



Ministério da
Ciência e Tecnologia



sid.inpe.br/mtc-m19/2011/04.05.13.31-TDI

**ABORDAGENS ESPACIAIS PARA CARACTERIZAÇÃO
DOS CONDICIONANTES SOCIOAMBIENTAIS
ASSOCIADOS AO RISCO DE MALÁRIA EM NOVAS
FRONTEIRAS NA AMAZÔNIA: O CASO DE LÁBREA,
AMAZONAS**

Mariane Carvalho de Assis

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelo Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro, aprovada em 08 de abril de
2011

URL do documento original:
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39F26P8>>

INPE
São José dos Campos
2011

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3208-6923/6921

Fax: (012) 3208-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE (RE/DIR-204):**Presidente:**

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr^a Regina Célia dos Santos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

Dr. Horácio Hideki Yanasse - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Deicy Farabello - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Vivéca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
Ciência e Tecnologia



sid.inpe.br/mtc-m19/2011/04.05.13.31-TDI

**ABORDAGENS ESPACIAIS PARA CARACTERIZAÇÃO
DOS CONDICIONANTES SOCIOAMBIENTAIS
ASSOCIADOS AO RISCO DE MALÁRIA EM NOVAS
FRONTEIRAS NA AMAZÔNIA: O CASO DE LÁBREA,
AMAZONAS**

Mariane Carvalho de Assis

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto,
orientada pelo Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro, aprovada em 08 de abril de
2011

URL do documento original:
<<http://urlib.net/8JMKD3MGP7W/39F26P8>>

INPE
São José dos Campos
2011

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Assis, Mariane Carvalho de.
As76a Abordagens espaciais para caracterização dos condicionantes socioambientais associados ao risco de malária em novas fronteiras na Amazônia: o caso de Lábrea, Amazonas / Mariane Carvalho de Assis. – São José dos Campos : INPE, 2011.
xxiv + 138 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m19/2011/04.05.13.31-TDI)

Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2011.

Orientador : Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro.

1. Abordagem espacial em saúde pública. 2. Análise de interações locais. 3. Risco de malária. 4. Sensoriamento remoto. 5. Sistemas de Informação Geográfica (SIG). I. Título.

CDU 528.88:614 (811.3)

Copyright © 2011 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, reprográfico, de microfilmagem ou outros, sem a permissão escrita do INPE, com exceção de qualquer material fornecido especificamente com o propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright © 2011 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, microfilming, or otherwise, without written permission from INPE, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Mestre em
Sensoriamento Remoto

Dra. Evlyn Marcia Leão de Moraes Novo



Presidente / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro



Orientador(a) / INPE / SJC Campos - SP

Dra. Maria Isabel Sobral Escada



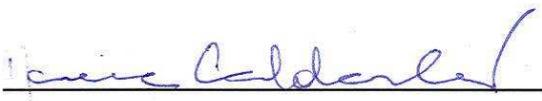
Membro da Banca / INPE / SJC Campos - SP

Dr. Camilo Daleles Rennó



Membro da Banca / INPE / SJC Campos - SP

Dra. Márcia Caldas de Castro



Convidado(a) / HSPH / Harvard - USA

Aluno (a): Mariane Carvalho de Assis

São José dos Campos, 08 de abril de 2011

“Tapera de Arraial. Ali, na beira do rio Pará, deixaram largado um povoado inteiro: casas, sobradinho, capela; três vendinhas, o chalé e o cemitério; e a rua, sozinha e comprida, que agora nem mais é uma estrada, de tanto que o mato a entupiu. Ao redor, bons pastos, boa gente, terra boa para o arroz. E o lugar já esteve nos mapas, muito antes da malária chegar.

Ela veio de longe, do São Francisco. Um dia, tomou caminho, entrou na boca aberta do Pará, e pegou a subir. Cada ano avançava um punhado de léguas, mais perto, mais perto, pertinho, fazendo medo no povo, porque era sezão da brava - da ‘tremedeira que não desamontava’ - matando muita gente. - Talvez que até aqui ela não chegue. Deus há-de. Mas chegou; nem dilatou para vir. E foi um ano de tristezas.

Em abril, quando passaram as chuvas, o rio - que não tem pressa e não tem margens, porque cresce num dia, mas leva mais de mês para minguar - desengordou devagarinho, deixando poços redondos num brejo de ciscos (...)

Então, houve gente tremendo, com os primeiros acessos da sezão. - Talvez que para o ano ela não volte, vá s'embora. Ficou.

Quem foi s'embora foram os moradores: os primeiros para o cemitério, os outros por aí a fora, por este mundo de Deus. As terras não valiam mais nada. Era pegar a trouxa e ir deixando, depressa, os ranchos, os sítios, as fazendas por fim. Quem quisesse, que tomasse conta”.

Guimarães Rosa, em Sarapalha – Conto de “Saragana”.

A meus pais,

*Arapy Gomes de Assis e
Márcia Aparecida de Carvalho.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço ao meu maior Mestre, com quem venho aprendendo as maiores lições de vida. Agradeço pelos dons que Ele me deu, pelos caminhos que tenho trilhado e pelas pessoas especiais que encontrei. Obrigada, Senhor.

Entre essas pessoas que encontrei, agradeço ao meu orientador, Dr. Antônio Miguel V. Monteiro, pela confiança, orientação, apoio e incentivo.

À Dra. Helen Gurgel e ao Dr. Carlos Frederico de Angelis pela oportunidade e iniciação no campo da saúde.

Ao Dr. Camilo Rennó, à Dra. Corina Freitas, à Dra. Marcia Castro, à Dra. Maria Isabel Sobral Escada, ao Dr. Ricardo Guimarães e à Dra. Virginia Correia, pela prontidão em esclarecer minhas dúvidas sobre diferentes etapas desta dissertação.

Ao Wagner Terrazas pelo auxílio no desenho do trabalho de campo. À Lubélia Freire e Romeu Fialho pelas conversas em Manaus. Ao Daniel Soares pelo total apoio no trabalho de campo em Lábrea. Ao Claudio, ao “Bala”, ao José Batista, e aos guardas de saúde do município que acompanharam o trabalho e apontaram pontos relevantes para a discussão deste trabalho.

Aos moradores do município de Lábrea com quem conversei e enriqueceram meu trabalho. Dentro de cada “quadradinho” representado neste trabalho me lembro de cada um.

Aos amigos do INPE, em especial à turma PG-SER 2009, aos companheiros de trabalho da Bat-Caverna e às companheiras de almoço. Pelos ensinamentos, pelas conversas, boa vontade em ajudar, pelos incentivos e pelos momentos de descontração.

À CAPES, pelo suporte financeiro.

A meus familiares, Carvalho e Assis, pela confiança depositada em meu trabalho, que muitas vezes foi maior do que a minha própria confiança.

Ao meu melhor amigo e companheiro Marcus Felipe, pela dedicação e pelo amor que me faz uma pessoa melhor a cada dia.

Muito Obrigada,

Mariane Assis.

RESUMO

Apesar dos esforços para erradicar a malária no Brasil desde a criação do Serviço Nacional de Malária em 1941, na região amazônica, a situação ainda está distante do sonho da erradicação. Na década de 1990, foi iniciada uma mudança de estratégia que reorganizou os esforços, anteriormente focalizados na tentativa de erradicação da malária, para o seu controle integrado. Atualmente, o PNCM-Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária utiliza um indicador, o IPA-*Incidência Parasitária Anual*- como marcador do risco à malária para os propósitos de monitoramento e controle. O desenho de estratégias de controle, para seu sucesso, deve ser orientado por informações que observem as características particulares da transmissão, existentes em cada localidade (*diferenciais intramunicipais*). Na Amazônia, onde muitos municípios possuem uma pequena população residente distribuída em uma grande extensão territorial isto é ainda mais relevante. A malária é uma doença com um ciclo de transmissão que envolve a interação complexa entre três elementos: o protozoário parasita, o vetor anofelino e o hospedeiro humano. Para fins de controle, estas interações são mediadas, principalmente, pelos espaços de vida do vetor e do hospedeiro. Em uma região que passou por intensas transformações nos últimos 40 anos as possibilidades de encontro entre vetor e hospedeiro se intensificaram e se diversificaram, sendo essencial para a vigilância um olhar focal e localizado. Este trabalho propõe uma caracterização alternativa para o IPA considerando sua representação espacial em células regulares de $[2 \times 2] \text{km}^2$. Para o desenvolvimento deste IPA-Local ajustado para as células uma metodologia baseada no uso de dados ambientais produzidos por sensoriamento remoto orbital e dados censitários tratados através de técnicas de análise espacial e integrados com o uso de Sistemas de Informação Geográfica foi desenvolvida. *Superfícies Potenciais de População e de Ocorrência de Malária* foram geradas para um *espaço celular* composto de células regulares de $[2 \times 2] \text{km}^2$. Com base nestas *superfícies potenciais* estimativas para a redistribuição espacial da população e das ocorrências positivas puderam ser geradas e o IPA-Local ajustado para cada célula foi calculado. O município de Lábrea, no estado do Amazonas, apresenta altas taxas para o IPA municipal e para o IPA por localidade, observadas pelo SIVEP-Malária. O IPA-Local ajustado por células de $[2 \times 2] \text{km}^2$ cobrindo toda extensão do município de Lábrea para os anos de 2003 e de 2008 foi produzido e utilizado para estudar os padrões de distribuição espacial do risco de malária e para explorar os seus condicionantes socioambientais. Para o estudo de caracterização de aglomerados espaciais significativos para o risco à malária em Lábrea foi utilizado um indicador de associação espacial, o $G_i^*(d)$, combinado com uma técnica de correção para evitar falsas descobertas de associações espaciais locais (*False Discovery Rates – FDR*). Para explorar os condicionantes socioambientais este trabalho partiu da hipótese de que as condições para a incidência podem ser associadas a dois perfis de risco: (a) O perfil *sociodemográfico*, cujos indicadores apontam condições de indivíduos e/ou grupos e as condições de suas moradias, aqui capturadas pela informação censitária, que ajuda a entender a capacidade de proteção destes indivíduos e/ou grupos relacionados às fases do ciclo de transmissão; e (b) O perfil *ambiental/paisagem* definido como aquele que reflete o contexto territorial que possibilita uma potencial exposição do indivíduo e/ou grupo ao vetor anofelino no estágio larvário e adulto. Com base nesta hipótese uma análise das interações locais através da Regressão Geograficamente Ponderada (*Geographically Weighted*

Regression – GWR) foi realizada com o *IPA-Local* ajustado por células como variável resposta e um conjunto selecionado de variáveis caracterizadoras destes dois perfis, estabelecidas para as mesmas células, como variáveis explicativas. Os resultados mostram evidências da existência de duas grandes dinâmicas associadas ao risco de malária entre os anos de 2003 e 2008 em Lábrea. A primeira dinâmica está ligada a conversão de áreas de *alto* para *médio* risco, associadas à variáveis caracterizadoras do perfil de risco *sociodemográfico*. A segunda dinâmica está ligada à expansão das áreas de *alto* risco mostrando associação com as variáveis caracterizadoras do perfil de risco *ambiental/paisagem*. A proposta de um *IPA-Local* ajustado por células permitiu observar a heterogeneidade da distribuição espacial do risco de malária em Lábrea evidenciando a existência de fatores espaciais condicionantes que afetam o risco. Esses condicionantes atuam diferentemente ao longo da grande extensão do município e, portanto, reforçam a necessidade dos sistemas de vigilância em pensar estratégias e métodos específicos de controle, ajustados às características particulares da transmissão existentes no mosaico de territórios que são à base de formação dos extensos municípios amazônicos.

**SPATIAL APPROACHES TO DEVELOP AN ADAPTED LOCAL MALARIA
RISK INDICATOR AND ITS USE TO INVESTIGATE THE MALARIA
SPATIAL DISTRIBUTION AND ITS RELATION TO
SOCIOENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS IN THE AMAZÔNIA NEW
FRONTIERS: LÁBREA AS A CASE STUDY**

ABSTRACT

The National Program for Prevention and Control of Malaria (PNCM) uses an indicator, the IPA-*Annual Parasitic Index*- as a malaria risk marker for control and monitoring purposes. For the success of malaria control, the control strategies must be guided by information about particular characteristics of the malaria transmission in each locality. In the Amazônia region, many counties have a small population distributed over large territorial extensions. In this case, know the particular characteristic in each locality is even most important. Malaria is a complex disease, with a transmission cycle that involves the interaction between three elements: the protozoan parasite, the Anopheles vector and human host. For control purposes, these interactions are mediated mainly by the living spaces of vector and host. Over the last 40 years the region has been through many transformations, and the chances of encounter between host and vector were intensified and diversified. In this work, we propose an alternative methodology based on spatial analysis methods and remote sensing data integrated in a GIS environment for generating a locally adjusted malaria incidence rate, that we call Local Adjusted-IPA. To build this locally adjusted index first, a potential population surface model, based on [2x2]km² cells, has been developed. Second, a surface model for the spatial distribution of malaria occurrence based on the same cellular space was created making use of the georeferenced (by localities) malaria positive events. The Local Adjusted-IPA is then entirely determined at each one of the [2x2]km² cells, covering the total Labrea's area. Two cell maps for the years 2003 and 2008 were produced. The spatial distribution of malaria potential risk was explored based on these two maps. An assessment for the existence of significant spatial clusters of potential risk of malaria in Lábrea was carried out by using a local indicator of spatial association, the $G_i^*(d)$, combined with a correction technique to avoid false discovery (FDR). In order to investigate the associations of the potential risk of malaria patterns with socioenvironmental characteristics, this study hypothesized that the conditions for the malaria incidence may be associated with two risk profiles: (a) The *sociodemographic* profile, where indicators suggest conditions of individuals and/or groups and their housing conditions, which helps to understand the resources these individuals and/or groups have to protect themselves when related malaria transmission cycle phases, and (b) The *environmental/landscape* profile defined as the one that reflects the local context that allows a potential exposure the individual and/or group to the vector anopheles larval and adult stages. Based on this hypothesis an analysis of local interactions through Geographically Weighted Regression (GWR) was taken using the Local Adjusted-IPA as the response variable and a set of selected variables characterizing these two profiles as explanatory variables, considering the cell space as a common base. The results have evidenced the existence of two major dynamics associated with the risk of malaria among the years 2003 and 2008 in Lábrea. The first dynamic is linked to conversion of areas of high to medium risk associated with variables characterizing the *socioemographic* risk profile. The second dynamic is linked to the expansion of high-risk areas showing association with the variables that characterize the *environmental/*

landscape risk profile of. Our local scale approach allowed observing the heterogeneity of spatial distribution of the malaria potential risk in Lábrea and its associated factors. These factors act quite differently over the large extension of the municipality and therefore reinforce the need for surveillance systems in thinking strategies and specific methods of control focused to the particular characteristics of the existing locally determined transmission features.

LISTA DE FIGURAS

Pág.

1.1 Casos confirmados de malária nas grandes regiões do Brasil 1990 a 2008	1
1.2 Incremento anual de área desmatada (Km ²) em Lábrea para 2000-2010.....	5
1.3 Interação dos elementos no ciclo de transmissão da malária	7
3.1 Localização da área de estudo	19
3.2 Sede municipal vista do rio Purus	20
3.3 Estrutura etária do município de Lábrea.....	20
3.4 Incremento anual de área desmatada (Km ²) em Lábrea para 2000-2010.....	21
3.5 Índice Parasitário Anual (IPA) nos municípios amazonenses entre 2003 e 2008....	22
3.6 Número de casos notificados de malária por espécies de plasmódios em Lábrea – 2003 a 2008	23
3.7 Proporção de lâminas positivas de malária por sexo masculino e feminino	23
3.8 Número de casos de malária por faixa etária.....	24
4.1 Croqui fixado na parede da secretaria municipal de saúde de Lábrea para identificação das localidades	26
4.2 Esquema geral para construção do IPA-Local ajustado por células.....	27
4.3 Etapas metodológicas para distribuição espacial potencial da população.....	28
4.4 a) Aldeia indígena Ilha Verde as margens do rio Ituxi. b) Comunidade rural as margens do rio Purus	29
4.5 Resultado da superfície base para distribuição da população. a) Superfície de 2003. b) Superfície de 2008.....	31
4.6 Gráficos das funções de pertinência <i>Fuzzy</i> para: a) Distância a estradas; b) Distância a rios; c) Distância a localidades; d) Porcentagem de floresta e, e) Distância a declividade.....	33
4.7 Resultado da estimativa de população exposta potencial em 2003	34
4.8 Resultado da estimativa de população exposta potencial em 2008.....	35
4.9 Etapas metodológicas para distribuição espacial do risco potencial local	37
4.10 Gráficos das funções de pertinência <i>Fuzzy</i> para: a) Distância a estradas; b) Distância a rios; c) Distância a localidades e, d) Porcentagem de floresta	40
4.11 Resultado da distribuição espacial do risco potencial local de malária de 2003....	42
4.12 Resultado da distribuição espacial do risco potencial local de malária de 2008....	43
4.13 Trabalhadores do projeto de assentamento Passeá ao nordeste do município produzindo farinha de mandioca	44
4.14 Laboratório montado na casa de um morador responsável por diagnosticar e tratar o paciente de malária no assentamento Passéa.....	45
4.15 a) Posto de saúde da comunidade Passeá na beira da rodovia BR-230. b) Folheto de conscientização sobre a malária	45
4.16 Área de lazer na beira do rio Passeá.....	46
4.17 Borrifação de inseticida na comunidade indígena Copafba.....	47
4.18 Sede FUNASA em Lábrea	47
4.19 Etapas metodológicas para identificação de padrões espaciais para a distribuição de risco potencial.....	49
4.20 Resultado da aplicação do teste $G_i^*(d)$ para o ano de 2003 após exclusão das células sem habitantes. a) Superfície de 2003. b) Superfície de 2008.....	50
4.21 Resultado da aplicação do teste $G_i^*(d)$ para o ano de 2003. a) Sem correção. b) Após correção das falsas descobertas (FDR)	53
4.22 Resultado da aplicação do teste $G_i^*(d)$ para o ano de 2008. a) Sem correção. b) Após correção das falsas descobertas (FDR)	54

5.1 Diagrama metodológico do modelo de análise de interações.....	56
5.2 Etapas metodológicas para obtenção das variáveis do perfil <i>sociodemográfico</i>	57
5.3 Detalhe para a morado de uma comunidade rural lavando roupas na beira do rio Passéa	59
5.4 Construção das variáveis <i>ambientais/paisagem</i>	63
5.5 a) Mapa de cobertura do solo para o ano de 2008. b) Detalhe do mapa de cobertura do solo no espaço celular.....	65
5.6 Etapas metodológicas para compartimentação do terreno em ambientes	66
5.7 Porção da cena 001/66 (original) – em magenta feição de desmatamento detectado pelo satélite TM/Landsat ao sul do município de Lábrea.....	67
5.8 Efeito do desmatamento sobre o MDE-SRTM.....	67
5.9 Compartimentação do terreno em ambientes a partir do HAND	69
5.10 Etapas metodológicas do modelo de análise de interações – GWR.....	70
5.11 Distribuição espacial do centróide das células da área de estudo. a) Superfície para o modelo de 2003. b) Superfície para o modelo de 2008.....	72
5.12 a) Distribuição espacial do intercepto do modelo de 2003. b) Distribuição do intercepto apenas nas células significativas a partir do teste a 99% de confiança.	74
5.13 a) Distribuição espacial do intercepto do modelo de 2008. b) Distribuição do intercepto apenas nas células significativas a partir do teste a 99% de confiança	74
5.14 a) Distribuição espacial dos coeficientes ambientes no ano de 2003. b) Distribuição espacial dos coeficientes apenas nas células significativas a partir do teste t a 99% de confiança.....	75
5.15 a) Distribuição espacial dos coeficientes sociais no ano de 2003. b) Distribuição espacial dos coeficientes apenas nas células significativas a partir do teste t a 99% de confiança.....	77
5.16 a) Distribuição espacial dos coeficientes ambientais no ano de 2008. b) Distribuição espacial dos coeficientes apenas nas células significativas a partir do teste t a 99% de confiança	79
5.17 a) Distribuição espacial dos coeficientes sociais no ano de 2008. b) Distribuição espacial dos coeficientes apenas nas células significativas a partir do teste t a 99% de confiança	81
5.18 Localização das regiões para análise das interações locais no ano de 2003.....	83
5.19 Localização das regiões para análise das interações locais no ano de 2008.....	84
5.20 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária na sede urbana em 2003.....	87
5.21 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária na sede urbana em 2008.....	88
5.22 a) Comércio de peixes as margens do rio Purus na sede urbana de Lábrea. b) Pescador preparando a rede para pesca no bairro da Fonte.....	89
5.23 a) Fim da Transamazônica na sede urbana de Lábrea. b) Entrada da sede urbana de Lábrea pela rodovia Transamazônica que liga ao assentamento Passéa	90
5.24 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Passéa: assentamentos, em 2003.....	92
5.25 Etapa da queima do solo para destinar ao plantio	91
5.26 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Passéa: assentamentos, em 2008.....	93
5.27 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Passéa: aldeias, em 2003	95
5.28 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Passéa: aldeias, em 2008	96

5.29 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Purus em 2003	99
5.30 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Purus em 2008	100
5.31 Chegada de uma Unidade Básica de Saúde fluvial para atender a população da sede urbana	98
5.32 Criação de gado na margem direita do rio Purus.....	98
5.33 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Ituxi em 2003	102
5.34 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Ituxi em 2008.....	103
5.35 Cacique mostrando o moto d'água na aldeia Ilha Verde.....	101
5.36 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades Centro-Leste em 2008.....	105
5.37 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades ao sul: limite com Rondônia em 2003.....	107
5.38 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades ao sul: limite com Rondônia em 2008.....	108
5.39 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades ao sul: assentamento em 2008.....	110
C.1 a) Resultado da classificação após registro por feição. b) MDE-SRTM original..	134
C.2 a) Resultado da classificação após registro por feição, sem correção manual. b) Resultado final da classificação, após correção manual.....	134
C.3 a) ME-SRTM original. b) Resultado final da correção do efeito do desmatamento sobre o MDE-SRTM	135
C.4 a) Resultado do novo MDE-SRTM. b) Resultado da direção do fluxo de drenagem (LDD)	135
C.5 a) Resultado da rede de drenagem. b) Resultado final da rede de drenagem após correção manual.....	136

LISTA DE TABELAS

Pág.

4.1 Seleção das variáveis para distribuição da população	29
4.2 Parâmetros utilizados na definição das funções de pertinência <i>Fuzzy</i> para 2003 e 2008	32
4.3 Detalhe do operador média simples para relacionar as variáveis indicadoras	33
4.4 Seleção das variáveis para distribuição da ocorrência de malária em 2003 e 2008 ..	38
4.5 Parâmetros utilizados na definição das funções de pertinência <i>Fuzzy</i> para 2003 e 2008	39
4.6 Detalhe do operador média simples para relacionar as variáveis indicadoras	40
4.7 Análise da vizinhança entre as células para 2003 e 2008.....	51
4.8 Considerando 6 vizinhos	51
5.1 Seleção das variáveis indicadoras do perfil de risco <i>sociodemográfico</i> análise da vizinhança entre as células para 2003 e 2008.....	59
5.2 Definição das classes das variáveis indicadoras.....	60
5.3 Seleção das variáveis indicadoras do perfil de risco <i>ambiental/paisagem</i>	63
5.4 Variáveis finais para análise do modelo de interações locais.....	71
5.5 Características das comunidades	84
5.6 Sumário das relações nos anos de 2003 e 2008.....	85
A.1 Número de habitantes total em 2000 e 2007	125
A.2 Número de habitantes por tipo de setor em 2000, 2007 e a estimativa em 2003 ..	127
A.3 Número de habitantes por tipo de setor em 2007, 2010 e a estimativa em 2008 ..	128
B.1 Significância do teste $G_i^*(d)$ para $n=6$ em 2003	131
B.2 Significância do teste $G_i^*(d)$ para $n=6$ em 2008	131

SUMÁRIO

	Pág.
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 Motivação	1
1.2 Caracterização do problema	6
1.3 As hipóteses e as contribuições deste trabalho	8
1.4 Organização da dissertação	10
CAPÍTULO 2 – REVISÃO DE TRABALHOS RELACIONADOS	13
CAPÍTULO 3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
3.1 Perfil epidemiológico da malária em Lábrea	22
CAPÍTULO 4 – O IPA-LOCAL AJUSTADO POR CÉLULAS E O SEU USO PARA O ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL POTENCIAL DO RISCO DE MALÁRIA.....	25
4.1 A Metodologia Atual para o Cálculo do IPA a partir dos Dados Informatizados do SIVEP-Malária	25
4.2 A Nova Proposta Metodológica: O IPA-Local Ajustado por Células	26
4.2.1 Modelo de Superfície Potencial de População: Geração da Distribuição Espacial Potencial da População	27
4.2.1.1 Seleção das variáveis	28
4.2.1.2 Processamento	30
4.2.1.3 Aplicação	33
4.2.1.4 Resultado	34
4.2.2 Modelo de Superfície Potencial de Ocorrência de Malária e Geração da Distribuição Espacial do Risco Potencial de Malária: O IPA-Local ajustado por Célula.....	36
4.2.2.1 Seleção das variáveis	37
4.2.2.2 Processamento	38
4.2.2.3 Aplicação	40
4.2.2.4 Resultado	41
4.3 A Nova Distribuição Espacial do Risco Potencial de Malária para Lábrea: Uma Análise Qualitativa	44
4.4 A Nova Distribuição Espacial do Risco Potencial de Malária para Lábrea: Análise de Aglomerados Espaciais com Padrões Significativos de Associação Espacial	48
4.4.1 Seleção.....	49

4.4.2 Processamento	49
4.4.3 Resultado	51
CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DE INTERAÇÕES LOCAIS: EXPLORANDO OS CONDICIONANTES SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS AO RISCO DE MALÁRIA EM LÁBREA.....	55
5.1 Modelo de Análise de Interações Locais	55
5.2 Base de dados das variáveis socioambientais	56
5.2.1 Base de dados: variáveis <i>sociodemográficas</i>	56
5.2.1.1 Seleção das variáveis	57
5.2.1.1.1 Características do morador e do responsável	57
5.2.1.1.1 Características do domicílio	58
5.2.1.2 Processamento	59
5.2.1.3 Aplicação	60
5.2.1.4 Resultado	61
5.2.2 Base de dados: variáveis <i>ambientais/paisagem</i>	61
5.2.2.1 Mapa de Cobertura do Solo: PRODES	63
5.2.2.2 Compartimentação do terreno em ambientes a partir da rede de drenagem: metodologia <i>HAND</i>	65
5.2.2.2.1 Seleção das imagens	66
5.2.2.2.2 Resultado	68
5.3 Método das Interações Locais: GWR	70
5.3.1 Seleção das variáveis	70
5.3.2 Definição do modelo	72
5.3.3 Resultados	73
5.4 Discussão dos condicionantes socioambientais com base nas interações locais	86
5.4.1 Sede Urbana.....	86
5.4.2 Comunidades do rio Passeá: Assentamentos.....	89
5.4.3 Comunidades do rio Passeá: Aldeias	94
5.4.4 Comunidades rio Purus.....	97
5.4.5 Comunidades rio Ituxi	101
5.4.6 Comunidades Centro-Leste	104
5.4.7 Comunidades ao sul: limite com Rondônia	106
5.4.8 Comunidades ao sul: Assentamentos	109
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117

APÊNDICE A: ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO EM 2003 E 2008	125
APÊNDICE B: APLICAÇÃO DO TESTE $G_I^*(D)$	129
APÊNDICE C: PROCESSAMENTO DAS IMAGENS E APLICAÇÃO DO ALGORITMO <i>HAND</i>	133
APÊNDICE D: APLICAÇÃO DO GWR	137

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

A malária é uma das doenças tropicais mais incidentes no mundo. Cerca de 40% da população mundial vive em áreas com risco de transmissão de malária, resultando em cerca de 300 milhões de pessoas infectadas no mundo a cada ano (WHO/OMS, 2009). No Brasil, a principal área endêmica é a Amazônia Legal, composta pelos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão¹. A malária continua sendo um grave problema de Saúde Pública na Região Amazônica. Aproximadamente 99,8% dos casos de malária de todo o país são registrados na região, com média de 500.000 casos anuais nos últimos 10 anos (SVS/MS, 2008) (FIGURA 1.1).

