / 21.92 km
Population.....: 96483
Number of cases.....: 1162
Expected cases.....: 809.40
Annual cases / 10000.: 10.81
Observed / expected...: 1.44
Relative risk.....: 1.45
Log likelihood ratio..: 68.819359
P-value.....: < 0.000000000000000010

13.Location IDs included.: 211107, 211174
Coordinates / radius..: (43.766617 S, 5.040153 W) / 30.00 km
Population.....: 25818
Number of cases.....: 75
Expected cases.....: 207.32
Annual cases / 10000.: 2.72
Observed / expected...: 0.36
Relative risk.....: 0.36
Log likelihood ratio..: 56.233003
P-value.....: < 0.000000000000000010

14.Location IDs included.: 210330
Coordinates / radius..: (43.886093 S, 4.607417 W) / 0 km
Population.....: 115213
Number of cases.....: 1215
Expected cases.....: 944.33
Annual cases / 10000.: 9.69
Observed / expected...: 1.29
Relative risk.....: 1.29
Log likelihood ratio..: 36.268051
P-value.....: 0.000000000000082

PARAMETER SETTINGS
Input

Case File : E:\SaTScan_MA\Caso.txt
Population File : E:\SaTScan_MA\Pop.txt
Coordinates File : E:\SaTScan_MA\Geo.txt
Time Precision : Year
Start Time : 2001/1/1
End Time : 2010/12/31
Coordinates : Latitude/Longitude

Analysis

Type of Analysis : Purely Spatial
Probability Model : Discrete Poisson
Scan for Areas with : High or Low Rates

Output

Results File : E:\SaTScan_MA\Resultados\hans_10_S_HL
Cluster File : E:\SaTScan_MA\Resultados\hans_10_S_HL.col.dbf
Stratified Cluster File : E:\SaTScan_MA\Resultados\hans_10_S_HL.cci.dbf
Location File : E:\SaTScan_MA\Resultados\hans_10_S_HL.gis.dbf
Relative Risks File : E:\SaTScan_MA\Resultados\hans_10_S_HL.rr.dbf
Simulated LLRs File : E:\SaTScan_MA\Resultados\hans_10_S_HL.llr.dbf

Data Checking

Temporal Data Check : Check to ensure that all cases and controls are within the specified temporal study period.
Geographical Data Check : Check to ensure that all observations (cases, controls and populations) are within the specified geographical area.

Spatial Neighbors

Use Non-Euclidian Neighbors file : No
Use Meta Locations File : No
Multiple Coordinates Type : Allow only set of coordinates per location ID.

Spatial Window

Maximum Spatial Cluster Size : 10 percent of population at risk
Window Shape : Circular
Isotonic Scan : No

Space And Time Adjustments

Adjust for known relative risks : No

Inference

P-Value Reporting : Default Combination
Adjusting for More Likely Clusters : No
Number of Replications : 999

Clusters Reported

Criteria for Reporting Secondary Clusters : No Geographical Overlap

Additional Output

Report Critical Values : No
Report Monte Carlo Rank : No

Run Options

Processer Usage : All Available Proccessors
Logging Analysis : Yes
Suppress Warnings : No
_____

Apêndice B: Análise de agrupamentos espaciais de casos de hanseníase no estado do Maranhão, com 50% da população sob risco

SaTScan v9.1.1
Program run on: Fri Aug 24 14:34:12 2012
Purely Spatial analysis
scanning for clusters with high or low rates
using the Discrete Poisson model.

SUMMARY OF DATA
Study period.....: 2001/1/1 to 2010/12/31
Number of locations.....: 217
Total population.....: 6196307
Total number of cases.....: 51305
Annual cases / 10000.....: 7.53

MOST LIKELY CLUSTER
1.Location IDs included.: 210095, 210535, 210547, 210635,
211000, 210480, 210232, 210596,
210215, 210060, 210810, 210040,
210203, 210570, 210160, 210047,
211163, 211300, 211167, 210200,
210990, 211227, 211180, 210408,
210580, 210409, 211172, 210207,
210594, 210400, 210740, 210850,
211102, 210465, 210890, 210177,
210235, 211176, 210520, 210560,
210870, 210598, 210700, 210550,
211400, 210690, 211230, 210193,
210515, 210590, 210410, 211223,
210120, 211105, 210975, 211125,
211160, 210087, 210005, 210670,
210375, 210820, 211140, 211085,
210542, 210355, 211157, 210830,
210455, 211290, 210725, 211030,
210317, 210955, 210250, 210407,
210735, 210910, 210255, 210900,
210600, 210825, 210380, 211150,
210100, 210530
Coordinates / radius..: (45.954318 S, 5.060040 W) / 181.38 km
Population.....: 2161737
Number of cases.....: 25848
Expected cases.....: 17689.15
Annual cases / 10000.: 11.00
Observed / expected...: 1.46
Relative risk.....: 1.93
Log likelihood ratio..: 2726.455829
P-value.....: < 0.000000000000000010

SECONDARY CLUSTERS
2.Location IDs included.: 210170, 210805, 211027, 211010,
211023, 210940, 210667, 211250,
211260, 210080, 210173, 211060,

210210, 210640, 210500, 210015,
210220, 211040, 210630, 210710,
210090, 210320, 210390, 210510,
210720, 210237, 210340, 210010,
210930, 211270, 210920, 210110,
211120, 210945, 210750, 210960,
210030, 211210, 211130
Coordinates / radius..: (42.917814 S, 2.847647 W) / 155.48 km
Population.....: 1985134
Number of cases.....: 10990
Expected cases.....: 16740.10
Annual cases / 10000.: 4.94
Observed / expected...: 0.66
Relative risk.....: 0.56
Log likelihood ratio..: 1579.041457
P-value.....: < 0.000000000000000010

3.Location IDs included.: 211110, 211195, 210770, 210790,
210592, 210730, 210150, 210800,
211090, 210230, 210350, 210780,
211190, 210420, 210545, 210462,
210660, 210460, 211070, 211174,
211065, 210180, 210470, 211107
Coordinates / radius..: (43.637944 S, 6.557361 W) / 122.72 km
Population.....: 380633
Number of cases.....: 1340
Expected cases.....: 3130.16
Annual cases / 10000.: 3.22
Observed / expected...: 0.43
Relative risk.....: 0.41
Log likelihood ratio..: 686.142218
P-value.....: < 0.000000000000000010