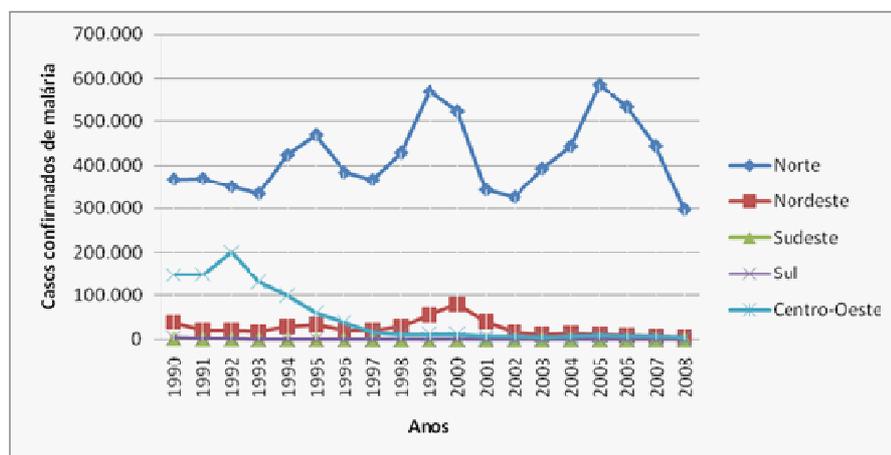


FIGURA 1.1 - Casos confirmados de Malária nas grandes regiões do Brasil. 1990 a 2008.

Fonte: SVS, Ministério da Saúde, 2008.

Compreendendo a necessidade de constante aperfeiçoamento do Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária (PNCM), a Secretaria de Vigilância em Saúde do

¹ A Lei Ordinária nº 5.173, de 27 de outubro de 1966 estabelece em seu Artigo 2º "A Amazônia, para os efeitos desta lei, abrange a região compreendida pelos Estados do Acre, Pará e Amazonas, pelos Territórios Federais do Amapá, Roraima e Rondônia, e ainda pelas áreas do Estado de Mato Grosso a norte do paralelo de 16º, do Estado de Goiás a norte do paralelo de 13º e do Estado do Maranhão a oeste do meridiano de 44º". Atualizada pela Lei Complementar nº 124, de 3 de Janeiro de 2007 que estabelece em seu Artigo 2º a atual definição para a Amazônia Legal como "A área de atuação da Sudam abrange os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Rondônia, Roraima, Tocantins, Pará e do Maranhão na sua porção a oeste do Meridiano 44º".

Ministério da Saúde (SVS/MS) implantou, no ano de 2003, o Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica da Malária (SIVEP-Malária) na Região Amazônica. O objetivo foi melhorar a qualidade e o fluxo de informações entre os municípios, os estados e o nível nacional, possibilitando ações de monitoramento mais efetivas. Com isso, propiciar aos serviços locais o planejamento de ações de controle mais rápidas e eficientes e a conseqüente redução das mortes por malária na região. A base de todo sistema de vigilância epidemiológica reside na capacidade de acompanhar a evolução de um ou mais indicadores, que possam caracterizar a incidência da doença monitorada, considerada uma população e suas possibilidades de exposição em seus territórios de vida.

Para o PNCM a determinação de áreas de risco de transmissão da malária utiliza um indicador conhecido como *Incidência Parasitária Anual* (IPA). O IPA é um índice de positividade de malária que expressa o número de exames positivos por mil habitantes em determinado local e período (EQUAÇÃO 1.1) (ROZENFELD, 2000).

$$\text{IPA} = \frac{\text{n}^{\circ}\text{de exames positivos registrados em determinado local e período}}{\text{População da área, no mesmo local e período}} \times 1000 \quad (1.1)$$

Com base no IPA, os graus de risco para as regiões são classificados em alto risco (IPA \geq 50/1.000 hab.), médio risco (IPA entre 10-49/1.000 hab.) e baixo risco (IPA<10/1.000 hab.) pelo PNCM.

Para a Amazônia Legal, utilizando esta classificação, o risco regional de adoecer por malária, quando observado pelo IPA para o ano de 2008, foi considerado médio com um valor de 12,9/1000 hab. (SIVEP-Malária/SVS, 2008). Entretanto, no mesmo ano, enquanto para o Maranhão, Mato Grosso, Pará e Tocantins o risco foi baixo, para os estados do Acre, Amazonas, Amapá, Rondônia e Roraima o risco foi médio. Mas quando olhamos para o estado do Amazonas, que possui 62 municípios (IBGE, 2010), observamos municípios como Maués, Itamarati, Anori apresentarem para 2008 um risco baixo, enquanto outros como Barcelos, Borba, Coari, Tapauá apresentarem alto risco (SIVEP-Malária/SVS, 2008). No município de Lábrea-AM, o indicador municipal revela um alto risco (94,5/1.000 hab.) em 2008, no entanto podemos observar que o município tem uma população de 37.574 habitantes em 2010 que está distribuída em uma vasta área de 68.234 Km², o que evidencia que o risco, apesar de alto,

provavelmente não tem uma distribuição uniforme por toda a extensão territorial do município.

No entanto, ações de controle e prevenção, devem ter origem no planejamento local. O desenho da intervenção não pode prescindir da compreensão da natureza das interações socioambientais e dos contextos que produziram a doença naquele espaço habitado. Mas quando se chega neste ponto, o indicador em escala municipal nos revela pouco. A escala orientada à intervenção é o *lugar*, entendido aqui como os espaços necessários para a vida cotidiana (HAESBAERT, 2009). Esta situação é que cria, para os programas de controle, a necessidade de uma escala de análise que identifique e qualifique os diferentes espaços no interior dos municípios, que podem ser capturados a partir de uma escala que faz uso de unidades espaciais menores que o município, entendidas no contexto deste trabalho como unidades que compõem a escala intramunicipal de análise. Esta questão da escala de observação para o risco de aquisição da malária torna-se ainda mais relevante, pois a partir da década de 1980 a malária assume uma característica focal de transmissão na região amazônica, particularmente relacionada com a exploração das riquezas minerais em garimpos abertos e com a ocupação de terras para a formação de pólos agrícolas e novos assentamentos em áreas antes cobertas pela floresta. O desmatamento, a construção de estradas e hidrelétricas, o avanço na produção de grãos e a exploração madeireira, são atividades associadas ao estabelecimento de novos assentamentos humanos em precárias condições socioespaciais no espaço regional. Neste contexto, o desenvolvimento de um novo quadro urbano da amazônia contemporânea (BECKER, 2003; CARDOSO, 2006; MONTE-MÓR, 1994; 2006) se soma e contribui para o aumento crítico do número de casos de malária estabelecendo um grave problema de saúde pública na região que permanece até os dias de hoje (BARATA, 1998; BARCELLOS *et al.*, 2010; CASTRO *et al.*, 2007; COIMBRA, 1988; MARQUES, 1987; MONTE-MÓR, 1998; OLSON *et al.*, 2010; SARAIVA *et al.*, 2009; SAWYER; MONTE-MÓR, 1992; SAWYER; SAWYER, 1987; SUDAM/PNUD, 2000; SVS/MS, 2008; TAUIL *et al.*, 1985)

Os movimentos migratórios aumentam a dificuldade em controlar a malária na Amazônia. O padrão de distribuição espacial da população nestes grandes municípios e a mobilidade intra-regional juntos produzem um quadro que dificulta aos doentes um diagnóstico e tratamento mais rápido. Em tratamentos de esquema longo, em geral é necessária a reaplicação do medicamento após 14 dias dos primeiros sintomas (BRASIL/MS, 2008), o que pode ser muito dificultado pelo difícil acesso às

comunidades. Na época da seca, não é possível a navegação adequada pelos rios, e nas cheias e na estação chuvosa as estradas se tornam intransitáveis. A maioria desses novos assentados concentra-se em áreas próximas ao ambiente do mosquito, vivendo em habitações precárias, em permanente exposição aos vetores da doença. Na questão da mobilidade há também a problemática da introdução do parasita em outras áreas onde não havia a presença do protozoário.

Considerando ainda a infra-estrutura desigual dos serviços de saúde na região, temos um quadro crítico para a definição das estratégias de controle (BARATA, 1995; CASTRO *et al.*, 2006; MARQUES; PINHEIRO, 1982; MEIRA *et al.*, 1980; TADEI *et al.*, 1988; MONTE-MÓR, 1994; SAWYER; MONTE-MÓR, 1992; SILVA-NUNES *et al.*, 2006). A transmissão da malária está conectada aos processos de uso e ocupação da terra, que na região têm sido fortemente dirigidos pelos sistemas econômicos ligados as atividades de exploração de recursos naturais minerais e florestais. Cada tipo de uso e ocupação, como a colonização agrícola, pecuária, extrativismo vegetal e mineral e atividades ligadas à economia urbana, apresentam características que podem influenciar os níveis de incidência de malária, pois alteram os elementos do *habitat* do vetor, podendo mudar o seu comportamento e alterando a condição de exposição da população. A organização da produção e apropriação dos recursos naturais e as características das populações humanas, no que se refere ao seu padrão ocupacional e seu padrão de mobilidade, o tipo característico das habitações, a imunidade biológica, as atividades individuais, entre outros fatores, são influentes nesta alteração dos níveis de incidência (BARBIERI, 2001; BARBIERI; SAWYER, 2007; CASTRO; SINGER, 2007; CORDEIRO *et al.*, 2002; SANTOS *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2010; SILVA-NUNES *et al.*, 2008; VASCONCELOS *et al.*, 2006).

No estado do Amazonas, principalmente na região da fronteira com Rondônia e Acre, o município de Lábrea sofreu e vem sofrendo forte pressão da fronteira agrícola (ASSIS *et al.*, 2007; MMA, 2009). A conversão de cobertura florestal com a conseqüente entrada de novos indivíduos que podem ser susceptíveis dependendo das suas áreas originárias que pode não ter contato prévio com a doença estabelecem uma situação de exposição em área com forte presença do principal vetor da malária na região, o *Anopheles darlingi* (BARATA, 1995; MEIRA *et al.*, 1980; SILVA *et al.*, 2010; SILVA-NUNES *et al.*, 2008; TADEI *et al.*, 1988; TADEI *et al.*, 1998). A alteração da cobertura mostra que a área total desmatada saltou de 1300.1 km² até o ano 2000 para 3197.0 km² em 2010, levando Lábrea a posição do município número 1 do estado em área

desmatada acumulada e a 50ª posição entre os municípios da Amazônia Legal para o período 2000-2009 (PRODES/INPE). O incremento de área anual para Lábrea no período 2000-2010, apesar de mostrar uma queda a partir de 2003, que acompanha uma tendência regional, apresenta 46.0 km² de área desmatada para 2009/2010, mostrando sua natureza de uma frente ainda ativa. (FIGURA 1.2)

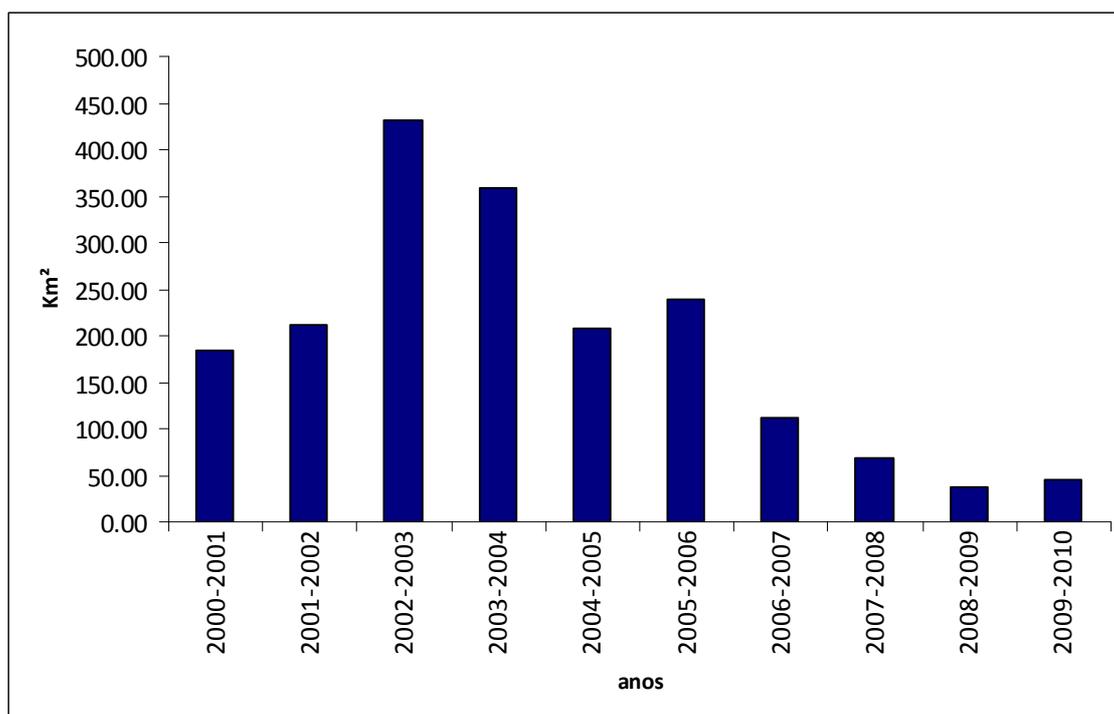


FIGURA 1.2 - Incremento anual de área desmatada (km²) em Lábrea para 2000-2010.
Fonte: INPE (2010).

O PNCM (PNCM, 2003) lembra que a nona reunião de avaliação do Plano de Intensificação de Controle da Malária na Amazônia Legal (PIACM) ainda em 2002, listou a estagnação na situação de transmissão no estado do Amazonas e a deterioração das condições de controle no Acre e em Rondônia entre os principais fatores que colaboravam para a manutenção dos altos índices da malária na Amazônia. No período de 2003 a 2006 o IPA no município apresentava-se com valores entre o mínimo de 105 e o máximo de 185 pessoas infectadas a cada 1000 habitantes (ASSIS *et al.*, 2008). A região é economicamente mais dinâmica se comparada com outros municípios amazonenses. Possui assentamentos rurais recentes ao norte do município, próximo a sede, e ao sul na região de fronteira, que mesmo com pouca infra-estrutura exerce forte atrativo devido à necessidade crescente de mão de obra e a busca por terras nos assentamentos. O quadro epidemiológico da malária em Lábrea é grave. A sua grande

extensão territorial, sua população espacialmente dispersa e sua inserção no espaço regional com áreas de fronteiras interestaduais, apresentando dinâmicas associadas a novas demandas de conversão da floresta e a novos arranjos de mobilidade intra-regional, apresenta enormes desafios para os programas de prevenção e controle da malária. Ao mesmo tempo, esta situação apresenta uma oportunidade para a exploração de novas abordagens metodológicas que incluam representações do espaço habitado em resoluções espaciais mais detalhadas e que assim possam ser de uso para informar as estratégias de controle da malária para Lábrea, e para muitos dos municípios da região amazônica, em escalas de análise mais apropriadas as escalas de ações.

1.2 Caracterização do problema

A malária caracteriza-se por desencadear acessos periódicos de febres intensas que debilitam profundamente o doente. A malária provoca lesões no fígado, no baço e em outros órgãos, além de anemia profunda devido à destruição maciça dos glóbulos vermelhos que são utilizados pelo protozoário parasita do gênero *Plasmodium* para reproduzir-se. Há cinco espécies que infectam o homem: *P. falciparum* (que causa a forma mais grave da doença), *P. vivax* (predominante no Brasil), *P. ovale* (ocorre apenas no continente Africano), *P. malarie* e o mais recentemente descoberto o *P. Knowlesi*. O *Plasmodium* é transmitido ao homem pela picada da fêmea do mosquito do gênero *Anopheles*. O principal vetor da malária no Brasil é o *Anopheles darlingi*, altamente susceptível aos plasmódios humanos e capaz de transmitir a doença dentro e fora das moradias, mesmo quando sua densidade é baixa. Na Amazônia, esse vetor anofelino é o que melhor e mais rapidamente se beneficia das alterações que o homem produz no ambiente silvestre (CONSOLI; LOURENÇO, 1994).

Apesar dos esforços para erradicar a malária no Brasil desde a criação do Serviço Nacional de Malária em 1941, na região amazônica, a situação ainda está distante do sonho da erradicação. Na década de 1990, foi iniciada uma mudança de estratégia que reorganizou os esforços, anteriormente focalizados na tentativa de erradicação da malária, para o seu controle integrado. A malária é uma doença com um ciclo de transmissão que envolve a interação complexa entre três elementos: o protozoário parasita, o vetor anofelino e o hospedeiro humano. Para fins de controle, estas interações são mediadas, principalmente, pelos espaços de vida do vetor e do hospedeiro humano. São nestes espaços de vida e em suas intersecções no território que podemos

observar e medir fatores que estão associados as condições socioeconômicas de indivíduos e/ou grupos e as condições de suas moradias. São fatores que ajudam a entender a capacidade de proteção destes indivíduos e/ou grupos relacionadas as fases do ciclo de transmissão. Mas também podemos observar e medir fatores que refletem o contexto territorial no qual estes indivíduos e/ou grupos e suas moradias estão inseridos e que possam potencializar sua exposição ao vetor anofelino nos estágios larvário e adulto. Neste texto estes fatores são referidos como *fatores socioambientais* e a FIGURA 1.3 apresenta um esquema simplificado para notar as complexas interações entre estes elementos no ciclo de transmissão da malária.

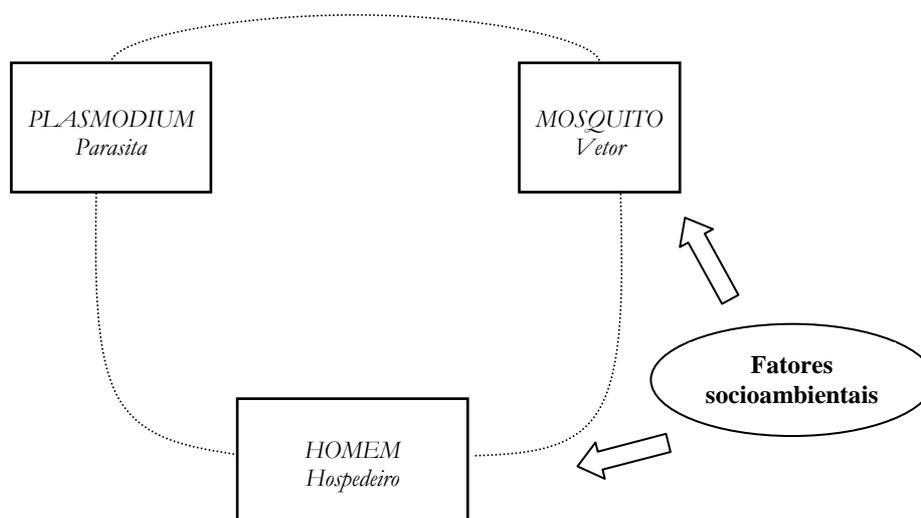


FIGURA 1.3: Interação dos elementos no ciclo de transmissão da malária.

A Epidemiologia estuda quantitativamente a distribuição dos fenômenos relacionados aos processos saúde-doença, e seus fatores condicionantes e determinantes, nas populações humanas (LAST, 1983). Os estudos de base populacional, em geral, procuram a compreensão do processo saúde-doença no âmbito das populações, visando identificar o padrão geral de ocorrência e os grupos sob risco. Os estudos ecológicos tratam do contexto dos processos saúde-doença observando a natureza da paisagem natural, incluindo a caracterização do lugar da ocorrência e seu papel no ciclo de transmissão e na compreensão dos mecanismos de produção da doença. Desse modo, através do melhor conhecimento sobre o caso, do seu lugar de ocorrência e da influência de fatores socioambientais condicionados por aqueles espaços de vida, podemos caracterizar a distribuição espacial da malária e compreender, pelo menos em parte, sua dinâmica de produção. Com isso, é possível melhor informar os gestores que terão subsídios para o desenho de políticas mais eficazes de prevenção e controle.

O problema central que guia esta dissertação é verificar a possibilidade de oferecer uma abordagem metodológica, que fazendo uso dos dados produzidos sistematicamente pelos sistemas de informação oficiais ligados ao controle da malária, o SIVEP-Malária (SIVEP-Malaria/SVS-MS), as informações de base populacional, censos demográficos e contagens (IBGE) e bases de informação de monitoramento de cobertura florestal (PRODES-INPE), associadas a viagens de campo exploratórias, possibilite a construção de uma estratificação do espaço municipal, com base em uma resolução espacial mais fina que aquela dos setores censitários, sobre a qual o indicador de incidência IPA, utilizado como marcador de risco de malária, possa ser calculado, gerando um IPA local ajustado a esta nova estratificação. Verificar se com IPA adaptado, considerando os recursos financeiros e humanos limitados das agências de vigilância e controle e as dificuldades em realizar permanentes varreduras para regiões com estas extensões, podemos desenvolver estudos para explorar os condicionantes socioambientais do risco de malária e dos fatores envolvidos em sua determinação.

A premissa central deste trabalho é que as técnicas de análise espacial associadas as tecnologias de sensoriamento remoto e suas metodologias para produção de informação relativa a fatores ambientais integradas em Sistemas de Informação Geográfica representam uma plataforma madura para explorar as bases de informação informatizadas da saúde, de população e de ambiente e produzir novos contextos de análises e de exploração de hipóteses para as dinâmicas de produção da malária na Amazônia.

1.3 As hipóteses e as contribuições deste trabalho

Na Amazônia, onde muitos municípios possuem uma pequena população residente distribuída em uma grande extensão territorial, em uma região que passou por intensas transformações nos últimos 40 anos, as possibilidades de encontro entre vetor e hospedeiro se intensificaram e se diversificaram, e é essencial para a vigilância um olhar focal e localizado.

Este trabalho propõe uma caracterização alternativa para o IPA considerando sua representação espacial em células regulares de $[2 \times 2] \text{km}^2$. Esse valor foi escolhido por ser definido como a média do alcance do vôo do mosquito da espécie *Anopheles darlingi* (DEANE *et al.*, 1948).

Estas células formam a nova base de estratificação para o espaço municipal. As células recobrem toda a extensão do município e estabelecem uma nova base para a distribuição dos indicadores e variáveis envolvidos na análise. Esta base é chamada de *espaço celular* (COUCLELIS, 1985; AGUIAR *et al.*, 2003). Para o desenvolvimento deste IPA-Local ajustado para as células uma metodologia baseada no uso de dados ambientais produzidos por sensoriamento remoto orbital e dados censitários tratados através de técnicas de análise espacial e integrados com o uso de Sistemas de Informação Geográfica foi desenvolvida. *Superfícies Potenciais de População* (BRACKEN; MARTIN, 1989; AMARAL, 2003) e *Superfícies Potenciais de Ocorrência de Malária* foram estabelecidas para um espaço celular composto de células regulares de $[2 \times 2] \text{km}^2$. Com base nestas *superfícies potenciais* estimativas para a redistribuição espacial da população e das ocorrências positivas puderam ser geradas e o IPA-Local ajustado para cada célula foi calculado. O IPA-Local ajustado por células de $[2 \times 2] \text{km}^2$ cobrindo toda extensão do município de Lábrea para os anos de 2003 e de 2008 foi produzido e utilizado para estudar os padrões de distribuição espacial do risco de malária e para explorar os condicionantes socioambientais de sua determinação.

Para o estudo de caracterização de aglomerados espaciais significativos para o risco de malária em Lábrea foi utilizado um indicador de associação espacial, o $G_i^*(\text{distância})$ (GETIS; ORD, 1996), associado a uma técnica de correção para evitar falsas descobertas de associações espaciais locais significativas (*False Discovery Rates – FDR*) (BENJAMIN; HOCHBERG, 1995; CASTRO; SINGER, 2006).

Para explorar os condicionantes socioambientais este trabalho partiu da hipótese de que as condições para a incidência podem ser associadas a dois perfis de risco adaptados de Sawyer e Monte-Mór (1992) e de Castro *et al.* (2006): (a) O *perfil sociodemográfico*, cujos indicadores apontam condições de indivíduos e/ou grupos e as condições de sua moradia, aqui capturados pela informação censitária, e ajudam a entender a capacidade de proteção destes indivíduos e/ou grupos relacionadas as fases do ciclo de transmissão; (SMITH *et al.*, 1995; TANNER; VLASSOF, 1998; CASTRO; SINGER, 2007; BARBIERI; SAWYER, 2007) e (b) O *perfil ambiental/paisagem* definido como aquele que reflete o contexto territorial que possibilita uma potencial exposição do indivíduo e/ou grupo ao vetor anofelino no estágio larvário e adulto. Com base nesta hipótese uma análise das interações locais através da Regressão Geograficamente Ponderada (Geographically Weighted Regression – GWR) (FOTHERINGHAM *et al.*, 1996, 1997, 2002) foi realizada com o IPA-Local ajustado por células como variável resposta e um

conjunto selecionado de variáveis caracterizadoras destes dois perfis, estabelecidas para as mesmas células, como variáveis explicativas (CASTRO; SINGER, 2001).

A proposta de um IPA-Local ajustado por células permitiu observar e explorar a heterogeneidade da distribuição espacial do risco de malária em Lábrea. Permitiu que um estudo de determinação dos padrões espaciais da doença fosse feito e permitiu a construção de evidências para a existência e determinação de fatores espaciais condicionantes que afetam o risco de malária diferentemente ao longo da grande extensão do município. Com uso das técnicas de análise espacial, sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica foi possível expressar o papel do território como protagonista nas relações entre indivíduos, suas famílias, suas moradias, seus trabalhos e suas atividades com o mosquito transmissor. As dinâmicas de produção da malária se desenvolvem como uma teia complexa de relações em escalas articuladas da paisagem, do indivíduo e do vetor. Os resultados em Lábrea reforçam a necessidade dos sistemas de vigilância em pensar estratégias e métodos específicos de controle, ajustados às características particulares da transmissão existentes no mosaico de territórios que são a base de formação dos extensos municípios amazônicos.

1.4 Organização da dissertação

O Capítulo 2 – *Revisão dos Trabalhos Relacionados* apresenta uma revisão da literatura com foco nos trabalhos que discutiram e avaliaram a influência de fatores socioambientais na ocorrência da malária no Brasil e em particular na região amazônica. Estes trabalhos trazem uma abordagem espacial para o domínio da saúde pública que incorpora em diferentes níveis o uso de técnicas de análise espacial, sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica e métodos estatísticos na análise da produção da doença. Em conjunto, os trabalhos revisados apresentam as bases teóricas desta dissertação. No Capítulo 3 – *Caracterização da Área de Estudo* – o município de Lábrea é apresentado e uma caracterização de seu perfil epidemiológico para a malária é desenvolvido. O Capítulo 4 - *O IPA-Local Ajustado por Células e o seu uso para o Estudo da Distribuição Espacial Potencial do Risco de Malária* apresenta a contribuição metodológica desta dissertação para a criação de um marcador de risco de malária em escala intramunicipal a partir dos dados epidemiológicos fornecidos por localidades pelo SIVEP-Malária e por dados de população e dados ambientais, produzidos sistematicamente pelo IBGE e pelo INPE respectivamente. Uma adaptação

do IPA é proposta e implementada em uma abordagem espacial que produz sua representação em células regulares de $[2 \times 2] \text{km}^2$. Este IPA adaptado é chamado de IPA-Local e é utilizado para um estudo da distribuição espacial do risco de malária e de seu padrão de aglomeração espacial. Os resultados são apresentados e analisados neste Capítulo. No Capítulo 5 – *Análise de Interações Locais: Explorando os Condicionantes Socioambientais Associados ao Risco de Malária em Lábrea* a partir da hipótese da caracterização de dois perfis de risco para a malária, um *perfil sociodemográfico* e um *perfil paisagem/ambiental*, um conjunto de variáveis para a caracterização destas duas situações é definido, um processo de seleção destas variáveis é apresentado e uma base de dados com estas variáveis é construída. Para encontrar associações locais uma técnica de regressão conhecida como Regressão Geograficamente Ponderada (*Geographically Weighted Regression – GWR*) é aplicada. Os resultados são apresentados, analisados e sistematizados ao fim do Capítulo. Por fim, no Capítulo 6 – *Considerações Finais* – é feita uma discussão geral a respeito do trabalho, com ênfase nas contribuições desta dissertação. Nos *Anexos*, decidiu-se apresentar detalhes relativos a vários dos procedimentos e processamentos necessários em várias etapas do trabalho e que tornariam o texto mais longo sem ganhos significativos em sua compreensão.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE TRABALHOS RELACIONADOS

Este Capítulo apresenta uma revisão da literatura com foco nos trabalhos que discutiram e avaliaram a influência de fatores socioambientais na ocorrência da malária no Brasil e em particular na região amazônica. Estes trabalhos trazem uma abordagem espacial para o domínio da saúde pública que incorporam em diferentes níveis o uso de técnicas de análise espacial, sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica e métodos estatísticos na análise da produção da doença. Em conjunto, os trabalhos revisados apresentam as bases teóricas desta dissertação.

Existe na literatura um grande conjunto de trabalhos realizados sobre a transmissão da malária associados a um estudo de sua distribuição espacial no Brasil e para a região amazônica. Estes trabalhos apresentam uma abordagem espacial, relativa à localização do risco ou ocorrências, mas não avançaram na análise quantitativa para buscar a associação do risco ou ocorrências com possíveis determinantes. Um conjunto representativo dos trabalhos mais recentes pode ser encontrado em ASSIS *et al.* (2008); ATANAKA-SANTOS *et al.* (2006); CABRAL *et al.*, (2010); COURA, (2007); FERREIRA *et al.*, (2007); GURGEL, (2006); PARISE *et al.*, (2011); RODRIGUES *et al.*, (2008); SOUZA-SANTOS *et al.*, (2008). Estes trabalhos, e os similares nesta linha de investigação, não foram tratados nesta revisão.

Optou-se por tratar nesse capítulo aqueles que investigaram a relação entre essa distribuição e fatores sociais e ambientais com potencial para constituir determinantes do processo de produção da doença (BARBIERI, 2001; BARROS *et al.*, 2007; CASTRO; SINGER, 2007; KATSURAGAWA *et al.*, 2010; MONTE-MÓR, 1998; SARAIVA *et al.*, 2009; SAWYER; MONTE-MÓR, 1992; SOUZA-SANTOS *et al.*, 2008; TERRAZAS, 2005; VASCONCELOS *et al.*, 2004; ZEILHOFER *et al.*, 2007).

Sobre a questão ambiental, Vasconcelos *et al.*, (2004) ao analisar a distribuição espacial dos casos notificados de malária no município de Jacundá a partir da década de 1980, com o auxílio de técnicas de processamento de imagens, concluiu que essa distribuição relacionou-se com a implantação da barragem de Tucuruí. As áreas alteradas com a formação de lagos são propícias para a proliferação de plantas aquáticas. As quais possivelmente se tornaram ótimos criadouros de mosquitos, devido aos indícios de aumento da densidade populacional dos anofelinos na região. Os autores observaram

que a variação temporal e espacial da malária está relacionada com a implantação e início de operação do reservatório, ao desmatamento impulsionado por essa implantação, com a variabilidade sazonal da precipitação e com a dinâmica populacional.

Ainda nessa questão, Zeilhofer *et al.*, (2007) identificaram os ambientes propícios para procriação do vetor da malária no reservatório Manso em Mato Grosso. Esses ambientes foram caracterizados por regiões próximas a lagoa, cobertas por floresta e em situação de enseada. Os autores apontam a importância de conhecer as características e preferências do mosquito vetor para diminuir a incidência da doença.

Barros *et al.*, (2007) geraram a distribuição da ocorrência dos vetores da malária em Roraima, com destaque para o *An. darlingi*, a partir de um modelo preditivo com base nas interações ecológicas entre as variáveis preditoras sobre o ambiente. Utilizaram variáveis que propiciam a presença de vetores, como as meteorológicas (temperatura e precipitação), características físicas da área (altitude, solo, vegetação, geomorfologia) e bioclimáticas. Os autores defendem que os modelos preditivos de distribuição de espécie podem ser uma importante ferramenta de auxílio nos programas de controle da transmissão da malária. Além disso, apontam uma interessante contribuição: a possibilidade de integrar essas técnicas para análise preditiva em áreas que vêm sendo alvo de mudanças ambientais, como o desmatamento, abertura de estradas, estabelecimento de projetos de assentamento, os quais induzem em alterações nas variáveis ambientais, como a fauna, a composição do solo e temperatura. O uso desses modelos de projeção de população de adultos e de sua distribuição espacial esses cenários de alteração da paisagem poderiam prever a situação futura da distribuição dos vetores.

Os autores evidenciam a importância do conhecimento dos outros fatores presentes no ciclo de transmissão da malária. Mais do que identificar as áreas de presença do vetor é preciso integrar o estudo dos hábitos humanos nesses ambientes. Afinal a doença só irá se estabelecer se todos os elementos do ciclo de transmissão estiverem presentes. As medidas de controle e prevenção precisam ser tomadas levando em consideração a relação do homem com esses ambientes. Monte-Mór (1998) aponta que o fator central da transmissão da malária recai sobre o encontro entre o homem e suas condições e o vetor da doença. Para Barbieri (2001) definir e qualificar a malária como uma “doença ambiental” inclui reconhecer os seus determinantes espaciais no que se refere às formas de ocupação e uso do meio pelo homem.

Os tipos de ocupação e uso do solo e a sua relação com a distribuição da malária são discutidos em projetos de assentamentos (SAWYER; MONTE-MÓR, 1992; CASTRO *et al.*, 2007), em área de mineração (BARBIERI, 2001), em áreas ribeirinhas (KATSURAGAWA *et al.*, 2010), em área urbana (SARAIVA *et al.*, 2009; TERRAZAS, 2005) e em área indígena (SOUZA-SANTOS *et al.*, 2008). Nesse sentido, os trabalhos relacionados à distribuição da malária nas diversas formas de ocupação e uso do solo vêm contribuindo para a compreensão dessas complexas relações.

Sawyer e Monte-Mór (1992) defendem que a alta densidade do *An. darlingi* em projetos de assentamento rural nos estados de Rondônia, Pará e Mato Grosso, somado as condições precárias nessas áreas (baixa renda, casas sem infra-estrutura, entre outros) influenciaram os níveis de transmissão da malária nessas regiões. Em estudo de caso no assentamento Machadinho, Rondônia, os autores relacionam os fatores socioambientais sobre duas escalas. São eles: os determinantes da escala macroambiental e microambiental. A escala macroambiental se refere às condições da distribuição espacial da população no projeto. Os determinantes microambientais, referem-se às condições do peridomicílio, ou seja, da sua casa e onde ele está localizada. As atividades individuais do homem implicam em diferentes condições de exposição ao vetor nessas duas escalas. Através de análise multivariada concluíram que os efeitos combinados da interação entre as variáveis no macro e microambiental e socioeconômicas oferecem um cenário mais completo de interpretação do que se os fatores forem tratados isoladamente.

Para a mesma área de estudo, Castro e Singer (2007) caracterizam a transmissão da malária como resultado de um processo que envolve fatores biológicos, ecológicos, socioeconômicos e comportamentais. Um dos grandes desafios, segundo os autores, é compreender esse processo. Para isso eles defendem a utilização de uma análise multidisciplinar para incorporar essas questões e ainda, considerar as variações temporais e espaciais. Na dimensão espacial, os autores expandiram as escalas de análise de Sawyer e Monte-Mór (1992) para definição de malária de fronteira apresentadas acima e definem três escalas atuando na transmissão da doença. São elas: a microindividual; os fatores de risco nessa escala são relativos à densidade do anofelino, a exposição humana a ele, decorrente do conhecimento limitado da população na região sobre os hábitos do mosquito e por fim, as características da moradia. Num outro nível tem-se a comunidade. Nessas áreas a comunidade caracteriza-se pela presença de instituições privadas e governamentais frágeis, ausência de ações organizadas entre a

comunidade e alta mobilidade populacional. Esta situação dificulta a concretização de esforços locais para a promoção de manejo ambiental e redução da malária. O terceiro e último, é o nível estadual e nacional, a malária de fronteira é caracterizada por áreas assentadas sem planejamento adequado. Dado essa caracterização da malária de fronteira, o estudo e a compreensão dos determinantes da incidência de malária em áreas de fronteira demandam abordagens inovadoras que permitam uma análise multidisciplinar. Devendo considerar, ainda, possíveis efeitos espaciais, assim como altos níveis de heterogeneidade nos dados. Na dimensão temporal, com base em Sawyer e Sawyer (1992), classificam a transmissão da malária de fronteira em três fases. A primeira são os anos iniciais do projeto de assentamento, marcado por elevada incidência da doença, onde predominam as variáveis das escalas microindividual e comunidade. A segunda fase ocorre após três anos à abertura desses projetos e tem a duração de cinco anos. Onde há um declínio da incidência da doença e melhoria das condições ambientais e socioeconômicas. A terceira fase é marcada por baixa incidência, resultado da urbanização da área, melhorias das condições socioeconômicas, comunidade e ambientais. Após a análise multidisciplinar e identificação das áreas de risco para o projeto, concluíram que nos primeiros anos do projeto de assentamento Machadinho, o alto risco de transmissão da malária é determinado por variáveis que caracterizam as transformações ambientais. Após dez anos, o alto risco é determinado por aspectos econômicos e comportamentais da população. Os resultados contribuíram ao revelar importantes diferenças locais e temporais nessas áreas de risco e indicam que as ações mitigadoras devem ser diferentes ao levar em consideração os determinantes desse risco.

Quanto à ocupação e o uso do solo em áreas de mineração e a sua relação com a transmissão da malária, Barbieri (2001) aponta que a forma de organização da produção e apropriação de recursos naturais nos garimpos favorece a criação de uma grande quantidade de locais adequados para a reprodução dos vetores, como as cavas abandonadas que acumulam águas das chuvas, e a concentração de pessoas em locais com pouca infraestrutura. O que inclui baixa proteção aos vetores, devido à exposição permanente em seu ambiente de trabalho e nas horas de maior atividade dos vetores.

Em estudo realizado em comunidades ribeirinhas ao sul de Porto Velho, Rondônia, Katsuragawa *et al.* (2010), também evidencia a relação com o uso do solo e a distribuição da malária. Segundo os autores a alta densidade de vetores nessas áreas, devido aos ambientes propícios de procriação desses vetores e a entrada de pescadores

ao final da estação chuvosa atraídos pela oportunidade de pesca são fatores socioambientais associados à doença. Observaram também que o perfil da malária no local é típico de malária que ocorre em áreas ribeirinhas, relacionado à maior incidência em população do sexo masculino, em crianças e adolescentes e não residentes.

Nas aldeias indígenas do estado de Rondônia, Souza-Santos *et al.*, (2008), definiram três zonas heterogêneas segundo análise da paisagem. A zona 1 é composta por terrenos de várzea, a zona 2 por terra altas e a zona 3 por áreas desmatadas. Através de análise espacial da distribuição da malária nessas zonas observou-se a variação do risco à doença e os possíveis condicionantes associados a ele. Na zona 1, a população indígena apresenta-se próxima aos ambientes de criadouro do vetor e residem em casas feitas de tábuas de madeiras e palmeiras. As quais possuem inúmeras fendas por onde os mosquitos podem entrar. A atividade predominante de pesca os aproxima do criadouro do vetor. Na zona 2 a transmissão da malária parece estar relacionada a atividade de madeiras ilegais. Na zona 3 observou-se declínio da doença com exceção da aldeia Cinta-Larga na reserva Roosevelt. Nessa região houve uma entrada de mineiros atraídos pela corrida do diamante. Essa atividade causou incremento do desmatamento e ruptura do leito dos rios, formando ambientes potenciais ao vetor da doença.

Na área urbana, em estudo no município de Manaus, Saraiva *et al.*, (2009) e Terrazas (2005), apontam associação da ocupação irregular em novas áreas com o perfil epidemiológico de alto risco à malária. Nessas áreas recém ocupadas, há um incremento do desmatamento e entrada de novos suscetíveis, principalmente da área rural em busca de novas oportunidades. Essa população se acomoda nas áreas periféricas da cidade. Somado a isso, as novas áreas de risco a malária tem componentes relacionados ao represamento de águas dos igarapés e atividade de piscicultura. Essas atividades contribuem para a criação de ambientes propícios a procriação do vetor da malária. Além disso, esses tanques e barragens para criação de peixes podem estar influenciando a quebra da sazonalidade da transmissão da malária em Manaus.

Estes resultados recentes apresentados aqui são parte representativa de um conjunto de trabalhos que têm contribuído com a identificação de novas hipóteses a serem investigadas em estudos interessados em compreender os fatores socioambientais associados à distribuição espacial da malária e o seu papel na produção da doença nas diferentes dinâmicas de uso e ocupação do solo presentes na região. Esta dissertação se insere nesta tradição. Ao propor uma caracterização local adaptada para o indicador de risco de malária é possível avançar na busca de evidências que possam estabelecer o

papel de certos fatores socioambientais e sua associação ao risco local de malária. Este risco acontece em um mosaico de paisagens ao longo de toda a extensão territorial do município. Este mosaico inclui áreas urbanas consolidadas, áreas ribeirinhas, projetos de assentamento e áreas indígenas. Com exceção apenas das áreas de mineração, as quais não se encaixam nas atividades realizadas no município de Lábrea. Mas os fatores identificados nessas áreas colaboraram com a hipótese de exposição humana ao vetor da malária devido às características de suas atividades de trabalho.

CAPÍTULO 3

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Lábrea, estado do Amazonas (FIGURA 3.1), possui 37.574 habitantes distribuídos numa extensa área de unidade territorial de 68.234 km² (IBGE, 2010). A sede municipal está localizada as margens do rio Purus (FIGURA 3.2), um dos maiores rios tributários do rio Amazonas, que é utilizado pela população para locomoção e suprimento de alimentos. Esse rio conecta Lábrea com os demais municípios amazonenses e com o estado do Acre.

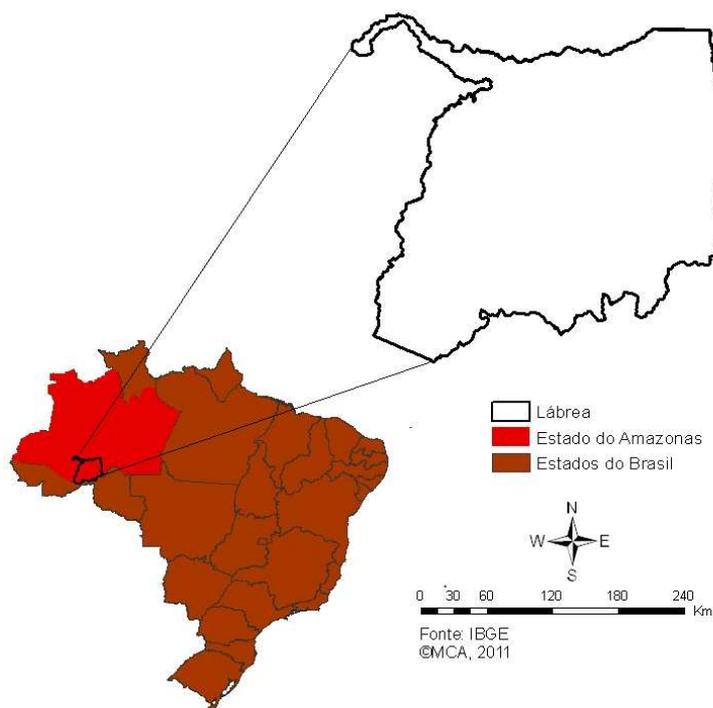


Figura 3.1: Localização da área de estudo.



Figura 3.2: Sede municipal vista do rio Purus.

A população de Lábrea apresenta uma estrutura etária (FIGURA 3.3) concentrada entre os primeiros anos de vida, de 0 e 19 anos e a presença de poucos habitantes a partir de 65 anos (IBGE, 2010).

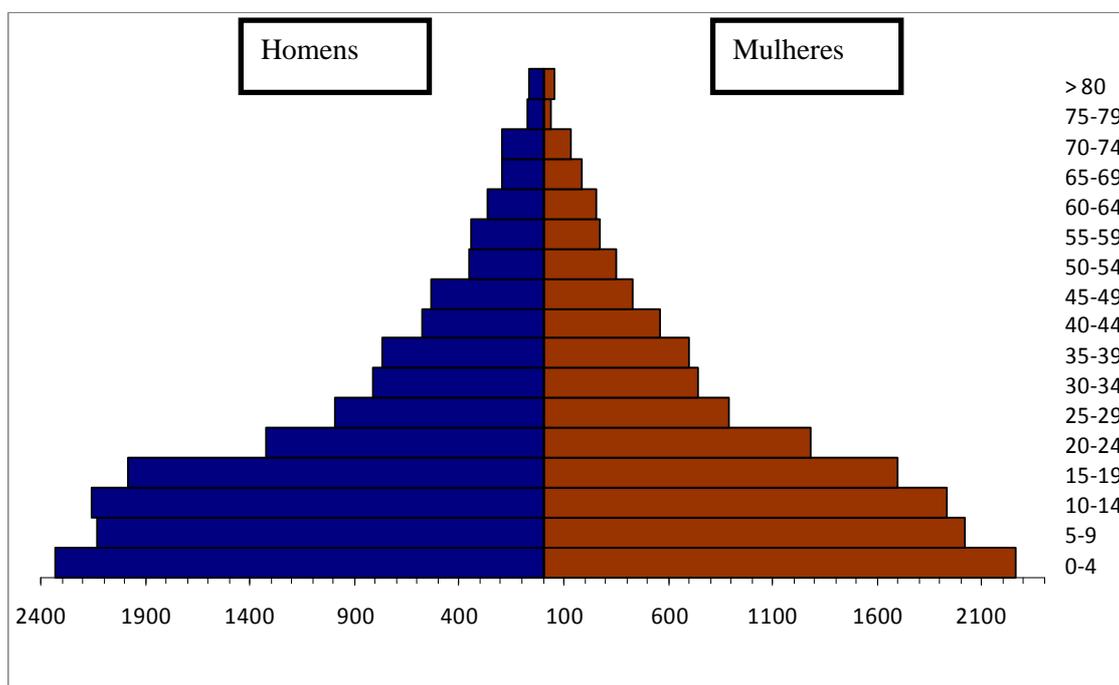


Figura 3.3: Estrutura etária do município de Lábrea. FONTE: IBGE, 2010.

O município vem sofrendo forte pressão devido à expansão da fronteira agrícola oriunda principalmente de Rondônia. A região de fronteira do sudeste do município com o estado de Rondônia é caracterizada pela recente e intensa alteração da cobertura vegetal e abertura de novos pólos agrícolas, e conseqüentemente, pelo surgimento de

assentamentos rurais. Os municípios de Lábrea, Humaitá, Canutama e Manicoré, concentram a produção de soja e grãos do estado do Amazonas, tendo sido iniciada no final dos anos 1990, com forte apoio do governo estadual. Os primeiros plantios mecanizados ocorreram nas áreas de campos naturais sob um intenso programa de fomento e crédito. As condições naturais e a localização geográfica foram fatores determinantes para a ênfase de políticas públicas voltadas para a implementação de uma agricultura mecanizada e moderna nessa porção do estado, que intensificou a pressão sobre as áreas de campos naturais e sobre a floresta amazônica, mesmo que de forma indireta, elevando as taxas de desmatamento do estado (MMA, 2009).

Até o ano de 2010 o total de área desmatada no município era de 3.197 Km², registrados pelo projeto de monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite, o PRODES (PRODES-INPE), sendo o município com maior quantidade de área desmatada acumulada do estado do Amazonas (FIGURA 3.4).

Lábrea é um município extenso territorialmente e podemos pensá-lo como dividido em duas regiões: uma região ao sul com dinâmica associada ao desmatamento e ao estabelecimento de projetos de assentamento e; outra ao norte com dinâmica associada as atividades de subsistência, aos empregos públicos, aos programas de assistência e transferência de renda do governo federal e ao comércio local.

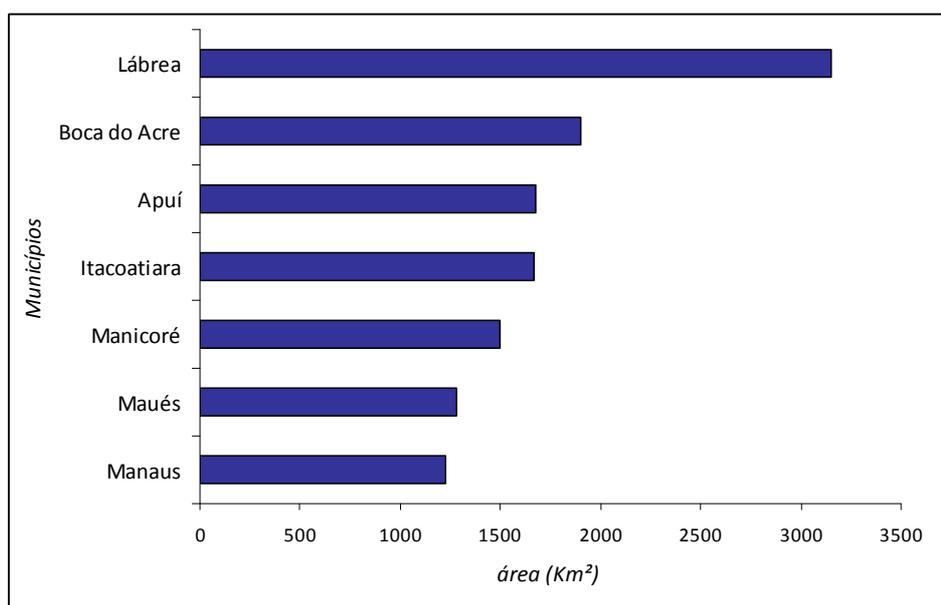


Figura 3.4: Distribuição (Km²) de área total acumulada desmatada até 2010 no Amazonas.
Fonte: INPE (2010).

3.1 PERFIL EPIDEMIOLÓGICO DA MALÁRIA EM LÁBREA

Segundo o Sistema de Informação de Vigilância Epidemiológica – Notificação de Casos de Malária (SIVEP-Malária), entre os anos de 2003 a 2008, o IPA (FIGURA 3.5) no estado do Amazonas a malária se intensificou, principalmente a partir de 2005.