4.Location IDs included.: 211220
Coordinates / radius..: (42.980038 S, 5.183274 W) / 0 km
Population.....: 144897
Number of cases.....: 2433
Expected cases.....: 1219.82
Annual cases / 10000.: 15.02
Observed / expected...: 1.99
Relative risk.....: 2.04
Log likelihood ratio..: 481.433929
P-value.....: < 0.000000000000000010

5.Location IDs included.: 210270, 210880, 210540, 210663, 210675
Coordinates / radius..: (44.262425 S, 3.621611 W) / 30.32 km
Population.....: 122176
Number of cases.....: 1903
Expected cases.....: 993.03
Annual cases / 10000.: 14.43
Observed / expected...: 1.92
Relative risk.....: 1.95
Log likelihood ratio..: 336.066235
P-value.....: < 0.000000000000000010

6.Location IDs included.: 211100, 211170, 210240, 210070,
210650, 210745, 210135, 211280,

211050, 210840, 210760
Coordinates / radius..: (44.758863 S, 3.004516 W) / 38.44 km
Population.....: 227721
Number of cases.....: 906
Expected cases.....: 1894.91
Annual cases / 10000.: 3.60
Observed / expected...: 0.48
Relative risk.....: 0.47
Log likelihood ratio..: 330.217332
P-value.....: < 0.000000000000000010

PARAMETER SETTINGS
Input

Case File : E:\SaTScan_MA\Caso.txt
Population File : E:\SaTScan_MA\Pop.txt
Coordinates File : E:\SaTScan_MA\Geo.txt
Time Precision : Year
Start Time : 2001/1/1
End Time : 2010/12/31
Coordinates : Latitude/Longitude

Analysis

Type of Analysis : Purely Spatial
Probability Model : Discrete Poisson
Scan for Areas with : High or Low Rates

Output

Results File : E:\SaTScan_MA\Resultados\hans_50_S_HL
Cluster File : E:\SaTScan_MA\Resultados\hans_50_S_HL.col.dbf
Stratified Cluster File : E:\SaTScan_MA\Resultados\hans_50_S_HL.cci.dbf
Location File : E:\SaTScan_MA\Resultados\hans_50_S_HL.gis.dbf
Relative Risks File : E:\SaTScan_MA\Resultados\hans_50_S_HL.rr.dbf
Simulated LLRs File : E:\SaTScan_MA\Resultados\hans_50_S_HL.llr.dbf

Data Checking

Temporal Data Check : Check to ensure that all cases and controls are within the specified temporal study period.
Geographical Data Check : Check to ensure that all observations (cases, controls and populations) are within the specified geographical area.

Spatial Neighbors

Use Non-Euclidian Neighbors file : No
Use Meta Locations File : No
Multiple Coordinates Type : Allow only set of coordinates per location ID.

Spatial Window

Maximum Spatial Cluster Size : 50 percent of population at risk
Window Shape : Circular
Isotonic Scan : No

Space And Time Adjustments

Adjust for known relative risks : No

Inference

P-Value Reporting : Default Combination
Adjusting for More Likely Clusters : No
Number of Replications : 999

Clusters Reported

Criteria for Reporting Secondary Clusters : No Geographical Overlap

Additional Output

Report Critical Values : No
Report Monte Carlo Rank : No

Run Options

Processer Usage : All Available Proccessors
Logging Analysis : Yes
Suppress Warnings : No

Apêndice C: Matriz de Proximidade Espacial (Matriz de Vizinhança) utilizada nas operações de análise espacial em casos de hanseníase dos municípios do estado do Maranhão

217
2103257 2100055 2110856 2112852 2105302
2100055 2103257 2102036 2105427 2105500 2100600 2110856 2102002
2102036 2100055 2100600 2102002 2102325
2105427 2100055 2102002 2103174
2105500 2100055 2100600 2110856 2111763 2105302
2100600 2100055 2102036 2105500 2110005 2102325 2107001 2100956 2102358 2111763 2111805 2104800
2110856 2103257 2100055 2105500 2105302
2102002 2100055 2102036 2105427 2100477 2102325 2112274 2104651 2106904 2108504 2111029 2103174
2103208 2100105 2100303 2103307 2103406 2102200 2106409 2112605 2110401 2112704 2107209 2112100
2100105 2103208 2100303 2103307 2103406
2100303 2103208 2100105 2103307 2103406 2103000
2103307 2103208 2100105 2100303 2103000 2108454 2103604 2110302 2102754 2111078 2112100 2104404 2103802 2104503
2103406 2103208 2100105 2100303 2103000 2102200 2103901
2100907 2100154 2110237 2110609 2112506 2106300
2100154 2100907 2110237 2110609 2112506
2110237 2100907 2100154 2110609 2112506 2110104 2101707 2108058
2110609 2100907 2100154 2110237 2112506 2110104 2106300
2112506 2100907 2100154 2110237 2110609 2108058
2103000 2100303 2103307 2103406 2106607 2112209 2111078
2109908 2100402 2110005 2112274 2101772 2106904 2108504
2100402 2109908 2110005 2113009 2102150
2110005 2100600 2109908 2100402 2102150 2100477 2102325 2112274 2100956 2106359 2108108 2113009 2100402
2102150 2100402 2110005 2108108
2101202 2100436 2111409 2111508 2102077 2105906 2107407
2100436 2101202 2108454 2103604 2111409 2111508
2108454 2103307 2100436 2103604 2111409 2102754 2106003
2103604 2103307 2100436 2108454 2111508 2108801 2112704 2112100
2111409 2101202 2100436 2108454 2102077 2108207 2112233 2105203 2105807 2106003
2111508 2101202 2100436 2103604 2103554 2106631 2105906 2108801
2100477 2102002 2110005 2102325 2112274
2102325 2102036 2100600 2102002 2110005 2100477
2112274 2102002 2109908 2110005 2100477 2108504
2101400 2100501 2112001 2109502 2109700 2104107 2107258 2111607
2100501 2101400 2112001
2112001 2101400 2100501 2109700
2105658 2100550 2106326 2101970 2103174
2100550 2105658 2106326
2106326 2105658 2100550 2103174 2103158 2104677
2107001 2100600 2102358 2111805 2104552 2105989 2109551
2100956 2100600 2110005 2105351 2105963 2106359
2102358 2100600 2107001 2111763 2103752 2104552
2111763 2105500 2100600 2102358 2103752 2105302
2111805 2100600 2107001 2105989 2111573 2111052 2104099
2104800 2100600
2102408 2100709 2111003 2110203 2111300 2101251 2101350 2110500 2111706
2100709 2102408 2105401 2111003 2112803 2101004 2106755 2110203