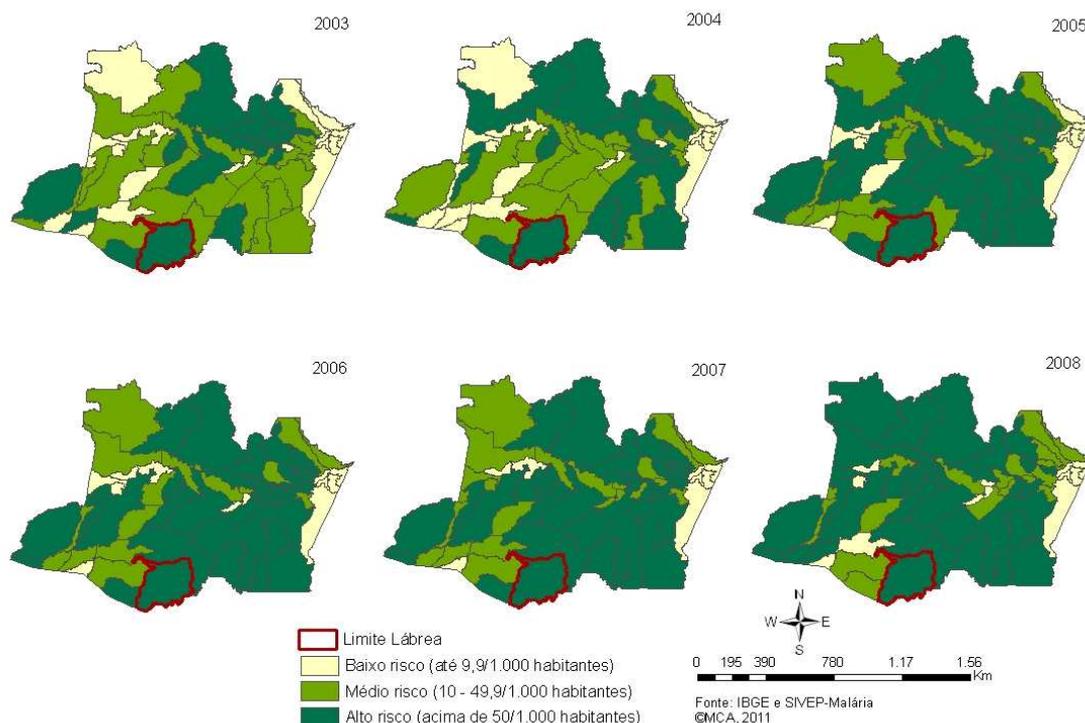


Figura 3.5: Índice Parasitário Anual (IPA) nos municípios amazonenses entre 2003 e 2008.

Em uma escala municipal, Lábrea merece atenção especial, ali o risco foi mantido alto durante o período embora venha em uma trajetória de queda, mas em 2008 ele ainda era de 94/1.000 hab, uma incidência ainda muito elevada. Entre 2003 e 2008 o IPA foi em média, cerca de 150 habitantes infectados a cada 1.000 habitantes. Anualmente, o IPA apresentou uma queda. Em 2003, era de 171/1.000 hab. Sendo que em 2008 foi de 94/1.000 hab. Mas isso ainda faz com que a população permaneça exposta em áreas com alto risco de contrair a doença em todos os anos de estudo no município. Foram notificados cerca de 21.410 casos dos quais, 15.923 (74,3%) pela espécie de plasmódio predominante no Brasil o *P. vivax*, 4.792 (22,3%) atribuídos *P. falciparum*, que causa a forma mais grave da doença e as infecções mistas causadas pela associação de *P. vivax* e *P. falciparum* corresponderam a 3,2% (FIGURA 3.6).

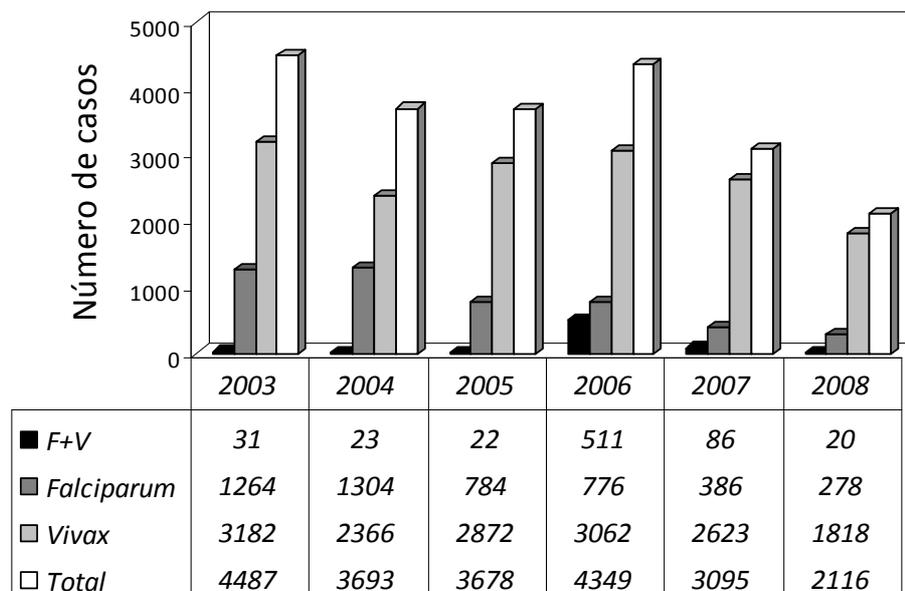


Figura 3.6: Número de casos notificados de malária por espécies de plasmódios em Lábrea – 2003 a 2008.
Fonte: SIVEP-Malária.

Segundo a ocorrência de malária por sexo, observa-se que o município de Lábrea apresenta uma alta diferença na proporção de casos de malária entre o sexo masculino e feminino (FIGURA 3.7). A maioria dos casos ocorre em homens e na população de 1 a 19 anos (58,2%) e entre 20 e 29 anos (18%) (FIGURA 3.8).

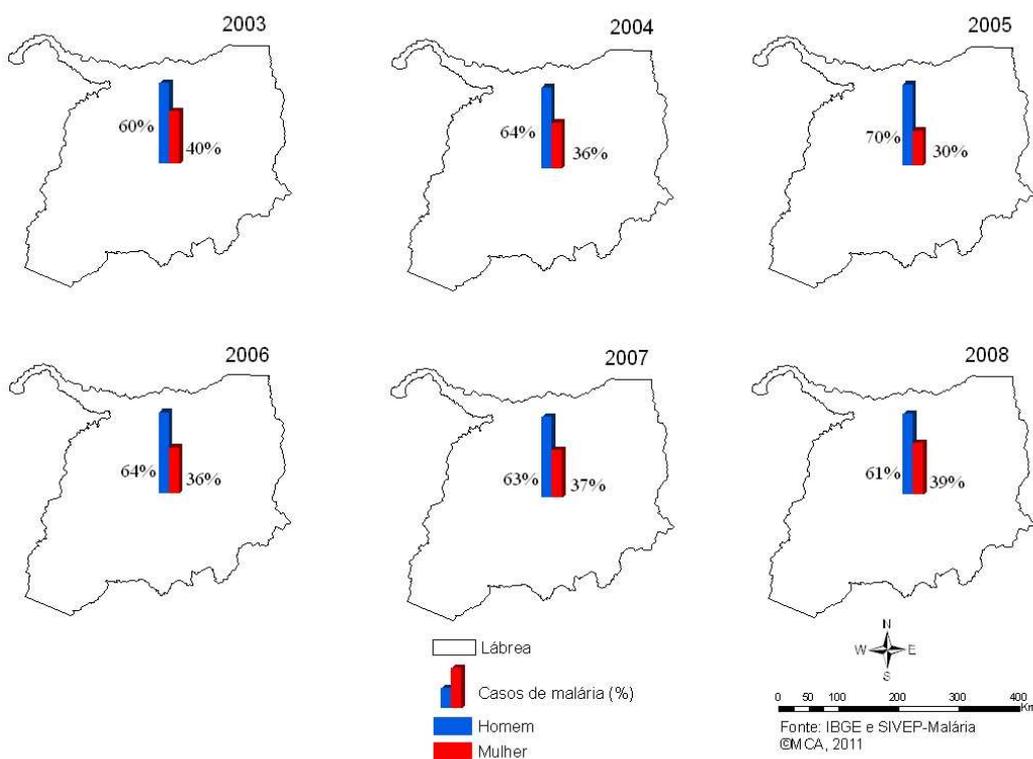


Figura 3.7: Proporção de lâminas positivas de malária no sexo masculino e feminino.

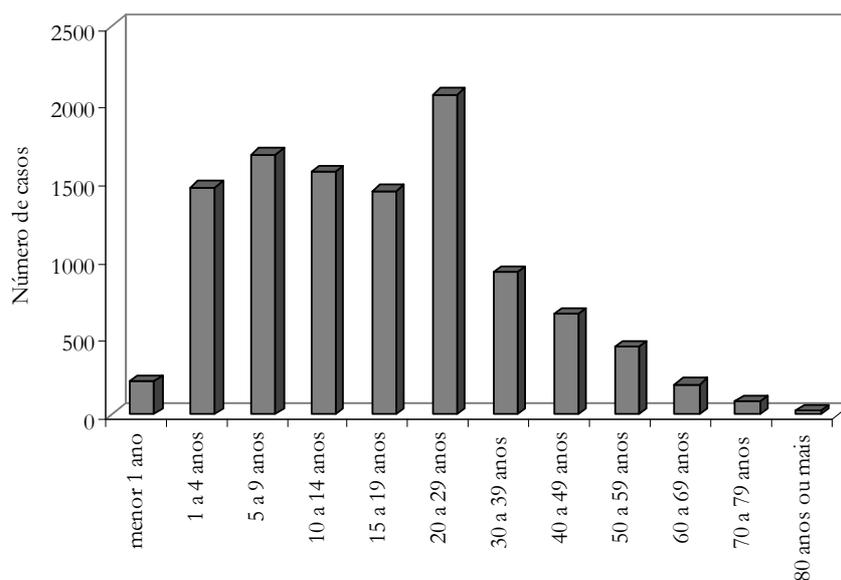


Figura 3.8: Número de casos de malária por faixa etária.
 Fonte: SIVEP-Malária.

Esse perfil epidemiológico nos ajuda a perceber a gravidade e a intensidade com que a malária ocorre em nível municipal. Porém, esta escala municipal, esconde variações espaciais importantes, uma vez que as áreas de risco se distribuem de maneira não uniforme por todo o município. Observando os dados mais recentes produzidos pelo SIVEP-Malária, que apresentam o IPA por localidades, observa-se claramente que existem localidades com alto, médio e baixo risco de malária dentro do município. Além disso, essas localidades estão localizadas em áreas do município reguladas por condições socioambientais muito diferenciadas. O município de Lábrea é um mosaico composto por diversos tipos de cobertura, uso e ocupação do solo, como florestas, reservas legais, projetos de assentamento, reservas indígenas, áreas ribeirinhas, áreas urbanas e esta situação tem implicações na geração de diferenciais intramunicipais para a distribuição do risco de malária. Este quadro coloca mais dificuldades e oportunidades para uma abordagem metodológica que acomode uma escala fina de análise intramunicipal.

CAPÍTULO 4

O IPA-Local AJUSTADO POR CÉLULAS E O SEU USO PARA O ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL POTENCIAL DO RISCO DE MALÁRIA

Este Capítulo apresenta a contribuição metodológica desta dissertação para a criação de um marcador de risco de malária em escala intramunicipal a partir dos dados epidemiológicos fornecidos por localidades pelo SIVEP-Malária e por dados de população e dados ambientais, produzidos sistematicamente pelo IBGE e pelo INPE respectivamente. Uma adaptação do IPA é proposta e implementada em uma abordagem espacial que produz sua representação em células regulares de $[2 \times 2] \text{km}^2$. Este IPA adaptado é chamado de IPA-Local e é utilizado para um estudo da distribuição espacial do risco de malária e de seu padrão de aglomeração espacial em Lábrea. Os resultados são apresentados e analisados no fim deste Capítulo.

4.1 A Metodologia Atual para o Cálculo do IPA a partir dos Dados Informatizados do SIVEP-Malária

O IPA é o índice de positividade de malária que expressa o número de exames positivos por mil habitantes em determinado local e período (EQUAÇÃO 4.1)

$$\text{IPA} = \frac{\text{n}^\circ \text{de exames positivos registrados em determinado local e período}}{\text{População da área, no mesmo local e período}} \times 1000 \quad (4.1)$$

Esse indicador é calculado e fornecido para os agentes, gestores e pesquisadores em saúde pública na escala estadual, municipal e por localidade. Para a incidência local, o IPA de toda localidade é agregado e é então representado na base de informações com um ponto localizado em um sistema de coordenadas com projeção cartográfica associada e um conjunto de atributos ligados a ele. Devido a esta forma de representação alguns problemas são encontrados. O primeiro deles está relacionado à definição da área dessa localidade, uma vez que se tem apenas o ponto em uma coordenada principal. Essas localidades não possuem limite geográfico definido pelo serviço de saúde. A metodologia adotada em campo é a seguinte: os agentes de saúde ou como eles se definem em campo, os guardas de saúde, observam a dispersão da população e dos casos numa determinada localidade. Onde julgarem ter a maior aglomeração de pessoas, eles coletam a coordenada principal e marca este ponto como base de localização daquela localidade. No município de Lábrea, o máximo que eles

possuem são os pontos da localidade desenhados em um mapa, com o limite do município e os principais rios, chamado por eles de *croqui* (FIGURA 4.1). Outra dificuldade é a determinação da população dessas localidades, a qual não reflete a realidade do número de habitantes, e ao ser relacionado com o número de casos positivos pode gerar um falso IPA. Pois conforme exibido anteriormente na equação 4.1 é necessário relacionar a população com o número de casos para a mesma área. Com esse dado, que é disponibilizado, é possível conhecer a distribuição espacial do risco de malária em uma escala intramunicipal com severas limitações.



FIGURA 4.1: *Croqui* fixado na parede da secretaria municipal de saúde de Lábrea para identificação das localidades.

4.2 A Nova Proposta Metodológica: O IPA-Local Ajustado por Células

Nesta sessão, a abordagem proposta para uma caracterização alternativa para o IPA considerando sua representação espacial em células regulares de $[2 \times 2] \text{km}^2$ é desenvolvida. Para o desenvolvimento deste IPA-Local ajustado para as células foram usados dados ambientais produzidos por sensoriamento remoto orbital e dados censitários tratados através de técnicas de análise espacial e integrados com o uso de Sistemas de Informação Geográfica. *Superfícies Potenciais de População* (BRACKEN; MARTIN, 1989; AMARAL, 2003; GAVLAK, 2010) e *Superfícies Potenciais de Ocorrência de Malária* foram estabelecidas. Com base nestas *superfícies potenciais* estimativas para a redistribuição espacial da população e das ocorrências positivas

podem ser geradas e o *IPA-Local* ajustado para cada célula é calculado. O *IPA-Local* produzido cobre toda extensão do município de Lábrea para os anos de 2003 e de 2008. A FIGURA 4.2 apresenta um esquema simplificado com todas as fases deste processo. Nas próximas seções cada componente do esquema apresentado é detalhado.

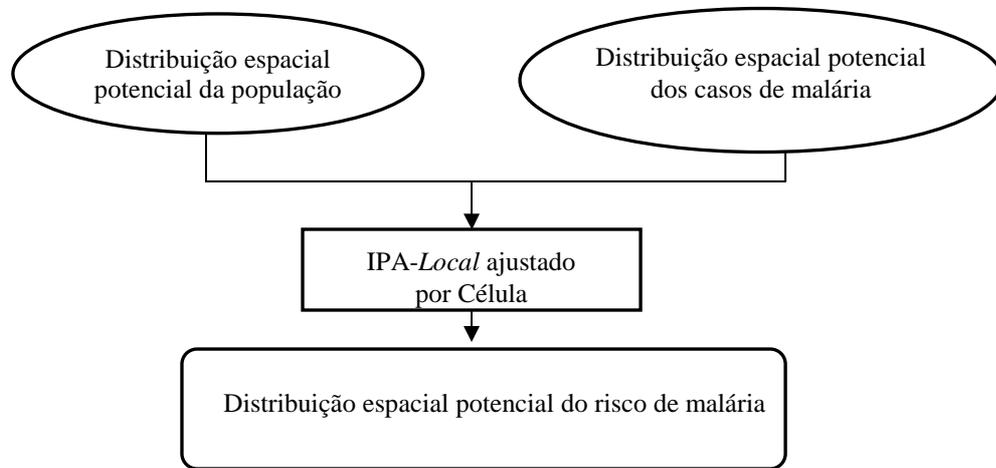


FIGURA 4.2: Esquema Geral para Construção do *IPA-Local* ajustado por Células.

4.2.1 Modelo de Superfície Potencial de População: Geração da Distribuição Espacial Potencial da População

Para a estimativa de população exposta, propõe-se a aplicação do método multivariado desenvolvido por Amaral (2003), que utiliza dados auxiliares para a criação de um modelo de redistribuição da população. Para tal é necessário definir um modelo conceitual formal que descreva os fatores condicionantes da presença da população na área de estudo e com base no volume de população residente total por setor censitário é feita a redistribuição da população em células, considerando as possibilidades de ocorrência de população sugeridas pelas variáveis indicadoras de presença humana (Figura 4.3).

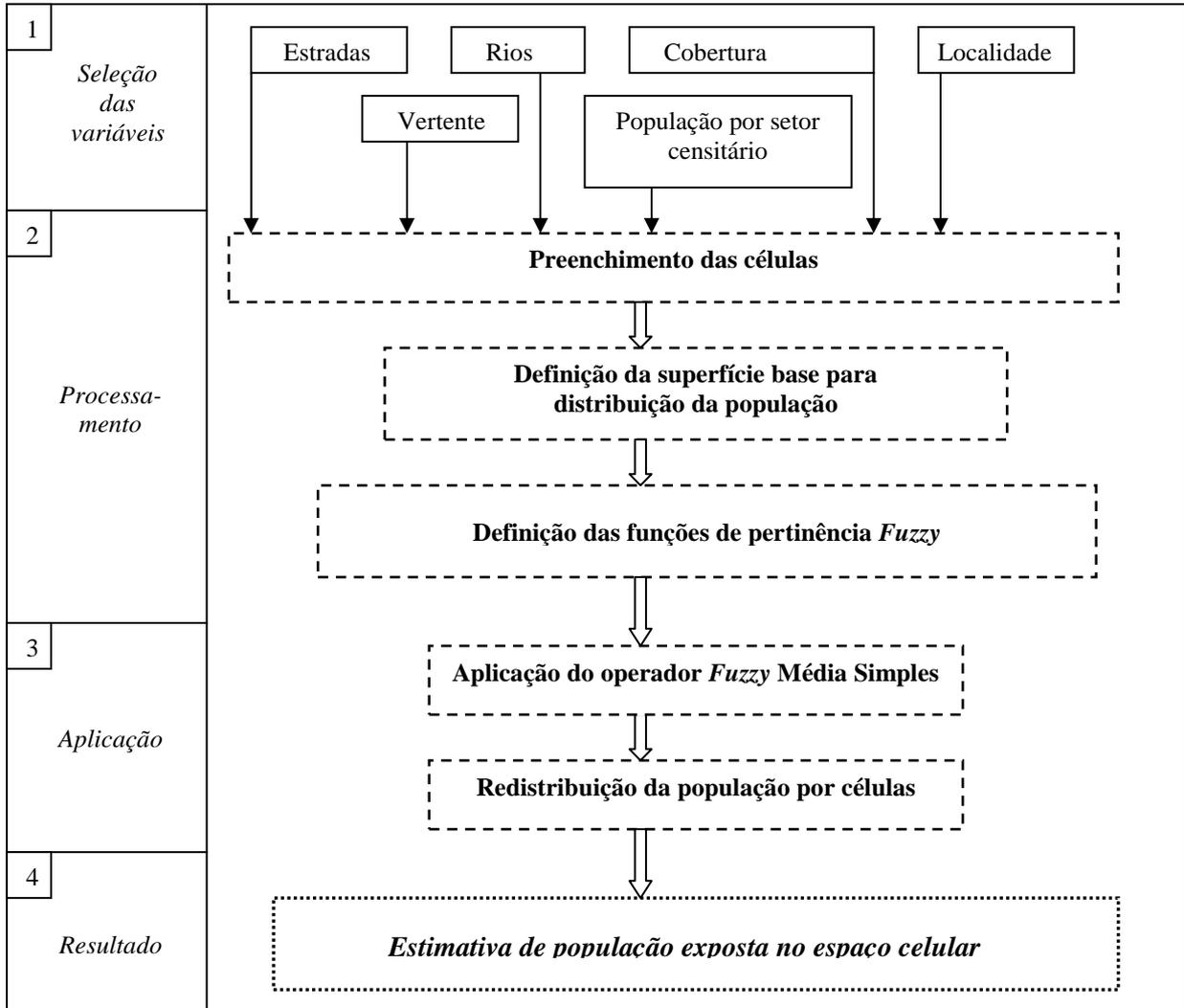


FIGURA 4.3: Etapas metodológicas para distribuição espacial potencial da população.

4.2.1.1 Seleção das variáveis

As variáveis podem ser selecionadas baseando-se na importância dos fatores para a atração e fixação de pessoas na região, como mapas de cobertura/uso do solo, distâncias a estradas e rios e qualquer outra informação que serve como fator de ponderação para localizar a população. Na região amazônica a presença de estradas, rios, condições do terreno, núcleos urbanos e atividades de desmatamento são fatores que indicam a presença humana (AMARAL, 2003). As variáveis condicionantes para o município de Lábrea foram selecionadas a partir da literatura relacionada, das observações em campo (ASSIS, 2010) e disponibilidade de dados nos sistemas de informação (TABELA 4.1).

TABELA 4.1: Seleção das variáveis para distribuição da população.

<i>Variável</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fonte</i>	
		<i>2003</i>	<i>2008</i>
Estradas	Atração e/ou fixação da população	IBGE	IBGE
Rios		ANA	ANA
Localidades		SIVEP	SIVEP
Cobertura Florestal		PRODES	PRODES
Vertente		HAND-SRTM	HAND-SRTM
População por Setor Censitário	Nº de habitantes	População estimada em 2003.	Contagem Populacional de 2007

As estradas e rios são comumente utilizados para locomoção, troca de mercadorias e de pessoas e fixar-se próximo a eles é uma maneira de garantir maior acesso aos serviços e atividades. A própria sede do município encontra-se as margens do rio Purus e no entorno desse e de outros rios importantes como o Passeá e o Ituxi é comum ver comunidades (FIGURA 4.4). Os dados dos rios foram coletados da Agência Nacional de Águas contendo os rios de 1º e 2º ordem. Uma abordagem mais interessante seria utilizar os corpos d'água identificados pela compartimentação do terreno em ambientes a partir da rede de drenagem descrito no item 5.2.2.2 mas essa abordagem exigiria uma edição maior dos dados e não foi utilizado nessa etapa do trabalho.



FIGURA 4.4: a) Aldeia indígena Ilha Verde as margens do rio Ituxi.
b) Comunidade rural as margens do rio Purus.

A presença de localidades com ocorrência de malária fornecida pelo SIVEP-Malária indica também presença de população, pois só é possível ocorrer doença onde tem pessoas. Outra variável indicadora é a preferência da população por terrenos com menor declividade, os valores de declividade média foram obtidos pela classe vertente criada na variável ambiental descrição do terreno a partir da aplicação do HAND (RENNÓ *et al.*, 2008) (maiores informações sobre a construção dessa classe estão na seção 5.1.2.2). A variável cobertura florestal será utilizada para definir a superfície base de distribuição da população, partindo da hipótese que células acima de 99% de cobertura florestal não têm população residente. Maiores informações sobre a construção da classe de cobertura florestal a partir do PRODES (PODES-INPE) podem ser adquiridas na seção 5.1.2.1. A variável população contém o número de habitantes contabilizado por setor censitário que será utilizado para aplicação da redistribuição da população. Para a estimativa da população exposta em 2003, calculou-se o incremento da população entre 2000 e 2003 e procedeu-se sua redistribuição observando a natureza do tipo de setor censitário e uma interpolação linear considerando intervalos anuais. Para a estimativa em 2008, nenhuma interpolação foi realizada e se utilizou o dado de população da Contagem Populacional de 2007 diretamente. A discussão sobre essas decisões está disponível no APÊNDICE A.

4.2.1.2 Processamento

Como a unidade de análise de todo o trabalho é o espaço celular, cada célula foi preenchida com as variáveis indicadoras selecionadas, através de operadores de síntese (maiores informações sobre esse procedimento podem ser encontradas em: AGUIAR *et al.*, 2008). Para estradas, rios, localidades e vertente o operador utilizado foi distância e para cobertura florestal utilizou-se o operador porcentagem da classe floresta. Para a variável população por setor censitário o operador utilizado foi o valor máximo.

Esses valores, com exceção da variável população, foram utilizados para determinar os parâmetros das funções de pertinência *Fuzzy* (ZADEH, 1965). A variável de porcentagem da cobertura florestal foi utilizada também para definir a superfície base de possibilidade de ocorrência de população (FIGURA 4.5); as células com 99% a 100% de floresta e que não possuíam nenhuma localidade fornecida pelo SIVEP-Malária foram excluídas a partir da hipótese da dificuldade de fixação da população nesse ambiente.

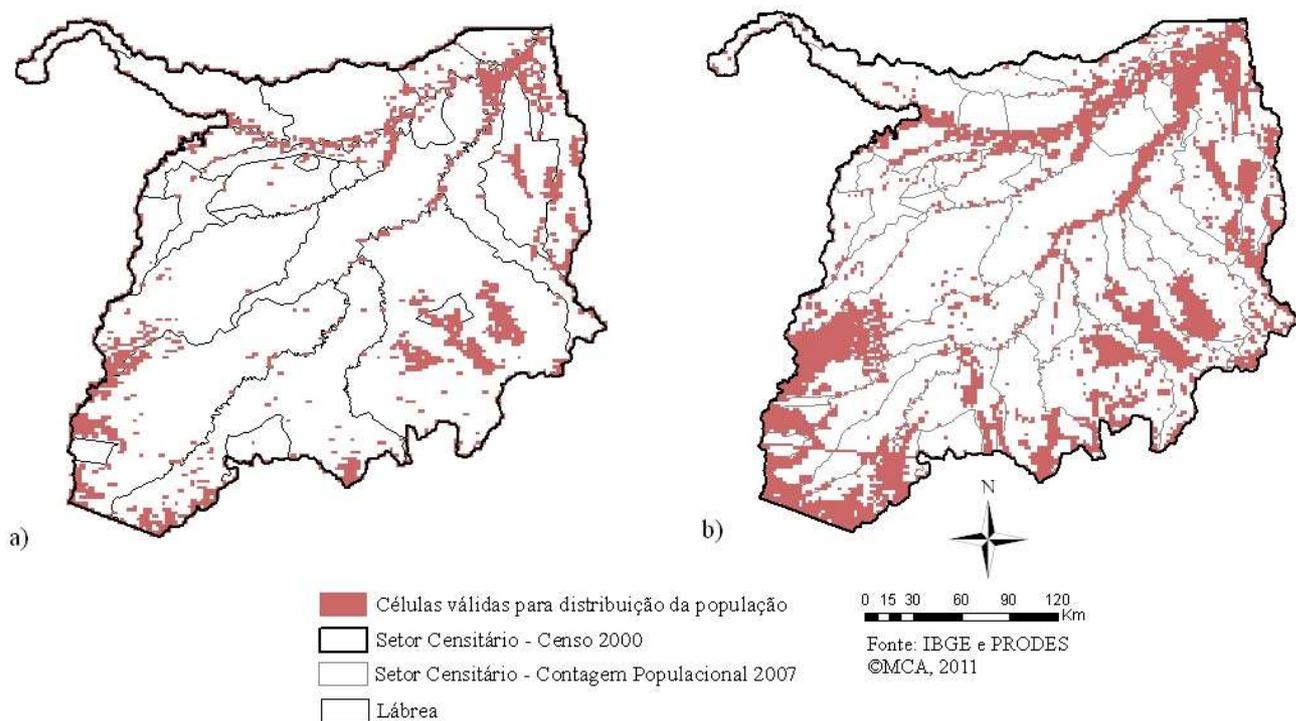


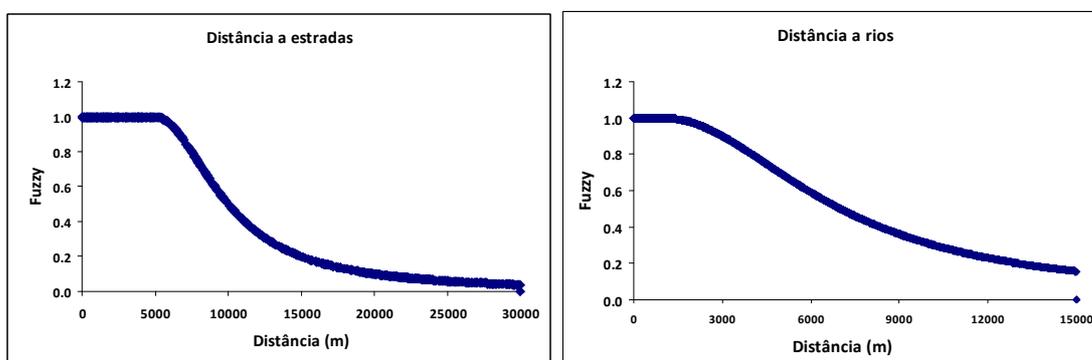
FIGURA 4.5: Resultado da superfície base para distribuição da população. a) Superfície de 2003. b) Superfície de 2008.