2105401 2100709 2106755 2110203 2109205 2109304 2102705 2112704
2111003 2102408 2100709 2112803 2111706 2107456 2106508
2112803 2100709 2111003 2101004 2108256 2102507 2111706 2108306 2107456 2106508
2101004 2100709 2112803 2106755 2103554 2102507 2112902 2106631
2106755 2100709 2105401 2101004 2106631 2102705
2110203 2102408 2100709 2105401 2109205 2109601 2101251
2102101 2100808 2102200 2106672
2100808 2102101 2102200 2106409 2110104 2106672 2112605
2102200 2103208 2103406 2102101 2100808 2106409 2103901
2106409 2103208 2100808 2102200 2112605
2110104 2110237 2110609 2100808 2106672 2112605 2101707 2101731
2106672 2102101 2100808 2110104
2112605 2103208 2100808 2106409 2110104 2101731 2110401
2107357 2100873 2108256 2109809 2114007 2103174 2106375 2110039
2100873 2107357 2108256 2109809 2114007
2108256 2112803 2107357 2100873 2109809 2114007 2110500 2108603 2106904 2111706 2108306
2109270
2109809 2107357 2100873 2108256 2111789 2112456 2108603 2109239 2110039 2109270
2114007 2107357 2100873 2108256 2104651 2106904 2111029 2103174
2106300 2100907 2110609
2105351 2100956 2105963 2101608 2105476 2111631
2105963 2100956 2105351 2106359 2111631 2105708
2106359 2110005 2100956 2105963 2108108 2105708
2103554 2111508 2101004 2112902 2106631 2105906 2108702
2102507 2112803 2101004 2112902 2106904 2105153 2108306
2112902 2101004 2103554 2102507 2105153 2108702
2106631 2111508 2101004 2106755 2103554 2102705 2108801
2105104 2101103 2107100 2111201 2105005
2101103 2105104 2102374 2107100 2109205 2109601 2111201 2111300
2102374 2101103 2107100 2109205 2109304
2107100 2105104 2101103 2102374 2101731 2105005 2110401 2109304 2107209
2109205 2105401 2110203 2101103 2102374 2109601 2109304
2109601 2110203 2101103 2109205 2111201 2111300 2101251
2111201 2105104 2101103 2109601 2111300 2107506
2111300 2102408 2101103 2109601 2111201 2101251 2101350
2102077 2101202 2111409 2105906 2107407 2105807 2108108 2105708
2105906 2101202 2111508 2103554 2102077 2107407 2108702
2107407 2101202 2102077 2105906 2108702 2111722
2101251 2102408 2110203 2109601 2111300
2111789 2109809 2101301 2112456 2108603 2106805
2101301 2111789 2112456
2112456 2109809 2111789 2101301 2104677 2109239
2101350 2102408 2111300 2108405 2110500
2108405 2101350 2110500 2101905 2108603 2107605
2110500 2102408 2108256 2101350 2108405 2108603 2111706 2107605
2109502 2101400 2107258 2102804 2104073
2109700 2101400 2112001 2111607 2106706 2106102
2104107 2101400 2107258 2111607 2104073 2111573 2104099
2107258 2101400 2109502 2104107 2104073
2111607 2101400 2109700 2104107 2106706 2104099
2110906 2101509 2111953 2105922 2107803
2101509 2110906 2111102 2111953
2111102 2101509 2111953 2107308 2108009 2105922 2107902 2107704
2111953 2110906 2101509 2111102 2105922 2107902
2101608 2105351 2105476 2112308 2105609 2111631 2111672 2104081
2105476 2105351 2101608
2112308 2101608 2105609 2104081 2103505 2106706 2110708 2109106 2111250 2109759

2105609 2101608 2112308 2111672 2108207 2108900 2111250 2104008
2111631 2105351 2105963 2101608 2111672 2105708
2111672 2101608 2105609 2111631 2105708 2104008
2104081 2101608 2112308 2106706 2104099
2109403 2101707 2110278 2101731 2105005
2101707 2110237 2110104 2109403 2108058 2110278 2101731
2108058 2110237 2112506 2101707
2110278 2109403 2101707
2101731 2110104 2112605 2107100 2109403 2101707 2105005 2110401
2105005 2105104 2107100 2109403 2101731
2110401 2103208 2112605 2107100 2101731 2112704 2107209
2101772 2109908
2107308 2111102 2101806 2108009
2101806 2107308 2110807 2108009 2110658
2110807 2101806 2110658 2106706 2106102
2108009 2111102 2107308 2101806 2110658 2107704 2111904
2110658 2101806 2110807 2108009 2106706 2111904
2103125 2101905 2108603 2106805
2101905 2108405 2103125 2108603
2108603 2108256 2109809 2111789 2108405 2110500 2103125 2101905 2106805 2107605 2109270
2108207 2111409 2105609 2101939 2108900 2112233 2110302 2106003 2111250
2101939 2108207 2108900 2112233 2105203
2108900 2105609 2108207 2101939 2105203 2105807 2105708 2111250 2104008 2105948
2112233 2111409 2108207 2101939 2105203
2105203 2111409 2101939 2108900 2112233 2105807 2105948
2101970 2105658
2104651 2102002 2114007 2106904 2111029 2103174
2106904 2102002 2109908 2108256 2114007 2102507 2104651 2108504 2105153 2108306
2108504 2102002 2109908 2112274 2106904
2111029 2102002 2114007 2104651 2103174
2103174 2105427 2102002 2105658 2106326 2107357 2114007 2104651 2111029 2103158 2106375
2105807 2111409 2102077 2108900 2105203 2105708 2105948
2108108 2110005 2102150 2106359 2102077 2105708
2105708 2105963 2106359 2102077 2111631 2111672 2108900 2105807 2108108 2104008
2103901 2103406 2102200
2104206 2102309 2107803 2103505 2105450 2110708 2104602 2104628
2102309 2104206 2105922 2107803 2107902 2103505
2105922 2110906 2111102 2111953 2102309 2107803 2107902
2107803 2110906 2104206 2102309 2105922 2106607 2104602 2111748
2107902 2111102 2111953 2102309 2105922 2103505 2107704
2103505 2112308 2104206 2102309 2107902 2106706 2107704 2105450 2110708 2111904
2103752 2102358 2111763 2104552 2105302
2104552 2107001 2102358 2103752 2109551 2105302
2109304 2105401 2102374 2107100 2109205 2112704 2107209
2111706 2102408 2111003 2112803 2108256 2110500 2107456
2105153 2102507 2112902 2106904 2108702
2108306 2112803 2108256 2102507 2106904
2105989 2107001 2111805 2102556 2109007 2109551 2111052
2102556 2105989 2109007 2109551
2109007 2105989 2102556 2104057 2111052
2109551 2107001 2104552 2105989 2102556
2102705 2105401 2106755 2106631 2108801 2112704
2108801 2103604 2111508 2106631 2102705 2112704
2112704 2103208 2103604 2105401 2110401 2109304 2102705 2108801 2107209 2112100
2110302 2103307 2108207 2102754 2106003 2103802 2111250
2102754 2103307 2108454 2110302 2106003
2106003 2108454 2111409 2108207 2110302 2102754

2104057 2109007 2102804 2111573 2111052
2102804 2109502 2104057 2104073 2111573
2104073 2109502 2104107 2107258 2102804 2111573
2111573 2111805 2104107 2104057 2102804 2104073 2111052 2104099
2106607 2103000 2107803 2112209 2111078 2111748
2112209 2103000 2106607
2111078 2103307 2103000 2106607 2104404 2111748
2106805 2111789 2103125 2108603 2103109
2103109 2106805
2103158 2106326 2103174 2106375 2104677
2106375 2107357 2103174 2103158 2104677 2109239 2110039
2104677 2106326 2112456 2103158 2106375 2109239
2107209 2103208 2107100 2110401 2109304 2112704
2112100 2103208 2103307 2103604 2112704
2112852 2103257 2111532
2105302 2103257 2105500 2110856 2111763 2103752 2104552
2104404 2103307 2111078 2104503 2109106 2104602 2104701 2111748
2103802 2103307 2110302 2104503 2109106 2111250
2104503 2103307 2104404 2103802 2109106
2106706 2109700 2111607 2112308 2104081 2110807 2110658 2103505 2111904 2104099 2106102
2107704 2111102 2108009 2107902 2103505 2111904
2105450 2104206 2103505 2110708
2110708 2112308 2104206 2103505 2105450 2109106 2104628 2104701 2109759
2111904 2108009 2110658 2103505 2106706 2107704
2108702 2103554 2112902 2105906 2107407 2105153 2111722
2109106 2112308 2104404 2103802 2104503 2110708 2111250 2104701 2109759
2111250 2112308 2105609 2108207 2108900 2110302 2103802 2109106
2104008 2105609 2111672 2108900 2105708
2111052 2111805 2105989 2109007 2104057 2111573
2104099 2111805 2104107 2111607 2104081 2111573 2106706
2104602 2104206 2107803 2104404 2104628 2104701 2111748
2104628 2104206 2110708 2104602 2104701
2104701 2104404 2110708 2109106 2104602 2104628
2111748 2107803 2106607 2111078 2104404 2104602
2109239 2109809 2112456 2106375 2104677 2110039
2105948 2108900 2105203 2105807
2106102 2109700 2110807 2106706
2110039 2107357 2109809 2106375 2109239
2107456 2111003 2112803 2111706 2106508
2106508 2111003 2112803 2107456
2111722 2107407 2108702
2107506 2111201
2107605 2108405 2110500 2108603
2109270 2108256 2109809 2108603
2109759 2112308 2110708 2109106
2111532 2112852

Apêndice D: Taxas brutas dos casos de hanseníase/10.000 hab., no estado do Maranhão para os períodos de 2001-2005 e 2006-2010

ID	GEOIBGE	MUNICIPIO	TXBruta_0105	TXBruta_0610
1	210005	Acailandia	16.880000	11.270000
2	210010	Afonso Cunha	1.210000	0.270000
3	210015	Agua Doce do Maranhao	0.000000	0.650000
4	210020	Alcantara	1.510000	2.630000
5	210030	Aldeias Altas	1.000000	2.150000
6	210040	Altamira do Maranhao	3.760000	1.850000
7	210043	Alto Alegre do Maranhao	5.760000	6.060000
8	210047	Alto Alegre do Pindare	9.360000	9.150000
9	210050	Alto Parnaiba	4.090000	1.790000
10	210055	Amapa do Maranhao	15.640000	12.670000
11	210060	Amarante do Maranhao	2.070000	3.620000
12	210070	Anajatuba	4.200000	8.400000
13	210080	Anapurus	3.470000	1.210000
14	210083	Apicum Acu	0.600000	0.520000
15	210087	Araguana	7.840000	2.720000
16	210090	Araioses	0.730000	0.650000
17	210095	Arame	22.220000	9.240000
18	210100	Arari	11.650000	9.970000
19	210110	Axixa	0.830000	0.930000
20	210120	Bacabal	18.730000	11.970000
21	210125	Bacabeira	1.310000	3.330000
22	210130	Bacuri	1.870000	1.450000
23	210135	Bacurituba	1.770000	0.800000
24	210140	Balsas	5.260000	4.950000
25	210150	Barao de Grajau	2.870000	4.020000
26	210160	Barra do Corda	6.530000	4.530000
27	210170	Barreirinhas	3.280000	4.140000
28	210173	Belagua	0.000000	0.500000
29	210177	Bela Vista do Maranhao	5.910000	3.180000
30	210180	Benedito Leite	1.320000	0.510000
31	210190	Bequimao	0.370000	0.940000
32	210193	Bernardo do Mearim	1.790000	5.380000
33	210197	Boa Vista do Gurupi	12.910000	5.240000
34	210200	Bom Jardim	9.580000	10.030000
35	210203	Bom Jesus das Selvas	7.770000	4.440000
36	210207	Bom Lugar	2.320000	2.520000
37	210210	Brejo	2.150000	1.820000
38	210215	Brejo de Areia	3.850000	6.680000
39	210220	Buriti	1.460000	1.280000
40	210230	Buriti Bravo	1.130000	1.660000
41	210232	Buriticupu	13.970000	6.570000
42	210235	Buritirana	3.230000	4.280000