A partir da análise empírica das variáveis foi possível definir os valores máximos, médios e mínimos de distância e porcentagem da classe floresta que relacionam as variáveis indicadoras com a presença de população. Estes valores foram utilizados para definir as funções de pertinência *Fuzzy* para 2003 e 2008 (TABELA 4.2).

TABELA 4.2: Parâmetros utilizados na definição das funções de pertinência *Fuzzy* para 2003 e 2008.

Variável		f(z)	Valor (m)
Distância a estradas	<=	1	5.000
	=	0.5	10.000
	>	0	30.000
Distância a rios	<=	1	1.000
	=	0.5	7.000
	>	0	15.000
Distância a localidades	<=	1	500
	=	0.5	6.000
	>	0	39.000
Porcentagem de Floresta	<=	1	0.1
	=	0.5	0.3
	>	0	0.99
Distância a declividade média (vertente)	<=	1	400
	=	0.5	1.000
	>	0	1.400

Esse tipo de função determina se uma variável de acordo com seu grau de pertinência pertence ou não a um determinado conjunto em análise. Para atribuir os valores definiu-se o uso de funções quadráticas. Utilizando a variável *rios* como exemplo, a uma distância de 1 Km do rio a possibilidade de ocorrência de população é máxima, equivalente a 1 e a possibilidade de não ocorrer população acontece a distância igual ou superior a 15 Km. Entre esses valores há diferentes possibilidades de ocorrência da população. Com base nisso, é possível observar os gráficos das funções de pertinência *Fuzzy* para cada variável (FIGURA 4.6). As funções foram utilizadas para a distribuição da população para os anos de 2003 e 2008.



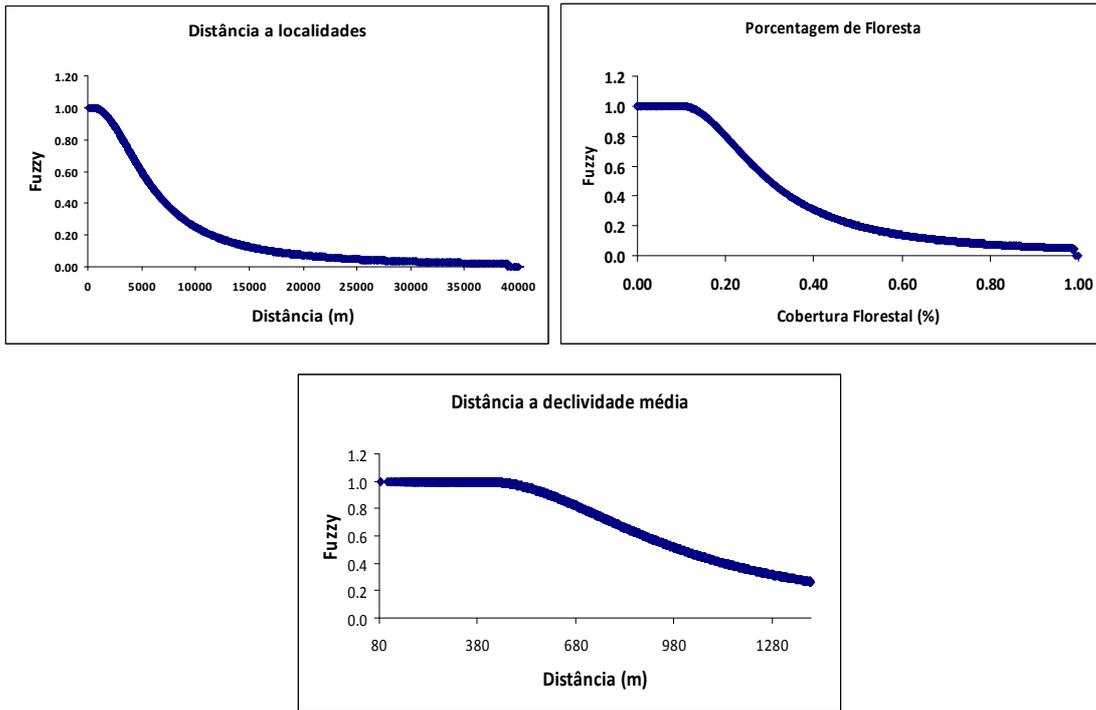


FIGURA 4.6: Gráficos das funções de pertinência Fuzzy para: a) distância a estradas; b) distância a rios; c) distância a localidades; d) porcentagem de floresta e, e) distância a declividade média.

4.2.1.3 Aplicação

Em cada célula há um potencial de ocorrência de população por variável definida pela função de pertinência *Fuzzy*. A partir disso é necessário compor o potencial da célula. Fazendo uma opção por não associar pesos diferentes ao potencial produzido por variáveis diferentes, este trabalho utilizou a Média Simples como operador síntese para produção do potencial das células (TABELA 4.3).

TABELA 4.3: Detalhe do operador média simples para relacionar as variáveis indicadoras.

<i>Operador</i>	<i>Expressão</i>
Média Simples - $F_{cel(i)}$	$(F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5) / 5$

Sendo: F_1 = Distância a estradas;
 F_2 = Distância a rios;
 F_3 = Distância a vertente;
 F_4 = Distância a localidades e,
 F_5 = Porcentagem de floresta.

Cada célula tem um valor potencial de possibilidade da ocorrência de população. Conhecendo este potencial de possibilidade de ocorrência de população é possível

redistribuir a população contabilizada por setor censitário para cada célula utilizando a seguinte fórmula (EQUAÇÃO 4.2):

$$P_{cel} = P_{cs} \times \left(\frac{F_{cel(i)}}{\sum_{i=0}^j F_{cel(ij)}} \right) \quad (4.2)$$

Onde P_{cel} é a população potencial na célula, P_{cs} é a população no setor censitário, F_{cel} é o valor *Fuzzy* de possibilidade de ocorrência de população para a célula ponderado pela somatória dos valores *Fuzzy* para o setor censitário.

4.2.1.4 Resultado

As estimativas de população exposta potencial para cada célula de $[2 \times 2] \text{km}^2$ para os anos de 2003 e 2008 é apresentada na FIGURA 4.7 e na FIGURA 4.8 respectivamente.

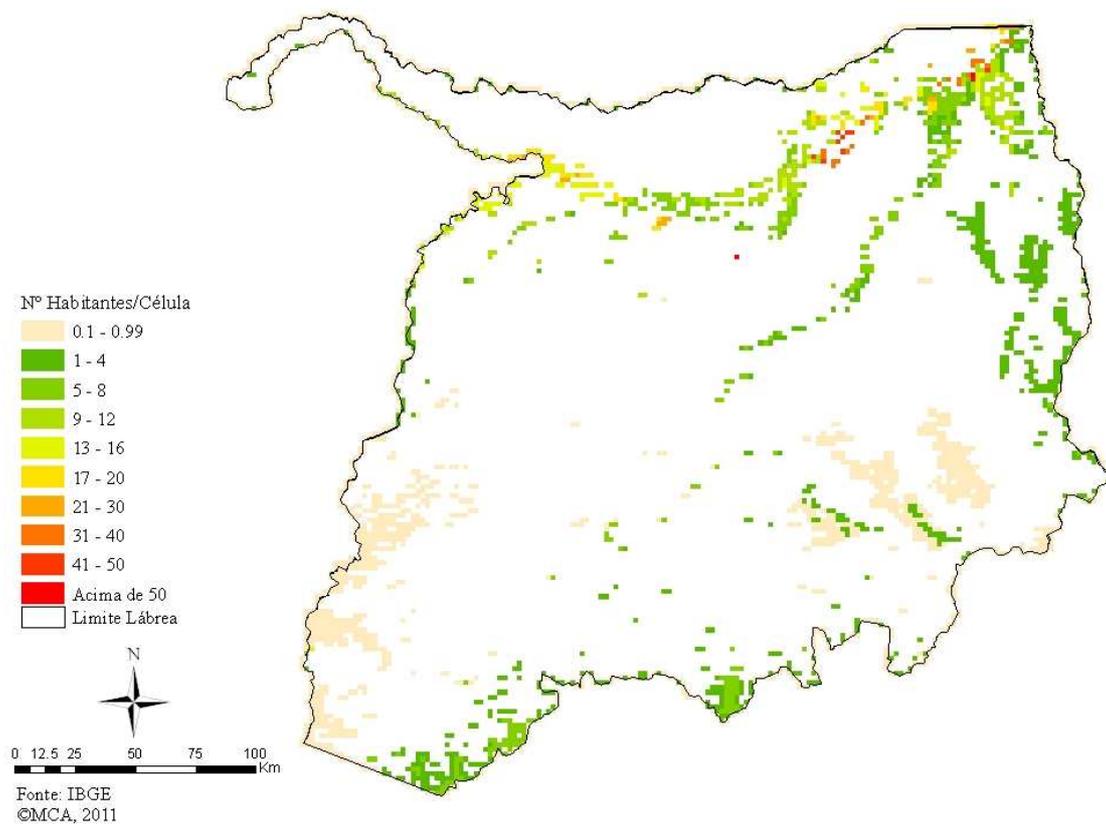


FIGURA 4.7: Resultado da estimativa de população exposta potencial em 2003.

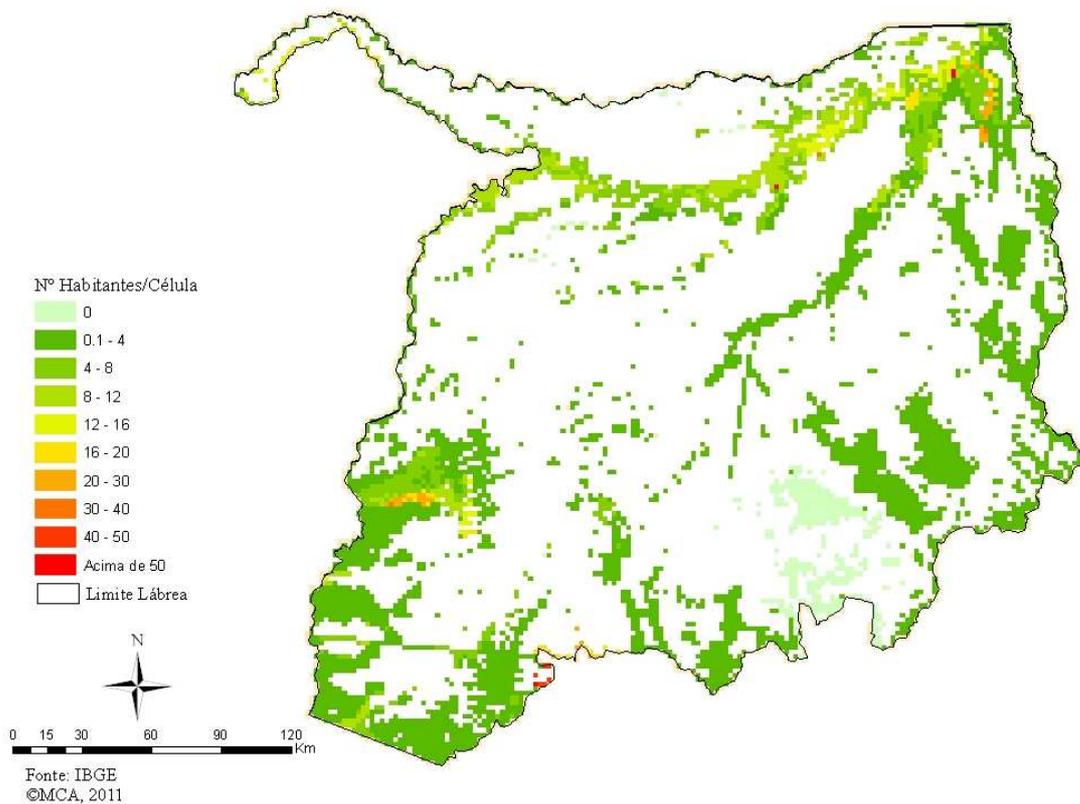


FIGURA 4.8: Resultado da estimativa de população exposta potencial em 2008.

As células com maior quantidade de habitantes representam o setor urbano localizado ao extremo norte do município nos dois anos de estudo. Entre 2003 e 2008 há um incremento populacional de 7.953 habitantes e um incremento de área desmatada entre esses anos de 1.746 Km², com a abertura de novas áreas antes cobertas pela floresta. O que indica atividade humana e possibilidade de fixação de habitantes nessas zonas de recente conversão.

Têm-se duas dinâmicas associadas à recente ocupação da população em 2008, ao norte do município observa-se a expansão nas bordas de regiões já habitadas ao longo dos rios Purus, Ituxi e Passeá com atividades relacionadas à subsistência. Ao sul do município a abertura de novas áreas associadas a grandes projetos de assentamento, como a criação do PAD Belo Monte entre 2004 e 2005. Essa região é considerada como nova fronteira agrícola com Rondônia e com o Acre e é alvo de intensa pressão e ativo processo de desmatamento (MMA, 2009). A expansão das atividades econômicas ao sul do município foi um grande atrativo populacional. O que atraiu indivíduos de diversas regiões em busca de emprego. A migração para Lábrea é decorrente principalmente de

outros municípios amazonenses (40,7%), do estado do Acre (36,7%) e do estado de Rondônia (16,5%) (IBGE, 2007).

No tocante a malária essas novas áreas de ocupação humana, decorrentes do processo de desmatamento recente são preocupantes, uma vez que a população se desloca intensamente em direção ao habitat do vetor da doença, aumentando a sua exposição. O processo de mudança que essas pessoas estão promovendo pode gerar condições ideais para o criadouro do vetor.

4.2.2 Modelo de Superfície Potencial de Ocorrência de Malária e Geração da Distribuição Espacial do Risco Potencial de Malária: O IPA-Local ajustado por Célula

Após obter a estimativa da população exposta para o município de Lábrea, é possível conhecer o risco potencial local. Para isso primeiramente é preciso executar semelhantes etapas metodológicas da distribuição da população (FIGURA 4.9) para distribuir as ocorrências de malária, e assim aplicar a fórmula do coeficiente de incidência ajustado para as células.

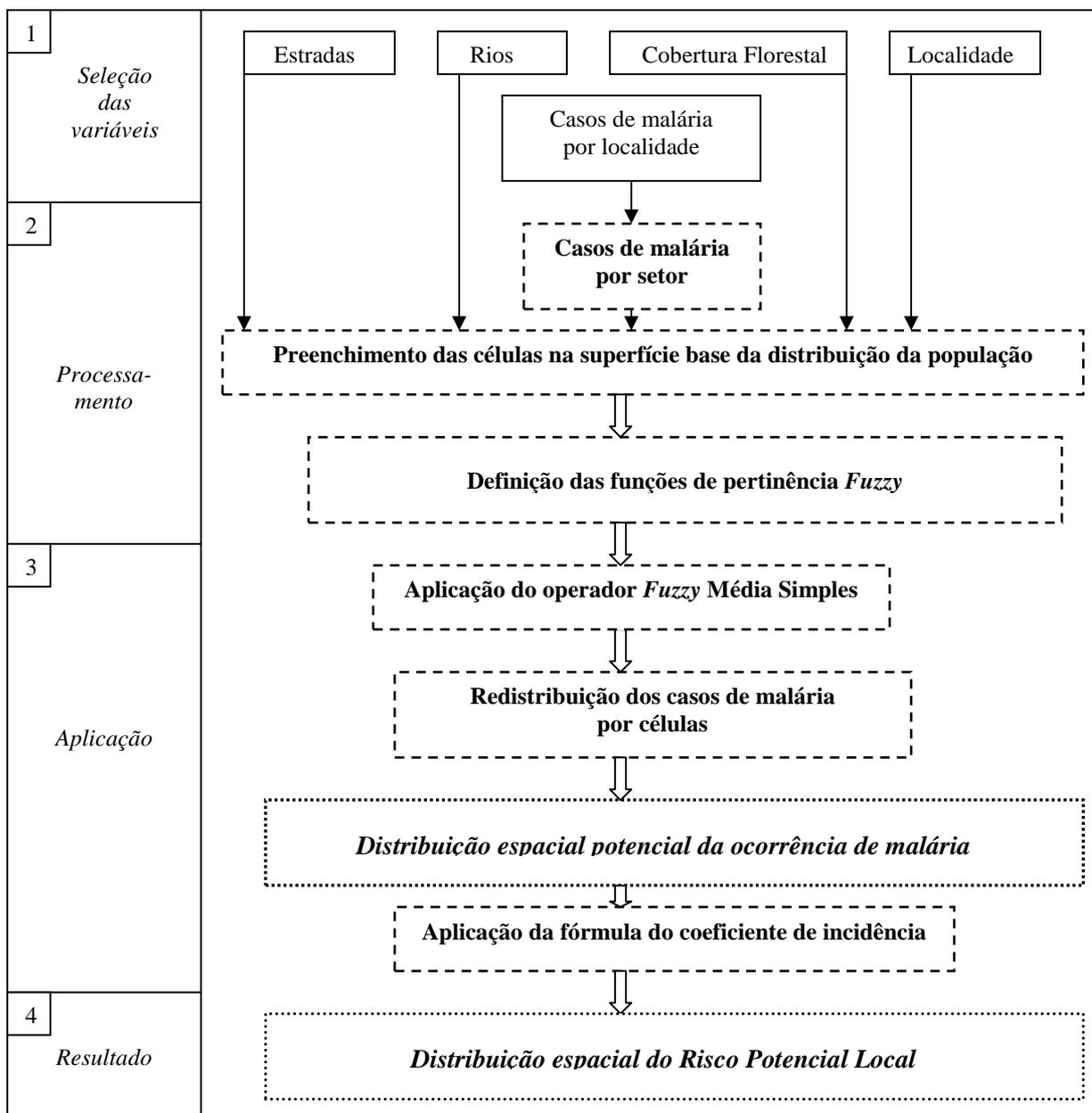


FIGURA 4.9: Etapas metodológicas para distribuição espacial do Risco Potencial Local.

4.2.2.1 Seleção das variáveis

A definição das variáveis indicadoras de presença de malária foi baseada na relação das variáveis com a dinâmica da doença na região amazônica (TABELA 4.4).

Sabe-se que a presença de estradas implica em importantes alterações na cobertura vegetal para abertura das mesmas e exercem forte atrativo populacional nas suas margens e é responsável por importantes trocas populacionais, o que pode facilitar a transmissão da doença. Os rios são utilizados pela espécie *An. darlingi* para procriação,

cerca de $\frac{3}{4}$ do ciclo de vida do mosquito ocorre no ambiente aquático, expondo a população, que comumente se fixa em suas margens, ao vetor (FORATTINI, 2002). As localidades são dadas pela coordenada geográfica real coletada pelos guardas de saúde durante visita em campo, segundo avaliação empírica é onde se observa a maior quantidade de pessoas.

TABELA 4.4: Seleção das variáveis para distribuição da ocorrência de malária em 2003 e 2008.

<i>Variável</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fonte</i>	
		<i>2003</i>	<i>2008</i>
Estradas	Relação com a dinâmica da malária	IBGE	IBGE
Rios		ANA	ANA
Localidades		SIVEP	SIVEP
Floresta		PRODES	PRODES
Casos de malária por localidade	Nº de casos positivos por ano	SIVEP/2003	SIVEP/2008

A variável de casos de malária por localidade contém o número de casos positivos de malária segundo o ano disponibilizado pelo SIVEP, essa variável será utilizada para aplicação da redistribuição dos casos de 2003 e 2008. O ano de 2003, pois esse foi o primeiro ano da série histórica de dados informatizada do sistema e com informação de casos por localidade. O ano de 2008 foi escolhido para observar a dinâmica da distribuição do risco de malária e os fatores associados no tempo. Além disso, o Plano Plurianual de Controle da Malária no Amazonas (PPACM) teve início em 2007 então julgou-se interessante observar essa dinâmica após a implementação do programa que tinha por objetivo a redução da malária no Amazonas em 3 anos.

4.2.2.2 Processamento

A superfície base utilizada para redistribuir os casos de malária foi a mesma definida para distribuição da população. Após a seleção das variáveis foi necessário preenchê-las nessa superfície. O operador de síntese para estrada, rios e localidades foi a distância

mínima. A variável de casos de malária por localidade estava georeferenciada para uma coordenada principal, o que causaria problemas para distribuir o número de casos originais em cada célula. Segundo entrevista em campo, esse dado de localidade é georreferenciado sem critérios definidos pelos guardas de saúde e não existe o limite digital da região de abrangência da localidade (o seu polígono de definição). As localidades são caracteristicamente grandes e as casas encontram-se muito dispersas uma das outras, devido a isso e a outros fatores, como a disponibilidade de equipamentos e equipe técnica, há uma grande dificuldade em definir os limites e torná-los manipuláveis em um SIG. Para tentar sanar esse problema, optou-se por agregar os pontos de localidades nos setores censitários. Ou seja, para os casos de 2003 utilizou-se os setores do ano 2000 e aplicou-se a operação soma para obter o valor de todos os casos de malária a partir das localidades pontuais, que ocorreram naquele setor. A mesma metodologia foi utilizada para 2008, com a diferença da utilização dos setores definidos pela contagem populacional de 2007. Feito isso foi possível preencher a superfície base através do operador de valor máximo.

Para isso, foi feita a análise empírica das variáveis e definiram-se os valores que relacionam as variáveis indicadoras com a ocorrência de malária (TABELA 4.5) e as funções de pertinência *Fuzzy* (FIGURA 4.10) para cada uma delas em cada ano. As funções foram utilizadas na distribuição da ocorrência de malária para o ano de 2003 e de 2008.

TABELA 4.5: Parâmetros utilizados na definição das funções de pertinência *Fuzzy* para 2003 e 2008.

<i>Variável</i>		f(z)	Valor (m)
Distância a estradas	<=	1	1.200
	=	0.5	10.000
	>	0	30.000
Distância a rios	<=	1	500
	=	0.5	2.500
	>	0	15.000
Distância a localidades	<=	1	250
	=	0.5	2.000
	>	0	6.000
Porcentagem de Floresta	<=	1	0.1
	=	0.5	0.3
	>	0	0.99

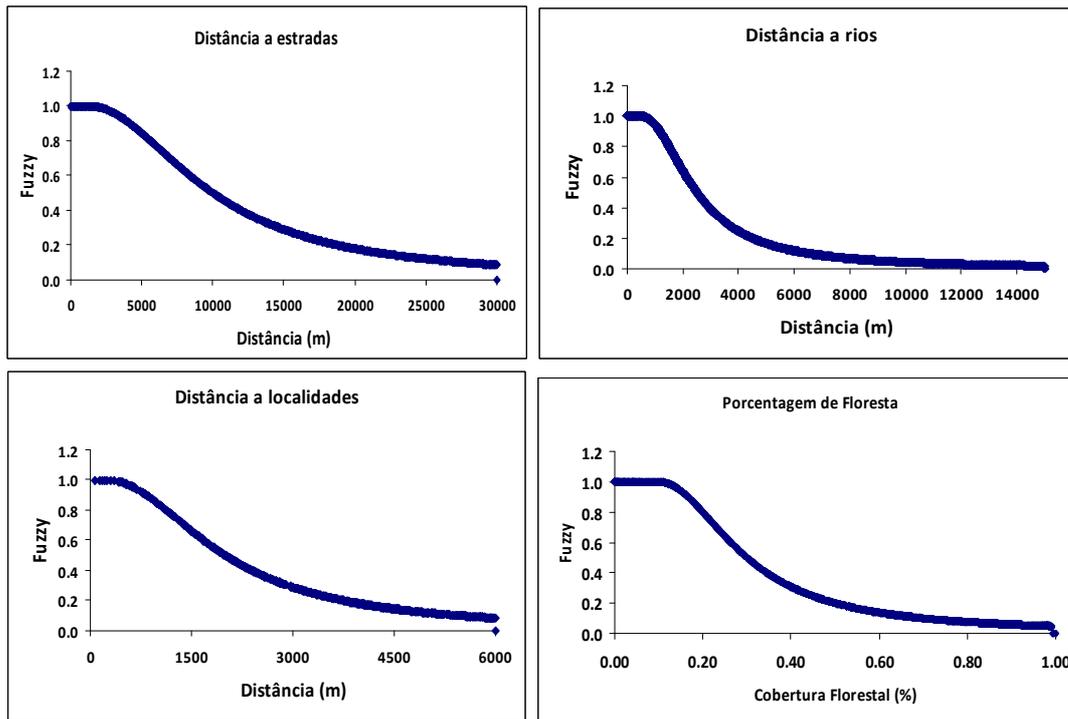


FIGURA 4.10: Gráfico das funções de pertinência Fuzzy para: a) distância a estradas; b) distância a rios; c) distância a localidades e, d) porcentagem de floresta.

4.2.2.3 Aplicação

Em cada célula há um potencial de ocorrência de malária por variável definida pela função de pertinência *Fuzzy*. A partir disso é necessário compor o potencial da célula. Esta etapa do trabalho também utilizou a Média Simples como operador síntese para produção do potencial das células (TABELA 4.6).