43	210237	Cachoeira Grande	2.360000	0.650000
44	210240	Cajapio	1.270000	0.670000
45	210250	Cajari	3.630000	4.940000
46	210255	Campestre do Maranhao	3.730000	3.710000
47	210260	Candido Mendes	2.430000	2.350000
48	210270	Cantanhede	10.250000	9.500000
49	210275	Capinzal do Norte	3.500000	2.800000
50	210280	Carolina	5.410000	6.030000
51	210290	Carutapera	1.830000	1.560000
52	210300	Caxias	6.450000	7.480000
53	210310	Cedral	0.140000	0.400000
54	210312	Central do Maranhao	1.090000	0.650000
55	210315	Centro do Guilherme	16.820000	5.560000
56	210317	Centro Novo do Maranhao	10.970000	2.360000
57	210320	Chapadinha	4.900000	3.620000
58	210325	Cidelandia	4.030000	4.490000
59	210330	Codo	8.260000	7.560000
60	210340	Coelho Neto	5.050000	3.490000
61	210350	Colinas	2.000000	1.860000
62	210355	Conceicao do Lago Acu	5.030000	8.330000
63	210360	Coroata	1.850000	7.860000
64	210370	Cururupu	1.100000	1.110000
65	210375	Davinopolis	16.250000	9.190000
66	210380	Dom Pedro	6.000000	8.890000
67	210390	Duque Bacelar	0.430000	0.930000
68	210400	Esperantinopolis	5.060000	6.350000
69	210405	Estreito	5.350000	4.430000
70	210407	Feira Nova do Maranhao	1.900000	0.370000
71	210408	Fernando Falcao	5.570000	2.290000
72	210409	Formosa da Serra Negra	0.550000	0.480000
73	210410	Fortaleza dos Nogueiras	0.840000	0.930000
74	210420	Fortuna	2.300000	1.880000
75	210430	Godofredo Viana	1.040000	0.810000
76	210440	Goncalves Dias	3.310000	6.790000
77	210450	Governador Archer	12.920000	18.270000
78	210455	Governador Edison Lobao	9.190000	10.530000
79	210460	Governador Eugenio Barros	2.640000	2.040000
80	210462	Governador Luiz Rocha	4.210000	2.540000
81	210465	Governador Newton Bello	7.740000	5.510000
82	210467	Governador Nunes Freire	13.220000	5.010000
83	210470	Graca Aranha	1.630000	2.500000
84	210480	Grajau	5.630000	4.090000
85	210490	Guimaraes	1.570000	0.670000
86	210500	Humberto de Campos	1.650000	2.100000
87	210510	Icatu	0.590000	1.570000
88	210515	Igarape do Meio	9.490000	11.270000

89	210520	Igarape Grande	4.820000	4.260000
90	210530	Imperatriz	17.400000	11.360000
91	210535	Itaipava do Grajau	3.680000	4.110000
92	210540	Itapecuru Mirim	17.670000	10.470000
93	210542	Itinga do Maranhao	18.870000	14.640000
94	210545	Jatoba	1.220000	2.230000
95	210547	Jenipapo dos Vieiras	1.830000	3.320000
96	210550	Joao Lisboa	9.040000	7.220000
97	210560	Joselandia	9.420000	4.190000
98	210565	Junco do Maranhao	27.400000	8.660000
99	210570	Lago da Pedra	19.820000	10.630000
100	210580	Lago do Junco	2.930000	4.200000
101	210590	Lago Verde	10.380000	7.430000
102	210592	Lagoa do Mato	0.440000	0.410000
103	210594	Lago dos Rodrigues	7.960000	9.030000
104	210596	Lagoa Grande do Maranhao	3.810000	11.180000
105	210598	Lajeado Novo	0.700000	0.840000
106	210600	Lima Campos	10.140000	6.570000
107	210610	Loreto	0.850000	0.800000
108	210620	Luis Domingues	4.750000	0.690000
109	210630	Magalhaes de Almeida	2.010000	0.670000
110	210632	Maracacume	15.320000	5.790000
111	210635	Maraja do Sena	6.250000	7.220000
112	210637	Maranhaozinho	11.610000	5.350000
113	210640	Mata Roma	1.060000	1.360000
114	210650	Matinha	2.720000	3.410000
115	210660	Matoes	1.330000	2.960000
116	210663	Matoes do Norte	20.250000	6.310000
117	210667	Milagres do Maranhao	0.220000	1.850000
118	210670	Mirador	0.410000	0.340000
119	210675	Miranda do Norte	22.240000	12.140000
120	210680	Mirinzal	1.390000	1.830000
121	210690	Moncao	11.210000	7.710000
122	210700	Montes Altos	3.490000	2.410000
123	210710	Morros	0.190000	0.930000
124	210720	Nina Rodrigues	1.670000	3.020000
125	210725	Nova Colinas	0.680000	0.300000
126	210730	Nova Iorque	2.920000	1.250000
127	210735	Nova Olinda do Maranhao	6.120000	5.420000
128	210740	Olho Dagua das Cunhas	10.520000	6.760000
129	210745	Olinda Nova do Maranhao	0.990000	4.010000
130	210750	Paco do Lumiar	3.200000	3.050000
131	210760	Palmeirandia	3.290000	2.600000
132	210770	Paraibano	1.240000	1.370000
133	210780	Parnarama	3.210000	4.020000
134	210790	Passagem Franca	1.520000	1.040000

135	210800	Pastos Bons	1.350000	2.630000
136	210805	Paulino Neves	3.020000	4.750000
137	210810	Paulo Ramos	6.980000	12.350000
138	210820	Pedreiras	8.180000	7.690000
139	210825	Pedro do Rosario	2.010000	0.490000
140	210830	Penalva	10.080000	6.400000
141	210840	Peri Mirim	1.760000	1.670000
142	210845	Peritoro	4.920000	6.630000
143	210850	Pindare Mirim	16.480000	10.050000
144	210860	Pinheiro	7.070000	6.080000
145	210870	Pio XII	4.930000	3.010000
146	210880	Pirapemas	5.310000	6.180000
147	210890	Pocao de Pedras	6.450000	7.190000
148	210900	Porto Franco	3.110000	4.620000
149	210905	Porto Rico do Maranhao	0.460000	1.120000
150	210910	Presidente Dutra	11.910000	7.380000
151	210920	Presidente Juscelino	0.520000	2.020000
152	210923	Presidente Medici	7.520000	4.240000
153	210927	Presidente Sarney	3.430000	3.470000
154	210930	Presidente Vargas	9.210000	4.730000
155	210940	Primeira Cruz	0.120000	0.450000
156	210945	Raposa	0.380000	3.880000
157	210950	Riachao	4.260000	3.420000
158	210955	Ribamar Fiquene	2.320000	7.050000
159	210960	Rosario	3.410000	4.590000
160	210970	Sambaiba	0.000000	0.800000
161	210975	Santa Filomena do Maranhao	0.840000	0.970000
162	210980	Santa Helena	2.530000	4.050000
163	210990	Santa Ines	18.230000	9.480000
164	211000	Santa Luzia	13.950000	11.940000
165	211003	Santa Luzia do Parua	5.270000	4.840000
166	211010	Santa Quiteria do Maranhao	3.500000	2.620000
167	211020	Santa Rita	3.420000	3.880000
168	211023	Santana do Maranhao	0.920000	1.250000
169	211027	Santo Amaro do Maranhao	0.890000	1.950000
170	211030	Santo Antonio dos Lopes	8.770000	5.780000
171	211040	Sao Benedito do Rio Preto	1.600000	0.890000
172	211050	Sao Bento	1.600000	2.310000
173	211060	Sao Bernardo	1.410000	1.030000
174	211065	Sao Domingos do Azeitao	0.620000	0.380000
175	211070	Sao Domingos do Maranhao	3.450000	4.610000
176	211080	Sao Felix de Balsas	0.600000	0.320000
177	211085	Sao Francisco do Brejao	6.730000	5.180000
178	211090	Sao Francisco do Maranhao	0.670000	2.030000
179	211100	Sao Joao Batista	1.930000	1.410000
180	211102	Sao Joao do Caru	6.760000	8.580000

181	211105	Sao Joao do Paraiso	0.650000	1.840000
182	211107	Sao Joao do Soter	0.910000	1.010000
183	211110	Sao Joao dos Patos	7.040000	2.120000
184	211120	Sao Jose de Ribamar	3.820000	4.810000
185	211125	Sao Jose dos Basilios	3.790000	4.320000
186	211130	Sao Luis	6.500000	5.520000
187	211140	Sao Luis Gonzaga do Maranhao	9.670000	10.320000
188	211150	Sao Mateus do Maranhao	11.700000	10.040000
189	211153	Sao Pedro da Agua Branca	6.990000	4.380000
190	211157	Sao Pedro dos Crentes	1.380000	1.670000
191	211160	Sao Raimundo das Mangabeiras	0.950000	1.150000
192	211163	Sao Raimundo do Doca Bezerra	4.110000	4.990000
193	211167	Sao Roberto	9.280000	11.750000
194	211170	Sao Vicente Ferrer	1.200000	2.400000
195	211172	Satubinha	3.840000	1.720000
196	211174	Senador Alexandre Costa	3.190000	4.140000
197	211176	Senador La Rocque	5.440000	6.320000
198	211178	Serrano do Maranhao	3.100000	0.970000
199	211180	Sitio Novo	2.020000	1.400000
200	211190	Sucupira do Norte	0.410000	0.540000
201	211195	Sucupira do Riachao	0.000000	0.000000
202	211200	Tasso Fragoso	1.110000	1.460000
203	211210	Timbiras	0.000000	1.680000
204	211220	Timon	13.090000	11.170000
205	211223	Trizidela do Vale	14.370000	11.000000
206	211227	Tufilandia	3.880000	2.310000
207	211230	Tuntum	4.290000	5.700000
208	211240	Turiacu	1.980000	1.280000
209	211245	Turilandia	3.520000	5.030000
210	211250	Tutoia	1.760000	1.500000
211	211260	Urbano Santos	2.880000	2.980000
212	211270	Vargem Grande	2.270000	3.640000
213	211280	Viana	4.490000	3.990000
214	211285	Vila Nova dos Martirios	7.330000	5.830000
215	211290	Vitoria do Mearim	10.450000	7.370000
216	211300	Vitorino Freire	8.470000	9.050000
217	211400	Ze Doca	7.260000	11.420000

Apêndice E: Taxas suavizadas (Bayes Empírico Local) dos casos de hanseníase/10.000 hab., no estado do Maranhão para os períodos de 2001-2005 e 2006-2010