TABELA 4.6: Detalhe do operador média simples para relacionar as variáveis indicadoras.

<i>Operador</i>	<i>Expressão</i>
Média Simples - $F_{cel(i)}$	$(F_1 + F_2 + F_3 + F_4) / 3$

Sendo: F_1 = Distância a estradas;
 F_2 = Distância a rios;
 F_3 = Distância a localidades e,
 F_4 = Porcentagem de floresta.

Assim, cada célula tem um valor potencial de possibilidade da ocorrência de malária, com base nas variáveis indicadoras e nas relações entre elas. Conhecendo a potencial possibilidade de ocorrência de malária é possível redistribuir os casos contabilizados por setor censitário para cada célula utilizando a seguinte fórmula (EQUAÇÃO 4.3):

$$M_{cel} = M_{cs} \times \left(\frac{F_{cel(i)}}{\sum_{i=0}^j F_{cel(ij)}} \right) \quad (4.3)$$

Onde M_{cel} é o número de casos de malária potencial na célula, M_{cs} é a quantidade de casos de malária no setor censitário, F_{cel} é o valor *Fuzzy* de possibilidade de ocorrência de malária para a célula ponderada pela somatória dos valores *Fuzzy* para o setor censitário.

Conhecendo a distribuição dos casos (M_{cel}) e a estimativa de população exposta (P_{cel}) por célula pode-se aplicar a fórmula do coeficiente de incidência parasitária anual ajustado para as células (IPA_{cel}) (EQUAÇÃO 4.4). Este é o novo *IPA-Local*.

$$IPA_{cel} = \frac{M_{cel}}{P_{cel}} \times 1000 \quad (4.4)$$

4.2.2.4 Resultado

A distribuição espacial do risco potencial de malária no espaço celular que representa nossa escala intramunicipal para os anos de 2003 e 2008 é apresentada na FIGURA 4.11 e na FIGURA 4.12 respectivamente. A legenda apresenta o novo indicador, o *IPA-Local* ajustado, classificado em acordo com as categorias de risco definidas pelo PNCM, em alto, médio, baixo e sem risco de malária observado para cada 1000 habitantes.

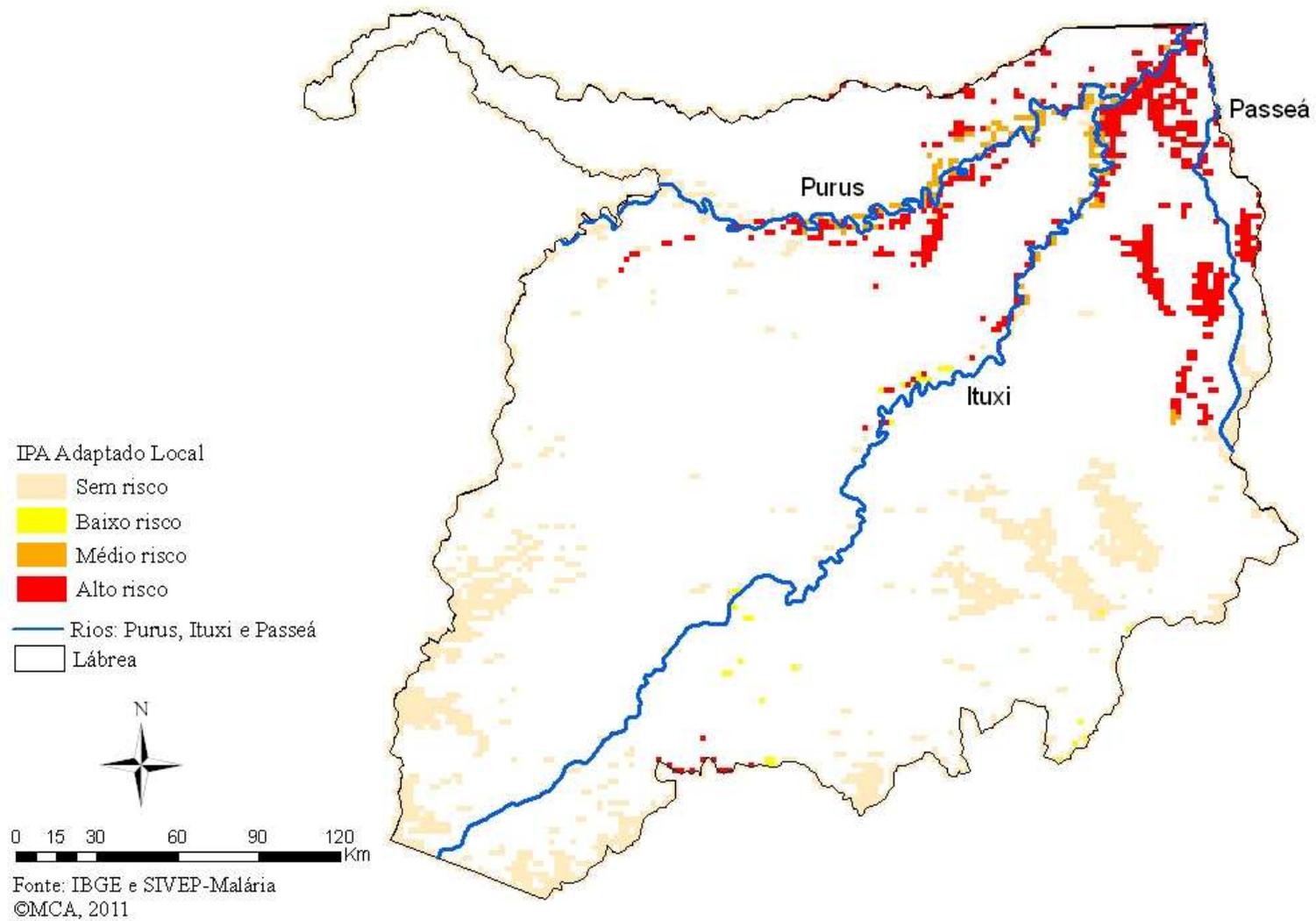


FIGURA 4.11: Resultado da distribuição espacial do risco potencial local de malária de 2003.

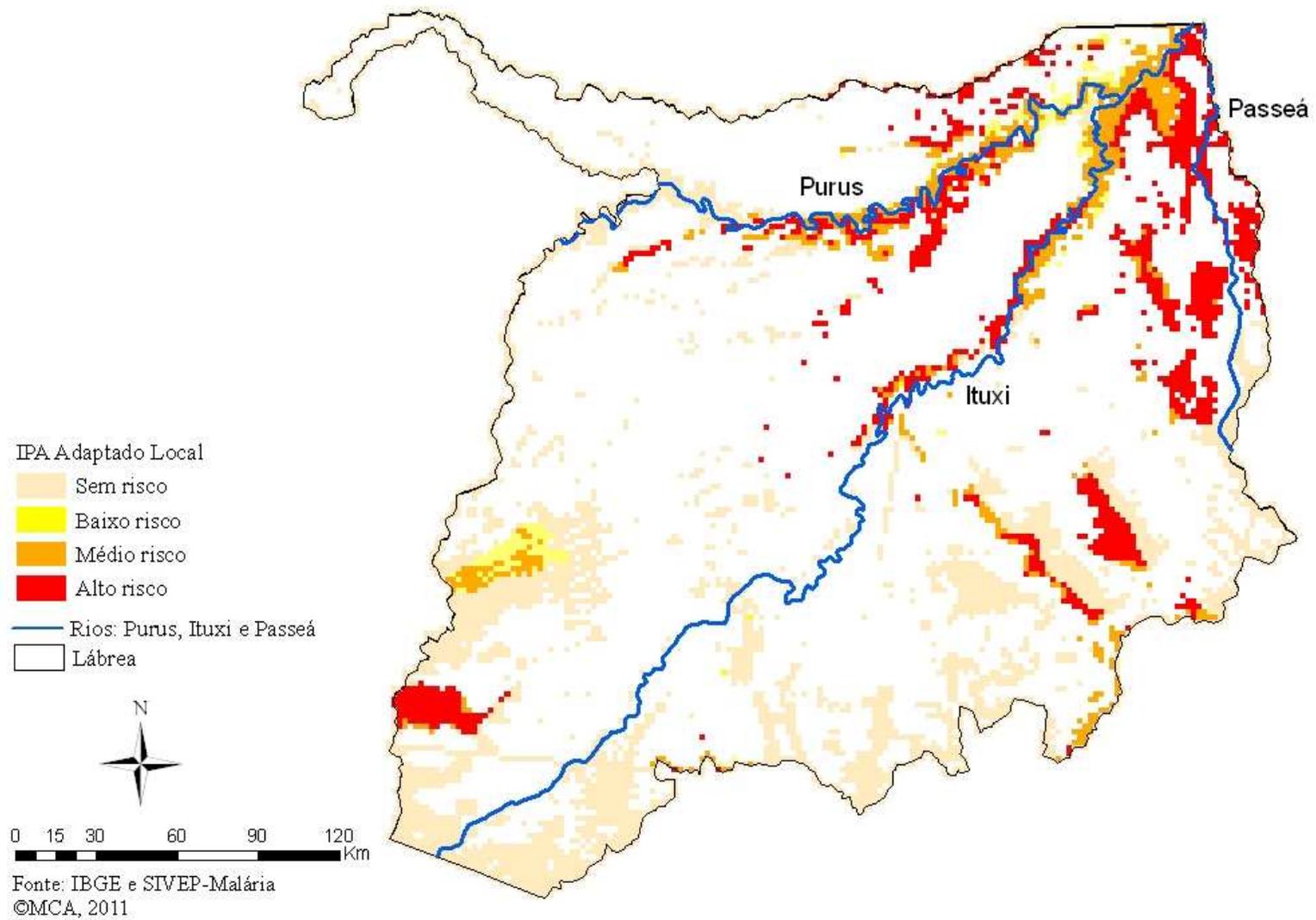


FIGURA 4.12: Resultado da distribuição espacial do risco potencial local de malária de 2008.

4.3 A Nova Distribuição Espacial do Risco Potencial de Malária para Lábrea: Uma Análise Qualitativa

De acordo com a distribuição espacial do risco potencial local de malária em 2003 as áreas de alto risco estão localizadas em regiões próximas aos principais rios do município. Ao nordeste do município, a área de alto risco próximo ao rio Passeá e da BR-230 há projetos de assentamentos responsáveis pela produção e fornecimento de grãos e farinha de mandioca para a região (FIGURA 4.13).



FIGURA 4.13: Trabalhadores do projeto de assentamento Passeá ao nordeste do município produzindo farinha de mandioca.

Segundo entrevista e observação em campo, nesses locais é comum a exposição ao vetor da malária nos horários de maior atividade de picada do mosquito nas primeiras horas da manhã e ao entardecer. A população dessa comunidade apresenta um padrão de alta mobilidade. Dada a proximidade com a sede do município e o fácil acesso pela rodovia BR-230. Os trabalhadores permanecem nesses assentamentos durante a semana e nos finais de semana retornam à sede urbana onde está fixada a família.

Em 2008, nota-se uma mudança de alto para médio risco de malária nesses projetos. A partir de 2007 com a elaboração e implementação do Plano Plurianual de Controle da Malária no Amazonas (PPACM), medidas foram tomadas nessas áreas para redução dos casos de malária e redirecionamento da política de prevenção e controle da doença. Foi implementado no assentamento Passeá um laboratório para teste rápido da positividade da malária (FIGURA 4.14), com o treinamento de um morador responsável. A cada suspeita da doença, o exame é realizado no próprio assentamento, caso seja positivo o morador responsável está autorizado a ministrar o tratamento, com o fornecimento do

remédio, instruções e acompanhamento do quadro clínico do doente. Com isso houve um processo de diagnóstico mais rápido e eficiente, evitando que a pessoa doente possa contribuir com a transmissão da doença.



FIGURA 4.14: Laboratório montado na casa de um morador responsável por diagnosticar e tratar o paciente de malária no assentamento Passéá.

Programa semelhante foi adotado na comunidade rural Passéá com alto risco de malária, nesse local foi implementado um posto de saúde e um programa de conscientização da população com a fixação de folhetos informativos nas portas dos estabelecimentos comerciais e residências (FIGURA 4.15).



FIGURA 4.15: a) Posto de saúde da comunidade Passéá na beira da rodovia BR-230. b) Folheto de conscientização sobre a malária.

Segundo os guardas de saúde que acompanhavam o trabalho em campo, esses folhetos foram essenciais para a população notar os primeiros sintomas e procurar assistência de saúde. Essa comunidade é alvo de atenção, pois se liga a outras comunidades ribeirinhas pelo rio Passéá e comunidades rurais no entorno da BR-230. Porém é importante ressaltar o difícil acesso das comunidades ribeirinhas mais distantes a esse posto, na

época da seca o trajeto para cobrir todos os ribeirinhos ao longo do rio Passeá pode chegar a sete dias. Essas pessoas procuram assistência nesse posto, ou aguardam a chegada dos guardas de saúde nas suas comunidades e enquanto isso permanecem doentes, contribuindo para o ciclo de transmissão da doente. Outro fato comum de acontecer é o doente tomar o medicamento nos primeiros dias e interromper o tratamento alegando que irá guardá-lo para a próxima ocorrência. Essa comunidade também é alvo de atenção por ser preferência de lazer da população urbana (FIGURA 4.16). O rio Passeá é considerado um balneário, onde as pessoas passam o dia expostas a essa área de alto risco a malária se alimentando e banhando-se e depois retornam a sede urbana e podem tornar-se o hospedeiro humano, contribuindo no ciclo de transmissão da doença.



FIGURA 4.16: Área de lazer na beira do rio Passeá.

Do ano de 2003 para 2008 nota-se a conversão das áreas de alto risco para médio risco nas comunidades as margens dos rios Purus e Ituxi. Algumas delas são áreas destinadas a aldeias indígenas. O papel da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) responsável pela saúde indígena pode ter contribuído para alteração desse quadro. Atividades de limpeza das comunidades, visitas dos guardas de saúde e borrifações de inseticida são executadas nas aldeias (FIGURA 4.17) e é comum encontrar na sede da FUNASA em Lábrea os caciques cobrando seus direitos e atenção para a saúde da sua comunidade (FIGURA 4.18).



FIGURA 4.17: Borrifação de inseticida na comunidade indígena Copaíba.



FIGURA 4.18: Sede da FUNASA em Lábrea.

Resumidamente, no município de Lábrea, observa-se duas dinâmicas associadas às áreas de risco à malária: uma delas é a conversão de alto para médio risco e a manutenção do médio risco, provavelmente associada a melhoria dos serviços de saúde como diagnóstico, prevenção e tratamento.

A outra é a expansão do alto risco associada a regiões de recente conversão da cobertura do solo, com a fixação de novos suscetíveis e exposição ao vetor da doença. Isso é

possível observar nas comunidades rurais no centro-leste e nos projetos de assentamento ao sul do município.

4.4 A Nova Distribuição Espacial do Risco Potencial de Malária para Lábrea: Análise de Aglomerados Espaciais com Padrões Significativos de Associação Local

Conhecendo a distribuição espacial do risco potencial, a pergunta natural que aparece é se existem padrões espaciais para esta distribuição. A FIGURA 4.19 apresenta um diagrama metodológico com as várias etapas necessárias para estabelecer esta resposta. E nas próximas seções os detalhes de procedimento e decisões são desenvolvidos.

Para investigar essa questão e observar como o risco de malária se comporta espacialmente optou-se pela utilização de um indicador local de associação espacial conhecido como o $G_i^*(d)$ para identificação da existência de *clusters*, ou seja, aglomerados espaciais com valores de *IPA-Local* altos ou baixos e que sejam estatisticamente significativos, considerados uma célula *i* e seus vizinhos dada uma distância *d* da célula *i* (GETIS e ORD, 1996)

A etapa metodológica desse capítulo baseou-se nos artigos de CASTRO; SINGER, (2001) e CASTRO; SINGER (2007) para aplicação do teste $G_i^*(d)$ e os artigos de BENJAMIN; HOCHBERG (1995) e CASTRO; SINGER (2006) para a aplicação da correção de falsas descobertas (*False Discovery Rates – FDR*) (maiores detalhes sobre a Fase 3 do diagrama - *Aplicação* - referente a aplicação do teste $G_i^*(d)$ e da correção de falsas descobertas, FDR, são apresentados no APÊNDICE B).

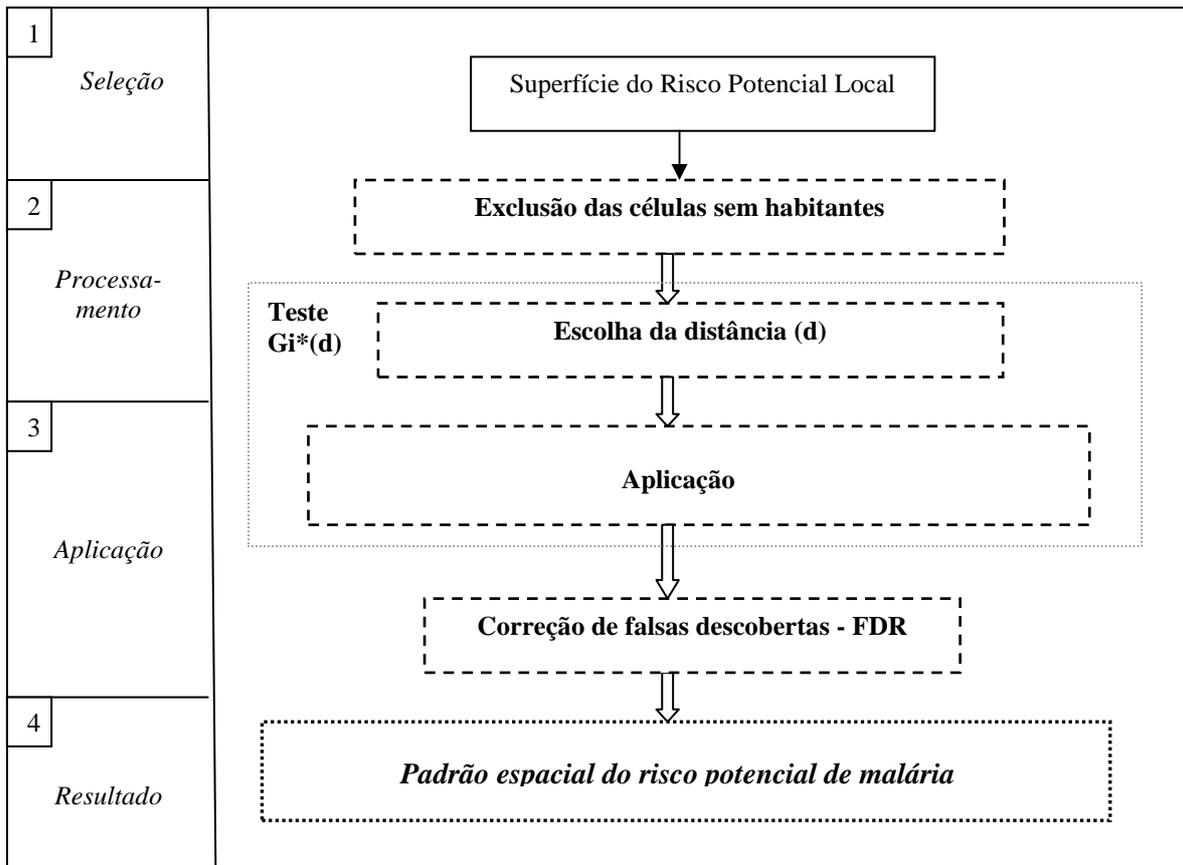


FIGURA 4.19: Etapas metodológicas para identificação de padrões espaciais para a distribuição de risco potencial.

4.4.1 Seleção

A superfície do risco potencial local (2003 e 2008) foi selecionada para ser a base para o teste $G_i^*(d)$.

4.4.2 Processamento

As células de risco potencial que apresentavam uma estimativa para população residente nula foram excluídas. As células com alguma população estimada, mesmo que não tenha apresentado risco de malária, foram mantidas, pois mesmo que não tenha ocorrido caso de malária, houve um potencial de exposição (FIGURA 4.20).

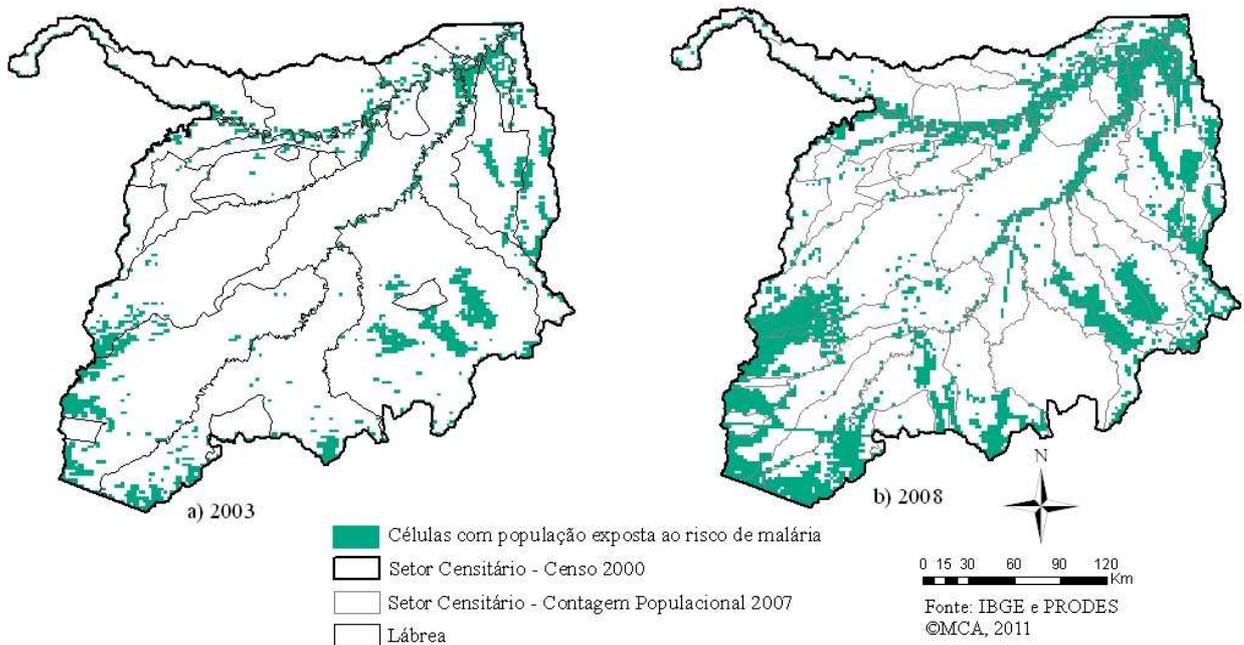


FIGURA 4.20: Resultado da superfície base para aplicação do teste $G_i^*(d)$ após exclusão das células sem habitantes. a) Superfície de 2003. b) Superfície de 2008.

O principal critério para aplicação do teste $G_i^*(d)$ é a definição da distância, que deve ser escolhida de acordo com a área e relacionada com o fenômeno em estudo (CASTRO e SINGER, 2001; CASTRO e SINGER, 2007). No caso da malária uma das características a ser considerada pode ser o raio de vôo do mosquito, que pode variar na região amazônica de 2 a 3 km (TADEI, 1988).

No caso desse trabalho, ao olhar para a estrutura do espaço celular evidencia-se a dificuldade em definir a distância considerando um raio de ação e relacioná-lo a dispersão do mosquito. Uma vez que a própria célula já tem a dimensão de $[2 \times 2] \text{Km}^2$ e há células isoladas. Uma distância muito pequena deixa células sem vizinhança, o que deve ser rigorosamente evitado e para aquelas com vizinhos implica em um número reduzido deles. As possibilidades de 6 a 17 km foram testadas e não apresentaram resultados satisfatórios. Para 6 km, 34 células ficaram sem vizinhança e isso só foi contornado com distância superior a 16 km e nesse caso há células com um número elevado de vizinhos (TABELA 4.7). Com distâncias inferiores a serem percorridas em 2008 comparando com 2003, nota-se o aumento da conectividade entre as comunidades no município de Lábrea.

TABELA 4.7: Análise da vizinhança entre as células para 2003 e 2008.

<i>Distância</i>	<i>Nº de vizinhos</i>	2003	2008
<i>12 Km</i>	Mínimo	0	0
	Máximo	81	111
	Média	41	56
<i>16 Km</i>	Mínimo	1	1
	Máximo	108	182
	Média	54	91

Considerando essas distâncias a superfície de 2008 apresentou regiões de aglomeração significativa de alta incidência de malária onde não há incidência da doença. Isso deve ter ocorrido em razão da distância fixa e da alteração da densidade de vizinhos na área de estudo, criando falsos positivos.

Após essas tentativas optou-se por construir a matriz de vizinhança e considerar um número fixo de vizinhos. A distância varia de acordo com o número de vizinhos estabelecidos. Na TABELA 4.8 é possível observar a maior distância percorrida para atender o critério de 6 vizinhos, nota-se que apesar de ser elevada isso ocorre para poucas células visto que não influencia a média da distância, que é de cerca de 6 Km para 2003 e 4Km para 2008. Para 2008 se considerar essa distância fixa de 4km para todas as células observa-se a criação de artefatos, como relatado anteriormente. Com base nessas análises o número de vizinhos escolhido foi 6.

TABELA 4.8: Considerando 6 vizinhos.

<i>Distância (m)</i>	2003	2008
Mínima	2.828	2.828
Máxima	37.202	25.455
Média	5.605	4.178

4.4.3 Resultado

Em 2003, após a correção FDR, aglomerações significativas de alta incidência de malária foram identificadas em áreas próximas aos rios Passeá, Jamiciã e a comunidades indígenas ao nordeste e ao sudeste do município no limite com o estado de

Rondônia (FIGURA 4.21). Ao centro-norte essa aglomeração foi observada próxima a sede municipal.

Como já discutido anteriormente, assim como houve a expansão das áreas de risco à malária de 2003 a 2008, ocorreu também o aumento das áreas com um padrão espacial de aglomeração em 2008. O que indica que relações de vizinhança tem colaborado com a manutenção e a expansão das altas taxas de incidência parasitária de malária nessas regiões identificadas no município de Lábrea.

Em 2008, nas comunidades ao nordeste do município houve um avanço das áreas com aglomeração positiva do risco de malária. Enquanto ao norte ocorreu o surgimento de novas áreas em projetos de assentamento próximos a rodovia BR-230, como os assentamentos Umari e Passeá. Essas regiões são definidas também com alta incidência de malária em 2008. Fatores como alteração ambiental recente com a conversão do ambiente floresta para não floresta, causando desequilíbrios no ambiente natural do mosquito, somado a atividades individuais que expõe o indivíduo ao vetor da malária, podem estar associados ao padrão espacial do risco à malária nessas regiões.

Novas áreas também surgiram nas comunidades ribeirinhas e sítios rurais no entorno dos rios Ituxi e Purus. O que pode estar ocorrendo devido à proximidade e exposição da população ao vetor da doença, dado que é esse o seu habitat natural de procriação. (FIGURA 4.22).

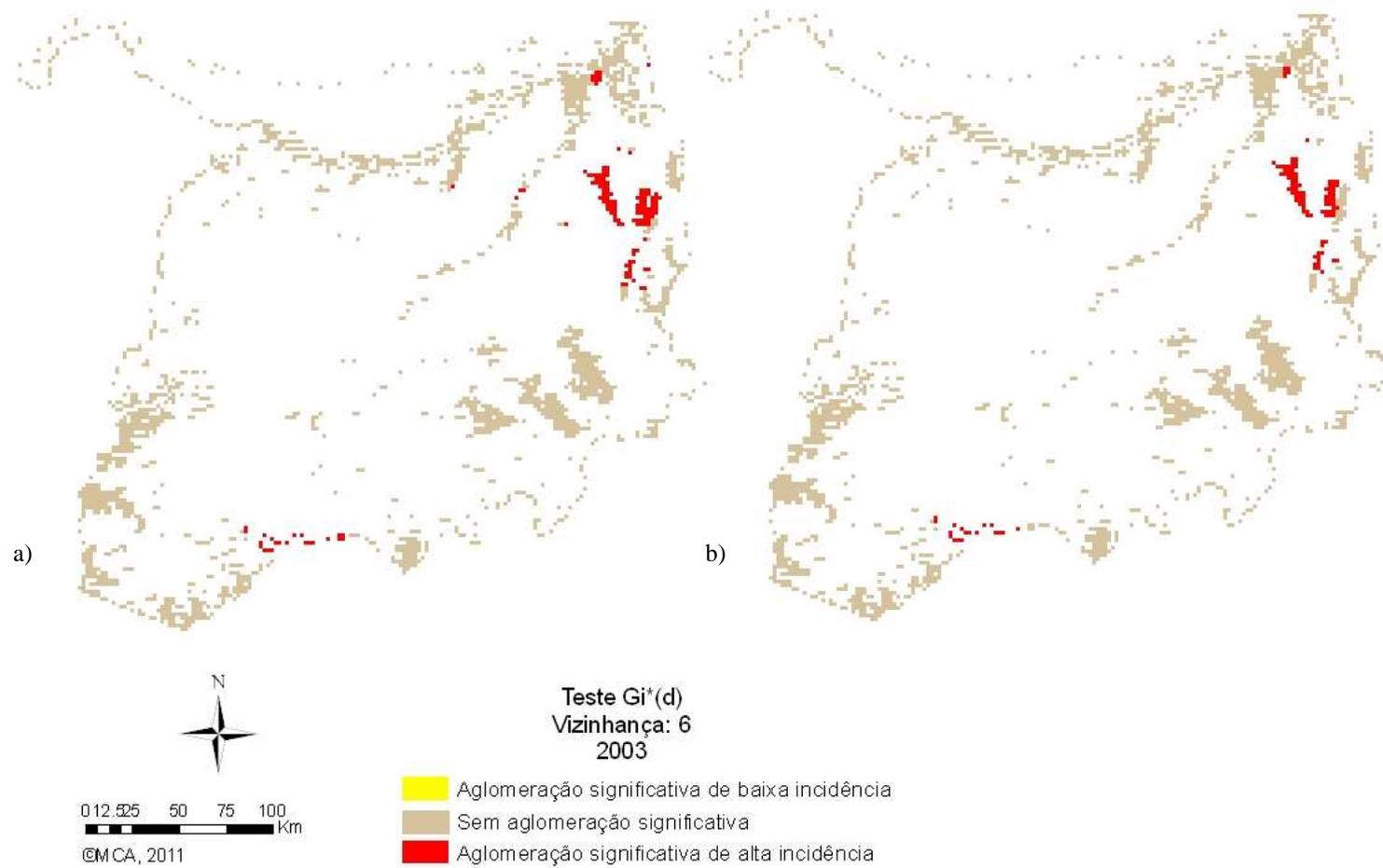


FIGURA 4.21: Resultado da aplicação do teste $G_i^*(d)$ para o ano de 2003. a) Sem correção. b) Após correção das falsas descobertas (FDR).

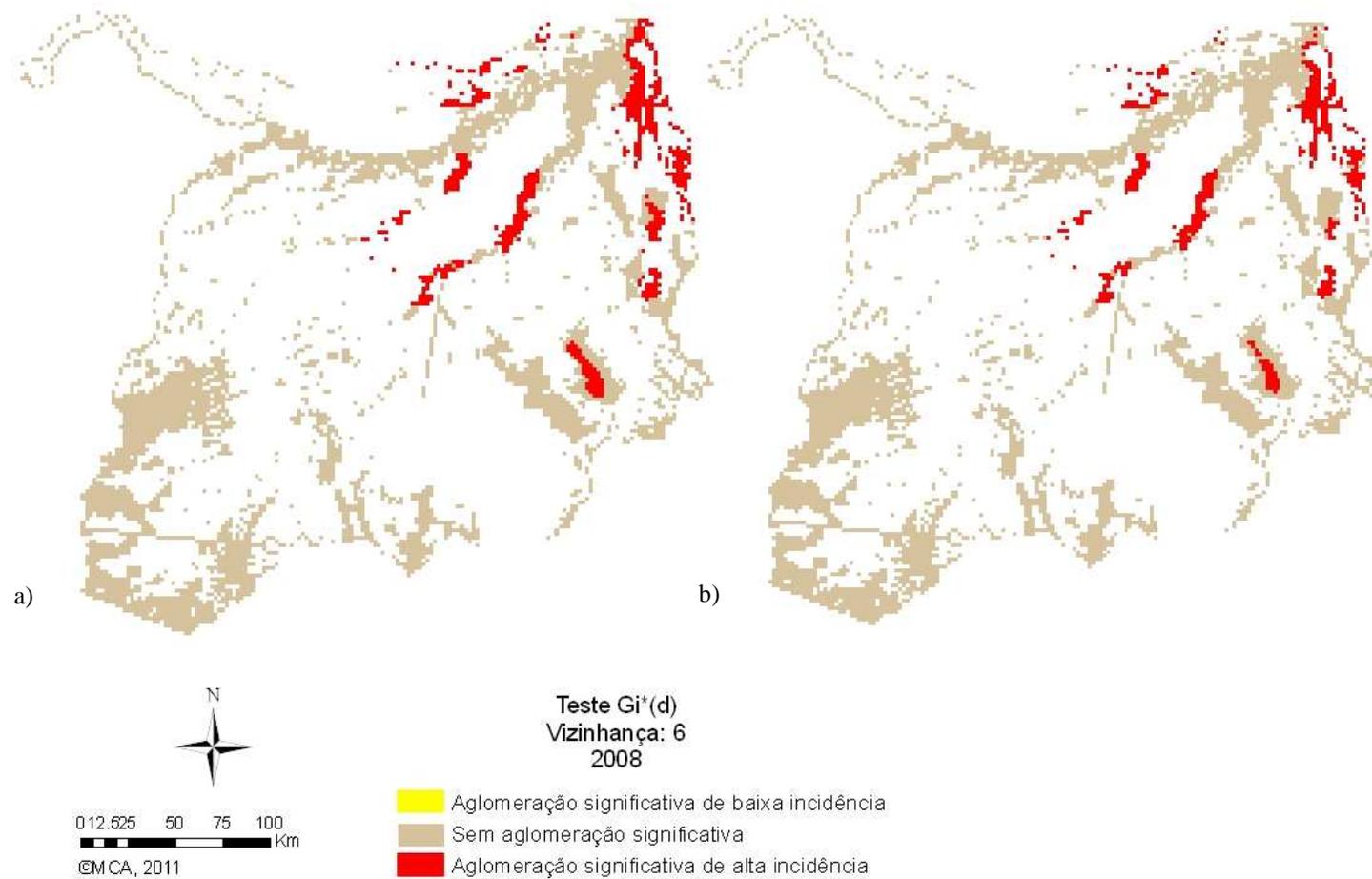


FIGURA 4.22: Resultado da aplicação do teste $G_i^*(d)$ para o ano de 2008.
 a) Sem correção. b) Após correção das falsas descobertas (FDR).

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DE INTERAÇÕES LOCAIS: EXPLORANDO OS CONDICIONANTES SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADOS AO RISCO DE MALÁRIA EM LÁBREA

Partindo da hipótese da caracterização de dois perfis de risco para a malária, um *perfil sociodemográfico* e um *perfil paisagem/ambiental*, um conjunto de variáveis para a caracterização destas duas situações é definido, um processo de seleção destas variáveis é apresentado e uma base de dados com estas variáveis é construída. Para encontrar as associações locais e assim evidências para os fatores socioambientais condicionantes do risco, uma técnica de regressão conhecida como Regressão Geograficamente Ponderada (Geographically Weighted Regression – GWR) é aplicada. Os resultados são apresentados, analisados e sistematizados neste Capítulo.

5.1 Modelo de Análise de Interações Locais

Conhecendo a distribuição espacial do risco potencial de malária e os padrões espaciais que representam aglomerados significativos a próxima pergunta natural é se é possível explorar que fatores socioambientais estão associados ao risco potencial de malária em geral e nos aglomerados espaciais significativos. Para este estudo, optou-se por um modelo de regressão que incorpore os efeitos espaciais locais, conhecido como GWR (FOTHERINGHAM *et al.*, 2002). Nos modelos de regressão global, podem-se esconder variações nas associações entre as variáveis ao longo do território, uma vez que os processos são considerados estacionários (CASTRO; SINGER, 2001). O diagrama metodológico completo para essa fase do estudo exploratório é apresentado na FIGURA 5.1. Nas seções seguintes os procedimentos são detalhados.

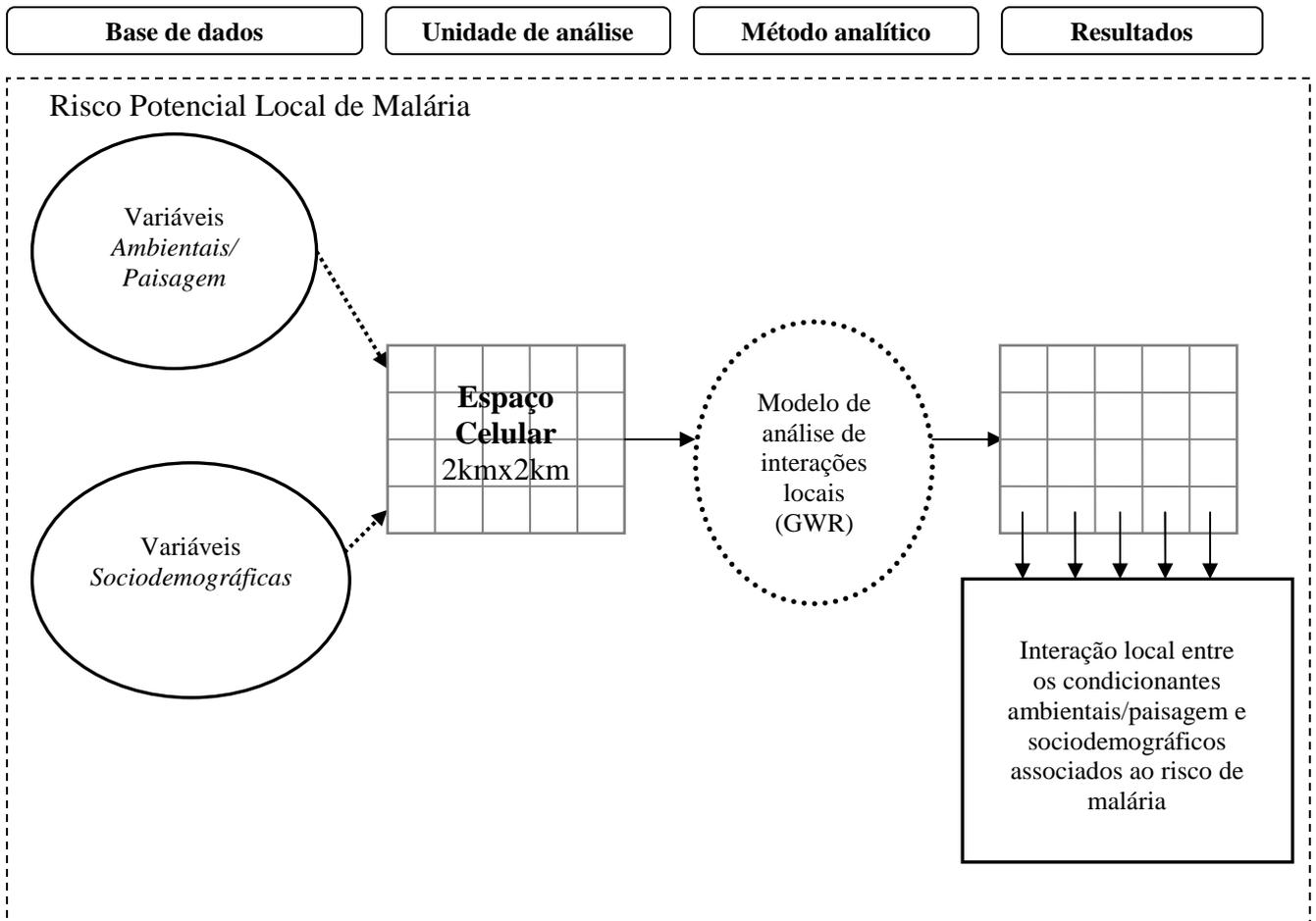


FIGURA 5.1: Diagrama metodológico do modelo de análise de interações.

Para executar a aplicação do modelo de análise de interações e explorar os condicionantes socioambientais associados ao risco de malária é preciso conhecer a distribuição espacial do risco potencial e a base de dados contendo as variáveis socioambientais. O risco já foi construído e apresentado no Capítulo 4. Nesse momento é preciso construir a base de dados contendo as variáveis que caracterizam os perfis de risco *ambiental/paisagem* e o *sociodemográfico*.

5.2 Base de dados das variáveis socioambientais

5.2.1 Base de dados: variáveis *sociodemográficas*

A base de dados das variáveis sociodemográficas está relacionada às características dos moradores, dos responsáveis pelo domicílio e do próprio domicílio, o que pode implicar em diferentes graus e situações de exposição ao vetor (BARBIERI; SAWYER, 2007; CASTRO; SINGER, 2007; SAWYER; MONTE-MÓR, 1992; SMITH *et al.*, 1995;

TANNER; VLASSOF, 1998) Segundo revisão da literatura as situações de exposição ao vetor tem se destacado no ambiente extradomiciliar devido às atividades individuais que forçam os indivíduos a circularem em ambientes de risco de malária. (ASSIS *et al.*, 2007; ATANAKA-SANTOS *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2009 ; SAWYER ; MONTE-MÓR, 1992).

A FIGURA 5.2 apresenta as etapas metodológicas necessárias para a construção das variáveis *sociodemográficas* de interesse ajustadas para as células de $[2 \times 2] \text{Km}^2$.

As seções seguintes detalham este desenvolvimento.

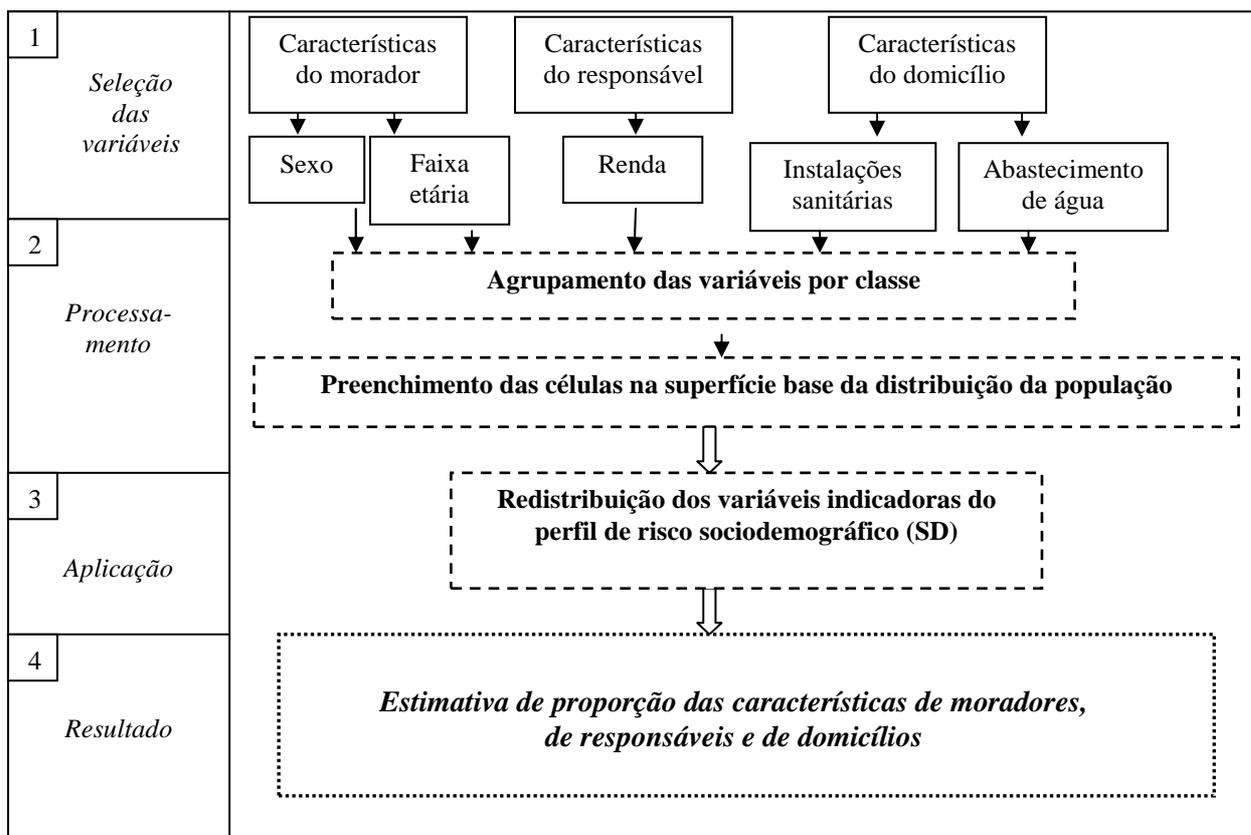


FIGURA 5.2: Etapas metodológicas para obtenção das variáveis do perfil *sociodemográfico*.

5.2.1.1 Seleção das Variáveis

5.2.1.1.1 Características do morador e do responsável

No município de Lábrea, o sexo masculino é prioritariamente atingido pela doença, entre 2003 e 2008 em média 64% da ocorrência de malária foi em homens. Segundo entrevista em campo, as principais atividades são desenvolvidas pelos homens, na região é muito comum a mulher permanecer em casa no cuidado do lar e dos filhos. A maioria desses casos acontece durante atividades relacionadas à pesca, à caça, no

cultivo da terra ou no caminho da casa ao ambiente das atividades; na ida ao amanhecer ou na volta para casa ao entardecer, horários com a maior atividade de picada do mosquito vetor da doença. O que leva os homens a circularem mais devido às necessidades da família, ficando mais expostos ao vetor da malária durante essas atividades.

Outro indicador relevante de transmissão extradomiciliar é a faixa etária da ocorrência da doença, a população entre 20 e 29 anos. Na região essa faixa etária é a mais atingida com a malária e é considerada a principal parcela de trabalhadores (ASSIS *et al.*, 2007). O rendimento do responsável também pode indicar exposição ao vetor da doença. Partindo-se da hipótese de que o rendimento é o pagamento e/ou comercialização dos seus serviços. Uma vez que as principais atividades dos trabalhadores executadas na região estão relacionadas à ambientes de risco a malária, a renda pode ser considerada um indicador desse risco. Assim, o sexo e a faixa etária dos moradores e o rendimento do responsável podem ser considerados indicadores de exposição humana ao vetor da malária. Relacionado à circulação humana devido à necessidade de execução de atividades individuais, sendo elas para subsistência ou fonte de renda.

5.2.1.1.2 Características do domicílio

Outro fator que pode indicar circulação humana em Lábrea são as condições do domicílio. Partindo-se da hipótese de que a falta de instalações sanitárias e do abastecimento de água forçam o indivíduo a procurarem locais para fornecimento dessas necessidades básicas. No caso das instalações sanitárias, segundo observação de campo, a população prepara um local fora de suas casas, próximos a rios e igarapés para realizar as necessidades fisiológicas e posteriormente poderem se lavar. Para o abastecimento de água, a população se estabelece próximos à fonte de água ou promovem incursões na mata em busca de água para realizar algumas atividades, como lavar roupas e utensílios domésticos (FIGURA 5.3). Ou seja, a falta desses serviços no domicílio pode indicar exposição ao habitat e criadouros do vetor da malária.



FIGURA 5.3: Detalhe para a moradora de uma comunidade rural lavando roupas na beira do rio Passeá.

Na tabela 5.1 é apresentado um sumário das variáveis indicadoras do perfil *sociodemográfico*.

TABELA 5.1: Seleção das variáveis indicadoras do perfil de risco *sociodemográfico*.

<i>Variável</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fonte</i>
<p><i>Características dos Moradores</i></p> <p>Sexo</p> <p>Faixa etária</p>	<p><i>Exposição humana ao criadouro e habitat do vetor da malária</i></p>	<p>Censo demográfico e Contagem Populacional.</p> <p>IBGE (2000, 2007)</p>
<p><i>Características do Responsável</i></p> <p>Renda</p>		
<p><i>Características do Domicílio</i></p> <p>Instalações sanitárias</p> <p>Abastecimento de água</p>		

5.2.1.2 Processamento

As variáveis indicadoras foram obtidas do Censo Demográfico de 2000 e da Contagem Populacional de 2007. Essas variáveis originalmente são estratificadas segundo faixas definidas pelo IBGE. Para o interesse desse estudo, agruparam-se os dados em faixas pré-determinadas, segundo TABELA 5.2.

TABELA 5.2: Definição das classes das variáveis indicadoras.

<i>Variável</i>	<i>Classes</i>
<i>Sexo</i>	Masculino
<i>Faixa etária</i>	Idade adulta
<i>Renda</i>	Com Renda
<i>Instalações Sanitárias</i>	Sem instalações
<i>Abastecimento de água</i>	Sem abastecimento

As variáveis agrupadas em classes foram preenchidas na superfície base de distribuição da população. O operador de síntese utilizado foi o valor máximo. Cada célula tem a mesma proporção originária do setor censitário que a contém. Para aplicar a redistribuição desses valores de proporção, para cada célula é observado a estimativa do potencial de ocorrência de população naquela célula.

5.2.1.3 Aplicação

Para cada célula já se conhece a superfície potencial de população. Desta forma é possível aplicar a mesma equação da metodologia de distribuição da população, que para este caso visa à redistribuição das variáveis indicadoras do perfil de *risco sociodemográfico (SD)* (EQUAÇÃO 5.1).

$$SD_{cel} = SD_{cs} * \left(\frac{F_{cel i}}{\sum_{i=0}^j F_{cel (ij)}} \right) \quad (5.1)$$

Onde SD_{cel} é a proporção de moradores, responsáveis ou de domicílios, de acordo com a variável e a classe, em cada célula; SD_{cs} é a proporção de responsáveis dado um atributo por setor censitário, F_{cel} é o valor *Fuzzy* de possibilidade de ocorrência de população para a célula ponderada pela somatória dos valores *Fuzzy* obtidos para o setor censitário.

5.2.1.4 Resultado

Ao final do processo, para cada célula há uma estimativa do perfil sociodemográfico de acordo com a proporção por: faixa etária (*IdadeAdulta*), sexo (*Masculino*), renda (*ComRenda*), sem instalações sanitárias (*SemInsSan*) e sem abastecimento de água (*SemAbasAgua*).

5.2.2 Base de dados: variáveis ambientais/paisagem

A base de dados contendo as variáveis *ambientais/paisagem* está ligada à exposição humana no ambiente do vetor da malária em duas fases do ciclo de vida do mosquito: larvária e adulta. O ambiente na fase larvária é caracterizado pela presença de habitat aquático favorável para procriação. A presença de corpos d'água e regiões do terreno com possibilidade de ter acúmulo de água no solo são indicadores ambientais importantes, definindo ambientes potenciais propícios para o vetor da malária se procriar durante a fase larvária. E na fase adulta é encontrado no ambiente de floresta e nas áreas de recente conversão de floresta para não floresta, devido principalmente as alterações de cobertura que atuam e influenciam no ambiente do mosquito.

Para identificar esses ambientes, metodologias utilizando imagens de sensores remotos orbitais podem ser utilizadas e a aplicação de técnicas de processamento digital de imagens tem-se mostrado uma efetiva ferramenta para construção de variáveis ambientais de interesse em estudos de endemias (VASCONCELOS *et al.*, 2006; CORREIA *et al.*, 2004; 2007).

Ainda que estas metodologias apresentem relevantes contribuições para a determinação do ambiente propício a procriação do vetor da doença, elas apresentam limitações. A forma de aquisição das imagens é determinante, uma vez que, para sistemas ópticos, é mais possível obtê-las no período de chuvas ou em períodos com muita cobertura de nuvens. As características do sensor utilizado possuem outra limitação, pois não se

adquire informação do terreno sob as copas das árvores. Portanto, é muito comum se obter informação apenas de rios principais, por serem permanentes, e se apresentarem visíveis na época da seca, e largos o suficiente, para que não sejam encobertos pela vegetação, sendo assim alvos passíveis de serem identificados nas imagens ópticas. Uma solução é a tecnologia dos sistemas radares, que opera na faixa das microondas do espectro eletromagnético, com a capacidade do sistema imageador penetrar nuvens e precipitações, além de ser independente do Sol como fonte de iluminação, o que permite a aquisição de dados a qualquer hora do dia ou da noite (JENSEN, 2005). As informações captadas pelo radar apresentam um caráter complementar às informações provenientes da região do visível e do infravermelho (ULABY *et al.* 1981).

Para este trabalho, para a determinação de ambientes propícios a procriação do vetor anofelino, foi utilizada a aplicação da metodologia HAND (Height Above the Nearest Drainage) baseado nos dados da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM) (RENNÓ *et al.*, 2008), pois com ela pode-se compartimentar o terreno em ambientes relacionados a situação das redes de drenagem assim definir zonas de potencial possibilidade para a existência de criadouros de larvas. A identificação do ambiente de floresta e as áreas de recente conversão para não floresta para caracterização de ambientes potenciais de exposição ao mosquito na sua fase adulta pode ser obtida através das bases do PRODES, o programa de monitoramento da floresta Amazônica Brasileira por satélite desenvolvido pelo INPE (TABELA 5.3).