ID	GEOIBGE	MUNICIPIO	TXLEBayes_0105	TXLEBayes_0610
1	210005	Acailandia	23.313710	15.638300
2	210010	Afonso Cunha	6.386160	4.555800
3	210015	Agua Doce do Maranhao	1.644670	1.492480
4	210020	Alcantara	2.105690	3.689370
5	210030	Aldeias Altas	4.913810	4.849940
6	210040	Altamira do Maranhao	11.245400	10.973000
7	210043	Alto Alegre do Maranhao	8.543260	10.895980
8	210047	Alto Alegre do Pindare	14.598630	12.989830
9	210050	Alto Parnaiba	6.669720	5.433570
10	210055	Amapa do Maranhao	24.006180	12.495180
11	210060	Amarante do Maranhao	3.755710	5.741270
12	210070	Anajatuba	6.285470	11.358060
13	210080	Anapurus	3.342270	2.726640
14	210083	Apicum Acu	0.833680	0.725290
15	210087	Araguana	9.100880	4.686940
16	210090	Araioses	1.761170	1.435700
17	210095	Arame	30.319690	12.730130
18	210100	Arari	16.039760	12.812300
19	210110	Axixa	5.631380	5.916480
20	210120	Bacabal	25.890800	16.339280
21	210125	Bacabeira	7.521560	7.292410
22	210130	Bacuri	3.914590	2.828380
23	210135	Bacurituba	7.938080	6.851970
24	210140	Balsas	6.997100	6.515980
25	210150	Barao de Grajau	4.325320	3.604100
26	210160	Barra do Corda	8.881900	6.440070
27	210170	Barreirinhas	4.153450	5.176680
28	210173	Belagua	2.482260	2.770730
29	210177	Bela Vista do Maranhao	15.293720	9.865610
30	210180	Benedito Leite	1.814870	2.070620
31	210190	Bequimao	1.746210	2.474140
32	210193	Bernardo do Mearim	7.579360	10.571240
33	210197	Boa Vista do Gurupi	22.975140	9.428130
34	210200	Bom Jardim	14.262020	13.714040
35	210203	Bom Jesus das Selvas	11.898190	7.338730
36	210207	Bom Lugar	6.769750	8.610600
37	210210	Brejo	2.684590	2.141920
38	210215	Brejo de Areia	9.873170	13.707280
39	210220	Buriti	3.036170	2.803450
40	210230	Buriti Bravo	2.738110	2.677390
41	210232	Buriticupu	19.034810	9.438670

42	210235	Buritirana	4.912540	6.653240
43	210237	Cachoeira Grande	3.305240	1.802810
44	210240	Cajapio	6.228980	5.839010
45	210250	Cajari	8.094940	8.188480
46	210255	Campestre do Maranhao	3.932420	5.721920
47	210260	Candido Mendes	3.381660	3.315420
48	210270	Cantanhede	14.579890	12.566050
49	210275	Capinzal do Norte	9.851610	9.672800
50	210280	Carolina	6.368400	6.948090
51	210290	Carutapera	2.558640	2.177180
52	210300	Caxias	9.082740	10.420800
53	210310	Cedral	1.179900	1.702710
54	210312	Central do Maranhao	3.371960	3.112270
55	210315	Centro do Guilherme	18.540780	6.645170
56	210317	Centro Novo do Maranhao	15.322080	5.851500
57	210320	Chapadinha	6.805330	5.061940
58	210325	Cidelandia	15.116650	12.871850
59	210330	Codo	11.358170	10.465510
60	210340	Coelho Neto	7.022870	5.117950
61	210350	Colinas	2.874010	2.777830
62	210355	Conceicao do Lago Acu	10.170970	10.996650
63	210360	Coroata	2.882980	10.696950
64	210370	Cururupu	1.531040	1.577990
65	210375	Davinopolis	22.430820	14.170810
66	210380	Dom Pedro	10.358370	11.934220
67	210390	Duque Bacelar	2.403990	2.783830
68	210400	Esperantinopolis	7.993630	10.262660
69	210405	Estreito	6.627170	6.121060
70	210407	Feira Nova do Maranhao	4.164600	2.485250
71	210408	Fernando Falcao	6.973530	4.201780
72	210409	Formosa da Serra Negra	1.146740	1.343390
73	210410	Fortaleza dos Nogueiras	2.391440	2.397350
74	210420	Fortuna	3.596280	3.625990
75	210430	Godofredo Viana	1.455690	1.085630
76	210440	Goncalves Dias	5.978300	9.481810
77	210450	Governador Archer	14.414490	16.275590
78	210455	Governador Edison Lobao	15.639180	14.528510
79	210460	Governador Eugenio Barros	4.167980	4.310750
80	210462	Governador Luiz Rocha	4.188260	4.496780
81	210465	Governador Newton Bello	12.248570	9.940700
82	210467	Governador Nunes Freire	17.956590	7.236390
83	210470	Graca Aranha	4.313850	6.346400
84	210480	Grajau	7.439490	5.421980
85	210490	Guimaraes	2.198670	0.947880
86	210500	Humberto de Campos	1.285060	1.858000
87	210510	Icatu	1.908000	3.171940

88	210515	Igarape do Meio	12.503850	12.360940
89	210520	Igarape Grande	8.383630	9.629510
90	210530	Imperatriz	24.262950	15.673900
91	210535	Itaipava do Grajau	5.842170	6.632020
92	210540	Itapecuru Mirim	24.306980	14.024420
93	210542	Itinga do Maranhao	24.618110	19.142180
94	210545	Jatoba	3.570460	3.801910
95	210547	Jenipapo dos Vieiras	5.996590	6.000760
96	210550	Joao Lisboa	14.020510	11.710450
97	210560	Joselandia	9.885260	7.511420
98	210565	Junco do Maranhao	28.338260	10.160020
99	210570	Lago da Pedra	27.134840	14.164250
100	210580	Lago do Junco	5.863730	8.521120
101	210590	Lago Verde	15.160820	11.080050
102	210592	Lagoa do Mato	1.643380	2.236700
103	210594	Lago dos Rodrigues	7.983800	8.745040
104	210596	Lagoa Grande do Maranhao	8.456020	13.034780
105	210598	Lajeado Novo	3.424360	3.462600
106	210600	Lima Campos	11.628550	9.870480
107	210610	Loreto	0.688300	0.721990
108	210620	Luis Domingues	6.646610	0.944050
109	210630	Magalhaes de Almeida	1.672440	1.079220
110	210632	Maracacume	20.999390	7.931120
111	210635	Maraja do Sena	13.322160	15.461890
112	210637	Maranhaozinho	15.084130	6.497550
113	210640	Mata Roma	3.471770	3.213160
114	210650	Matinha	4.208110	4.672670
115	210660	Matoes	2.858500	5.337630
116	210663	Matoes do Norte	24.444580	12.983160
117	210667	Milagres do Maranhao	3.768710	2.838010
118	210670	Mirador	1.119690	0.917580
119	210675	Miranda do Norte	29.095120	13.612470
120	210680	Mirinzal	3.469150	3.654460
121	210690	Moncao	15.694850	10.932270
122	210700	Montes Altos	4.712240	4.274930
123	210710	Morros	0.623890	1.933260
124	210720	Nina Rodrigues	3.427450	4.230580
125	210725	Nova Colinas	5.072550	4.178920
126	210730	Nova Iorque	5.112670	2.839640
127	210735	Nova Olinda do Maranhao	8.525550	7.464990
128	210740	Olho Dagua das Cunhas	15.205000	9.881780
129	210745	Olinda Nova do Maranhao	3.106310	4.450580
130	210750	Paco do Lumiar	4.947770	4.762340
131	210760	Palmeirandia	5.112480	4.476000
132	210770	Paraibano	2.093920	2.405040
133	210780	Parnarama	3.327370	4.142710

134	210790	Passagem Franca	2.406080	2.133880
135	210800	Pastos Bons	2.260770	2.202320
136	210805	Paulino Neves	3.419310	5.149920
137	210810	Paulo Ramos	11.009710	16.173040
138	210820	Pedreiras	11.624460	10.712240
139	210825	Pedro do Rosario	3.803800	1.868590
140	210830	Penalva	13.488610	8.414360
141	210840	Peri Mirim	3.308940	3.393730
142	210845	Peritoro	7.376130	10.185220
143	210850	Pindare Mirim	22.465290	12.944290
144	210860	Pinheiro	9.516510	8.111190
145	210870	Pio XII	8.488870	5.717980
146	210880	Pirapemas	7.556470	9.267240
147	210890	Pocao de Pedras	9.432460	10.284150
148	210900	Porto Franco	4.533800	5.062500
149	210905	Porto Rico do Maranhao	0.646410	1.554240
150	210910	Presidente Dutra	15.988390	10.184380
151	210920	Presidente Juscelino	1.799720	4.073040
152	210923	Presidente Medici	10.191170	6.544830
153	210927	Presidente Sarney	5.529720	5.348090
154	210930	Presidente Vargas	12.696640	6.845750
155	210940	Primeira Cruz	1.792350	2.512050
156	210945	Raposa	0.527300	5.309220
157	210950	Riachao	6.633690	5.613000
158	210955	Ribamar Fiquene	4.667530	8.967520
159	210960	Rosario	6.315680	7.130680
160	210970	Sambaiba	2.239650	2.942630
161	210975	Santa Filomena do Maranhao	4.295950	7.136490
162	210980	Santa Helena	4.566840	5.759610
163	210990	Santa Ines	24.916140	13.190100
164	211000	Santa Luzia	19.381480	16.377940
165	211003	Santa Luzia do Parua	7.358240	6.415420
166	211010	Santa Quiteria do Maranhao	4.003310	3.617730
167	211020	Santa Rita	5.031840	5.758860
168	211023	Santana do Maranhao	2.315950	2.344180
169	211027	Santo Amaro do Maranhao	2.514420	3.713230
170	211030	Santo Antonio dos Lopes	10.999800	10.020640
171	211040	Sao Benedito do Rio Preto	3.007340	3.241820
172	211050	Sao Bento	2.637370	3.401700
173	211060	Sao Bernardo	2.145150	1.723190
174	211065	Sao Domingos do Azeitao	1.058450	1.181800
175	211070	Sao Domingos do Maranhao	4.970380	6.412340
176	211080	Sao Felix de Balsas	0.918090	0.652130
177	211085	Sao Francisco do Brejao	17.451140	13.493870
178	211090	Sao Francisco do Maranhao	2.329280	3.665910
179	211100	Sao Joao Batista	3.454790	2.902280

180	211102	Sao Joao do Caru	11.669350	12.412550
181	211105	Sao Joao do Paraiso	2.664770	3.861060
182	211107	Sao Joao do Soter	4.015690	5.396190
183	211110	Sao Joao dos Patos	8.861780	2.771140
184	211120	Sao Jose de Ribamar	5.722420	6.762870
185	211125	Sao Jose dos Basilios	8.624330	9.550820
186	211130	Sao Luis	9.034430	7.686060
187	211140	Sao Luis Gonzaga do Maranhao	13.845470	13.862330
188	211150	Sao Mateus do Maranhao	16.293270	13.650700
189	211153	Sao Pedro da Agua Branca	9.955200	6.877240
190	211157	Sao Pedro dos Crentes	3.281270	3.269000
191	211160	Sao Raimundo das Mangabeiras	1.957840	2.224210
192	211163	Sao Raimundo do Doca Bezerra	7.520680	8.404920
193	211167	Sao Roberto	13.251880	11.808490
194	211170	Sao Vicente Ferrer	2.457000	3.370770
195	211172	Satubinha	7.268710	4.228590
196	211174	Senador Alexandre Costa	3.378960	5.138050
197	211176	Senador La Rocque	9.449890	10.402050
198	211178	Serrano do Maranhao	5.445190	4.479870
199	211180	Sitio Novo	2.362280	2.683490
200	211190	Sucupira do Norte	1.734950	1.835760
201	211195	Sucupira do Riachao	1.941430	2.282340
202	211200	Tasso Fragoso	5.514330	5.085550
203	211210	Timbiras	0.856030	3.715530
204	211220	Timon	18.086280	15.315400
205	211223	Trizidela do Vale	17.368610	12.821080
206	211227	Tufilandia	14.138190	13.437080
207	211230	Tuntum	6.162420	7.513240
208	211240	Turiacu	2.767950	1.793080
209	211245	Turilandia	5.266740	5.874990
210	211250	Tutoia	2.069020	2.048920
211	211260	Urbano Santos	4.519420	3.739190
212	211270	Vargem Grande	3.347890	5.257500
213	211280	Viana	6.320350	5.646050
214	211285	Vila Nova dos Martirios	8.226300	6.628900
215	211290	Vitoria do Mearim	13.905960	10.342880
216	211300	Vitorino Freire	10.950250	12.036790
217	211400	Ze Doca	10.193150	15.623780