Na FIGURA 5.4 é apresentado o esquema geral de construção da base de dados ambientais/paisagem. E nas seções seguintes os procedimentos para geração das variáveis na base celular são desenvolvidos.

TABELA 5.3: Seleção das variáveis indicadoras do perfil de risco *ambiental/paisagem*.

<i>Variável</i>	<i>Indicador</i>	<i>Fonte</i>
<p>Compartimentação do terreno em ambientes</p> <p>Água; Várzea e, Zona de transição.</p>	<p><i>Exposição humana ao vetor da malária na fase larvária</i></p>	HAND, 2000
<p>Cobertura do solo</p> <p>Floresta e, Desmatamento</p>	<p><i>Exposição humana ao vetor da malária na fase adulta</i></p>	PRODES, 2003 e 2008

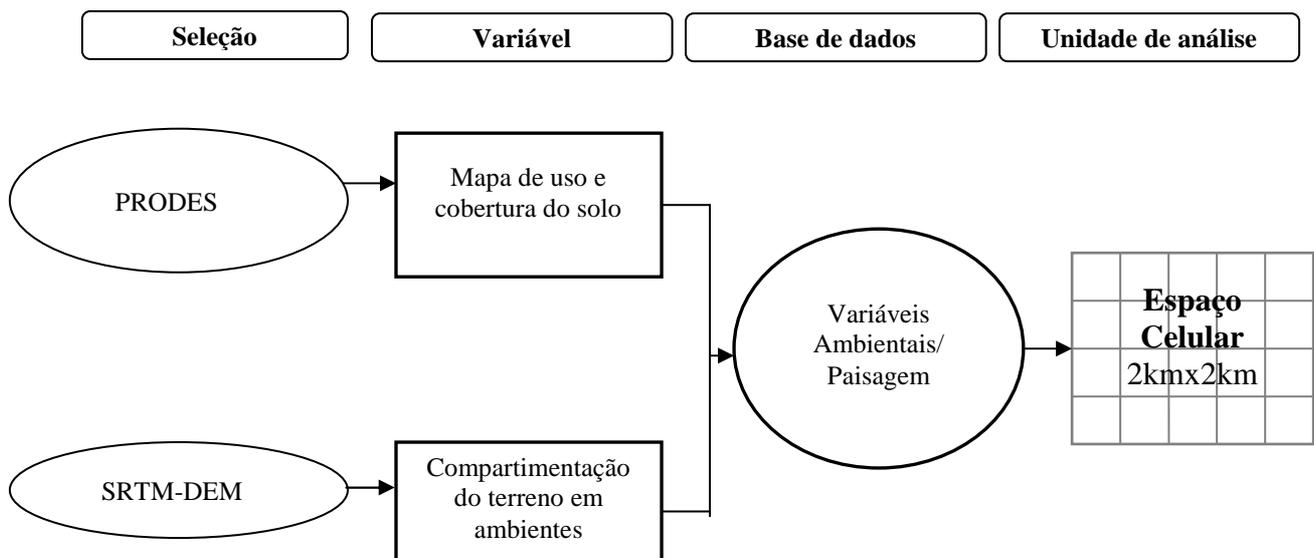


FIGURA 5.4: Construção das variáveis *ambientais/paisagem*.

5.2.2.1 Mapa de Cobertura do Solo: PRODES

O mapa de cobertura do solo utilizado neste contexto para o município de Lábrea é o produto gerado pelo projeto PRODES (maiores informações sobre a metodologia pode ser encontrada em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf> e http://www.obt.inpe.br/deter/metodologia_v2.pdf). O mapa de cobertura do solo para o

PRODES é definido em 6 classes: desmatamento, resíduo, não floresta, floresta, hidrografia e nuvem (MOTTA *et al.*, 2004).

A partir do dado original as classes foram reclassificadas em 3 classes: desmatamento, hidrografia e floresta. O desmatamento total, resíduos observados até 2008 e a classe não floresta foram reclassificadas como desmatamento. A decisão de agregar não floresta e desmatamento total na classe de desmatamento foi tomada baseada na observação integrada entre a região identificada como não floresta e os setores censitários de 2000 e 2007. No ano de 2007 houve quebra de setor na região, o que indica que houve incremento populacional. Como esse dado foi utilizado para gerar as superfícies bases potenciais de população em 2003 e 2008 julgou-se importante observar essa região. Uma possibilidade seria trabalhar com duas classes distintas, uma de desmatamento e outra de não floresta. No método das interações locais que será descrita no item 5.3.3 essa decisão implica em observar cuidadosamente os resultados da variável ambiental desmatamento+não floresta. Pois há regiões onde o dado reflete apenas a área de não floresta.

A classe nuvem foi reclassificada para classe floresta a partir de inspeção da série temporal. As demais: floresta e hidrografia permaneceram. O operador de síntese escolhido para o preenchimento das células foi a porcentagem de cada classe em cada célula de $[2 \times 2] \text{km}^2$ (FIGURA 5.5). Esse procedimento foi adotado para a criação do mapa de cobertura do solo de 2003 e 2008.

Para a identificação dessas áreas de contato entre o homem e o vetor da malária na fase adulta pode ser interessante levar em consideração as áreas de contato, ou seja, as margens do ambiente floresta com a cobertura da terra alterada pelo uso do homem.

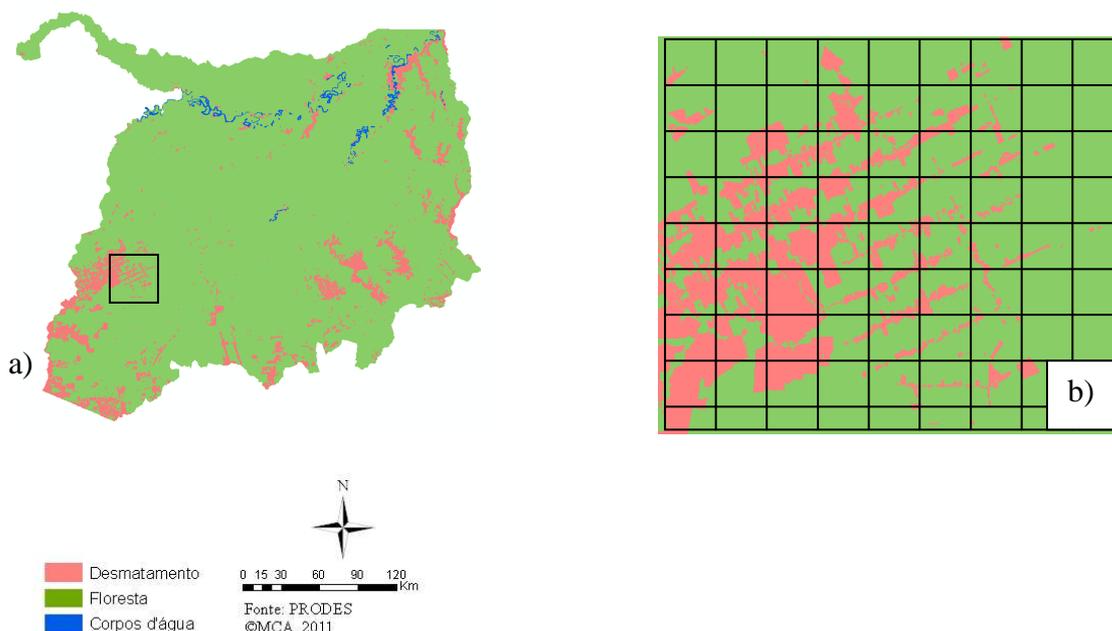


FIGURA 5.5: a) Mapa de cobertura do solo para o ano de 2008.
b) Detalhe do mapa de cobertura do solo no espaço celular.

5.2.2.2 Compartimentação do Terreno em Ambientes a partir da Rede de Drenagem: Metodologia *HAND*

O *HAND* (*Height Above the Nearest Drainage* ou distância vertical à drenagem mais próxima) (RENNÓ *et al.*, 2008) é uma metodologia baseada nos dados da Missão Topográfica *Radar Shuttle* (SRTM) através do modelo digital de elevação do terreno (MDE), construído a partir da aquisição de informação de imagens de radar SAR na banda C, para extrair informações hidrológicas de uma área. Essa informação é obtida através da diferença estimada da altura relativa de cada pixel da imagem e a rede de drenagem mais próxima associada a um curso d'água, agrupando os pixels similares em zonas equiprováveis. Resulta na compartimentação do terreno em ambientes com propriedades hidrológicas similares e a geração de mapas com significado ecológico e geomorfológico. O interesse nesta etapa de construção da base de dados das variáveis *ambientais/paisagem* é identificar os ambientes que apresentam condições para o acúmulo de água, indicando a possibilidade de um ambiente potencial propício à procriação do vetor da malária em cada célula. A utilização dessa metodologia traz uma inovação metodológica para caracterização e identificação do ambiente do *Anopheles darlingi* na sua fase larvária, pois se considera que essas áreas de várzea são criadouros do vetor. Para alcançar a compartimentação com o uso do *HAND* é necessária a execução das etapas descritas a seguir (FIGURA 5.6). As etapas foram baseadas na

metodologia de RENNÓ *et al.* (2008) e maiores detalhes sobre as etapas de processamento e aplicação estão disponíveis no APÊNDICE C.

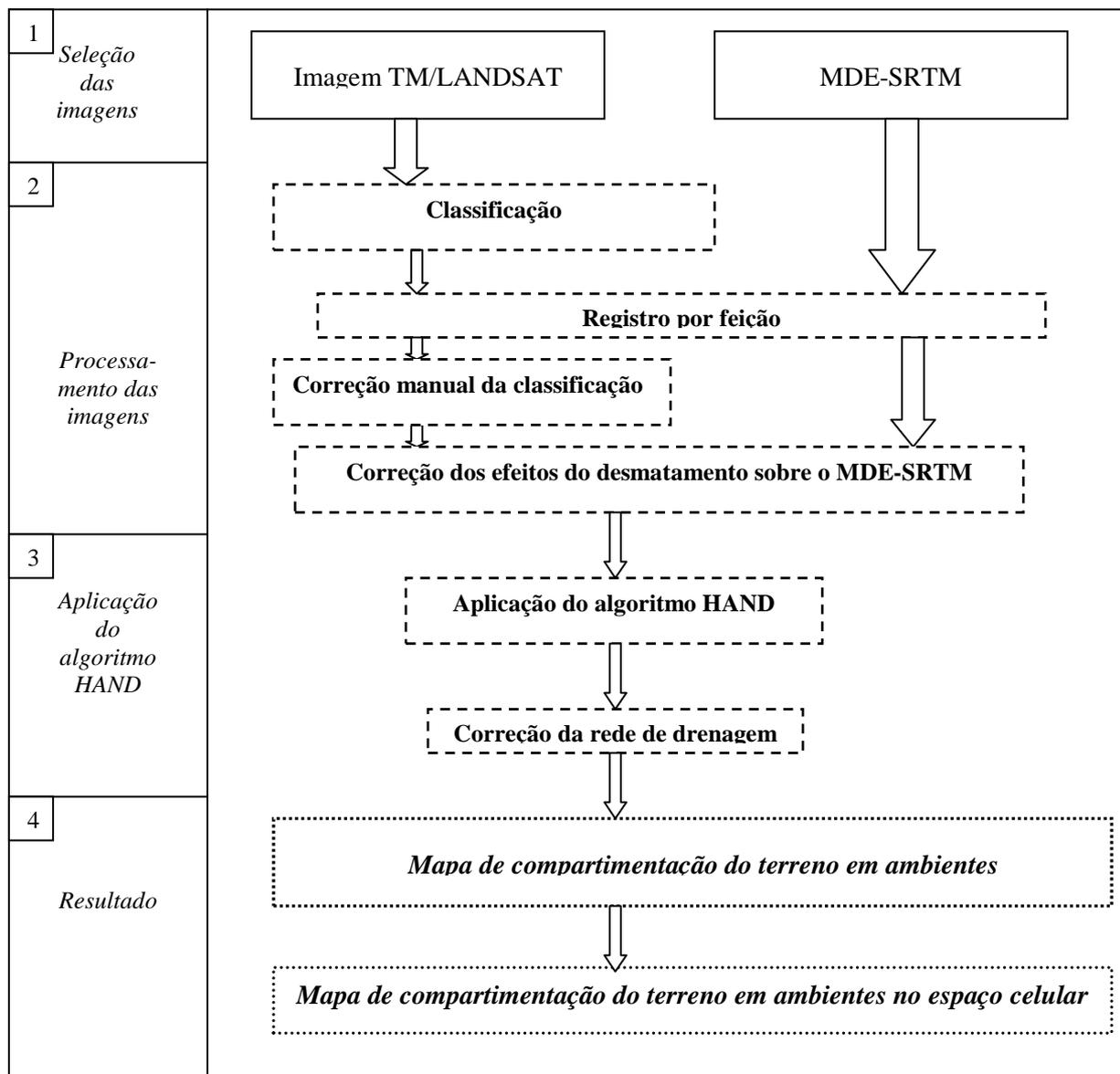


FIGURA 5.6: Etapas metodológicas para compartimentação do terreno em ambientes.

5.2.2.2.1 Seleção das imagens

Os dados do SRTM tornaram-se disponíveis a partir de fevereiro de 2000, derivado de um projeto internacional liderado pela Agência Nacional de Inteligência Geoespacial (NGA) e pela Administração Nacional do Espaço e da Aeronáutica (NASA) (para maiores informações e disponibilidade dos dados: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>).

O MDE-SRTM tem resolução horizontal de 3", cerca de 90m próximo ao equador e resolução vertical de 1 metro. Para o resultado da compartimentação em ambientes mais

coerente com a realidade do terreno, na primeira etapa é necessário corrigir os efeitos do desmatamento sobre o MDE-SRTM. Para isso na etapa de processamento dos dados é necessária a seleção de imagens TM/LANDSAT localizadas ao sul do município, onde é possível observar intensa alteração da cobertura vegetal na imagem TM (FIGURA 5.7) e os desmatamentos podem ser identificados como depressões (áreas mais escuras) no MDE (FIGURA 5.8).



FIGURA 5.7: Porção da cena 001/66 (original) do ano de 1999 – em magenta feição de desmatamento detectado pelo satélite TM/LANDSAT ao sul do município de Lábrea.

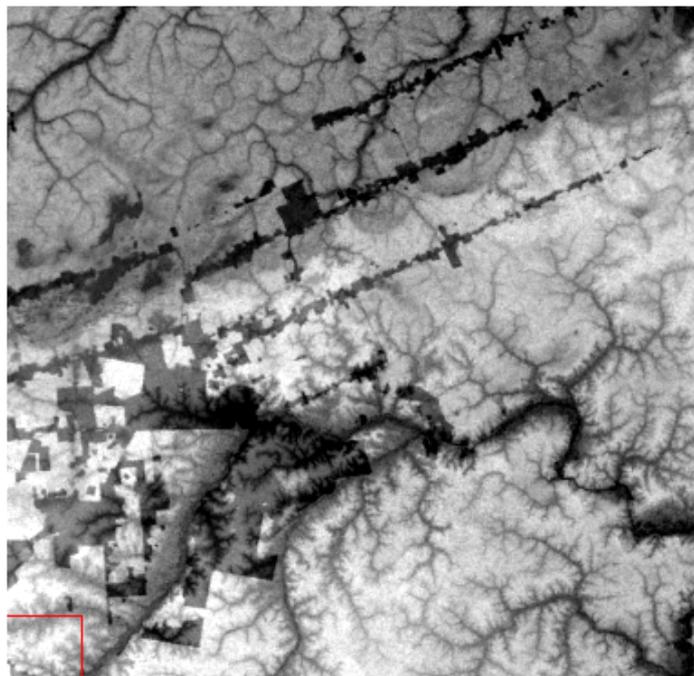


FIGURA 5.8: Efeito do desmatamento sobre o MDE-SRTM.

As imagens TM selecionadas (cena órbita/ponto): 001/66, 001/67 e 233/67 do ano de 1999 foram obtidas do catálogo de imagens da Divisão de Geração de Imagens (DGI) do INPE. Devido ao efeito do desmatamento sobre a imagem MDE-SRTM é necessário aplicar uma correção. Os detalhes do processamento e da correção desse problema estão disponíveis no ANEXO C.

5.2.2.2 Resultado

Baseado nos trabalhos de RENNÓ *et al.*, (2008) e na avaliação empírica da área de estudo, a compartimentação do terreno apresenta 5 ambientes heterogêneos de acordo com suas propriedades hidrológicas, sendo eles: corpos d'água, várzea, zonas de transição, vertente e platô (FIGURA 5.9).

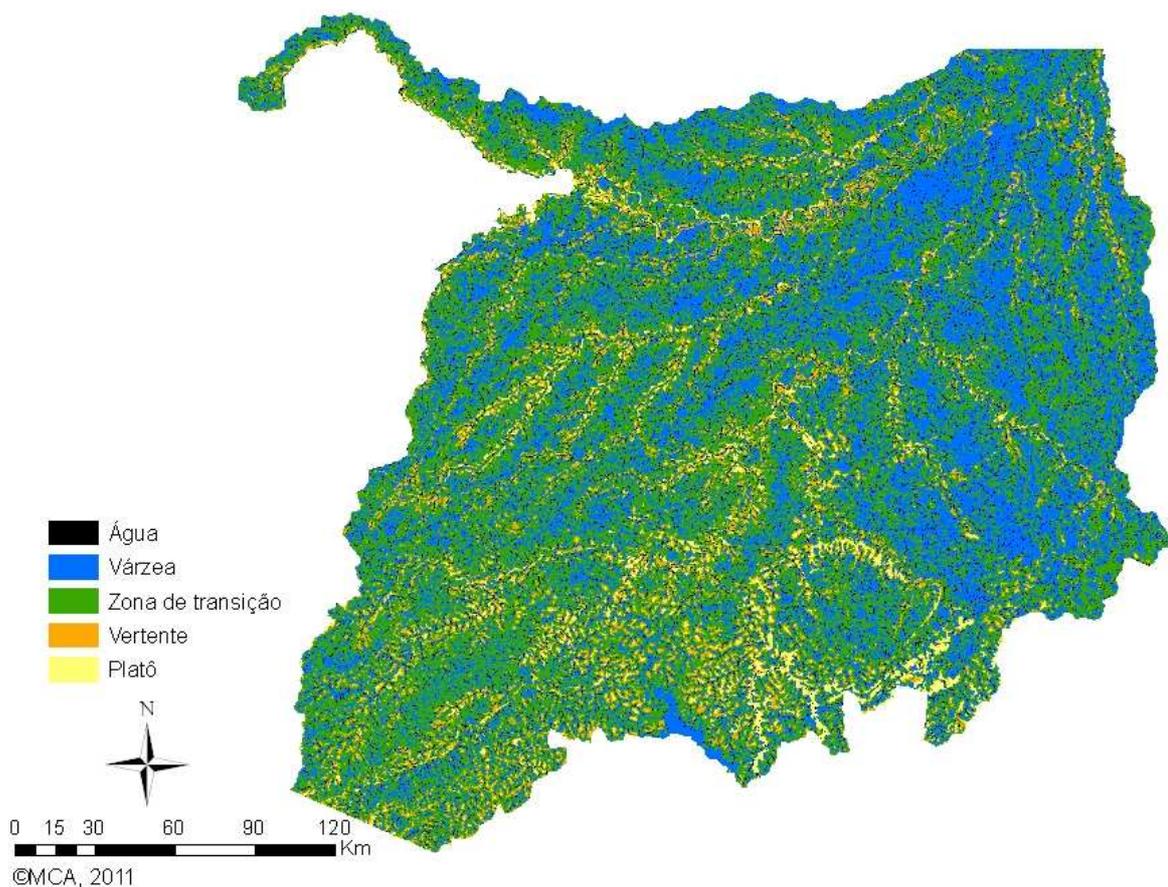


FIGURA 5.9: Compartimentação do terreno em ambientes a partir do HAND.

O principal alvo de interesse nessa etapa do trabalho é a identificação da área de várzea, considerada passível de inundação. O que pode propiciar um ambiente ideal para a procriação do vetor da malária, através da formação de coleções de águas límpidas e paradas, habitat ideal para a larva do mosquito se procriar. Convém destacar que os corpos d'água têm a mesma característica para o ambiente do mosquito, porém as águas tendem a ser mais movimentadas pela ação da correnteza e a utilização dos rios pela população como meio principal de locomoção, através dos barcos de alto calado.

O ambiente denominado zona de transição é uma região úmida com lençol freático próximo a superfície, mas não necessariamente encharcada e que apesar de ser possível, dificilmente apresenta acúmulo de água. O ambiente de vertente é caracterizado por áreas íngremes e de transição entre os terrenos altos e as zonas de transição. As áreas de terrenos altos possuem lençol freático profundo e solos predominantemente secos.

Para análise no modelo de interações da variável ambiental de compartimentação da paisagem em ambientes é necessário inserir no banco de dados celular do município de Lábrea. Para isso o operador de síntese escolhido para o preenchimento das células foi a

porcentagem de cada classe em cada célula de [2x2]km, a fim de obter a descrição do terreno em ambientes em cada célula.

Para a identificação dessas áreas de contato entre o homem e o vetor da malária na fase larvária pode ser interessante também considerar os ambientes aquáticos dotados de certo sombreamento e condições de salinidade da água. O que pode aproximar ainda mais da realidade do criadouro do mosquito.

5.3 Método das Interações Locais: GWR

Nesse momento, em posse da distribuição espacial do risco potencial de malária e da base de dados é possível iniciar a abordagem metodológica do modelo de análise de interações locais (FIGURA 5.10).

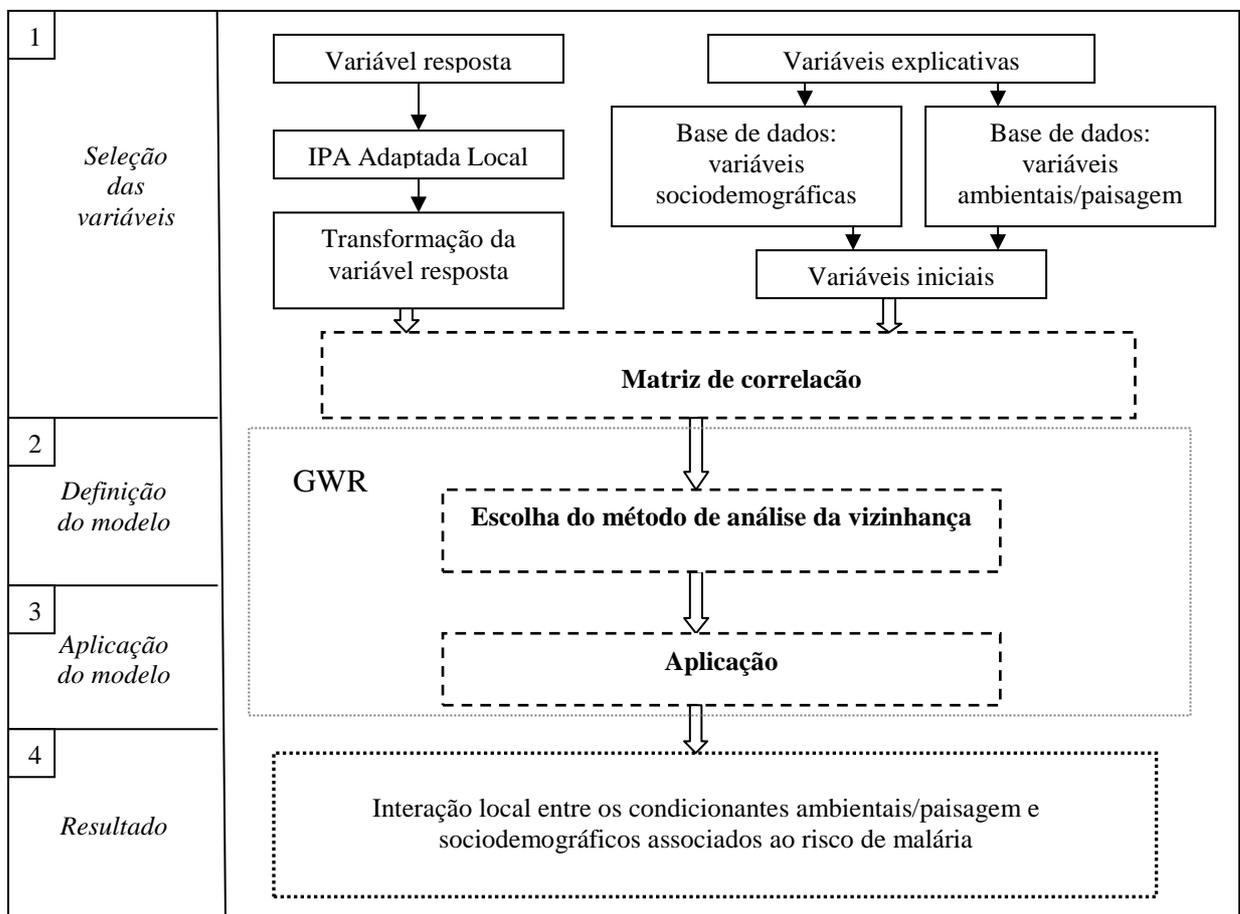


FIGURA 5.10: Etapas metodológicas do modelo de análise de interações – GWR.

5.3.1 Seleção das variáveis

Uma importante decisão em um modelo de regressão é escolher as variáveis que serão utilizadas. A base de dados já foi definida e construída anteriormente, porém para

tornarem-se compatíveis ao modelo precisam ser estudadas e observar se faz sentido estatisticamente todas entrarem na análise.

A primeira ação foi transformar as variáveis respostas: *IPA-Local* dos anos de 2003 e 2008, diante disso aplicou-se uma transformação logarítmica para essas variáveis, a fim de aumentar a linearidade entre elas (SMITH *et al.*, 2006).

Com a análise do resultado da matriz de correlação eliminou-se 3 variáveis da base de dados inicial, são elas: *Floresta*, *IdadeAdulta* e *SemAbasAgua*. A variável *Floresta* estava altamente correlacionada com *Desmatamento*. Optou-se por manter a variável *Desmatamento*.

Entre as variáveis altamente correlacionadas: *IdadeAdulta* e *Masculino*, julgou-se que a atividade individual relacionada ao sexo apresenta maior relação com a dinâmica da doença. Em análise anterior observou-se que os casos ocorrem prioritariamente em homens.

A variável *SemAbasAgua* estava altamente correlacionada com a variável *SemInsSan*. A primeira possui comportamento homogêneo no espaço, a grande maioria dos domicílios não possui abastecimento de água (cerca de 92% da área), forçando a população a procurar água para atender as suas necessidades básicas. Com isso expondo todos da mesma forma.

Ao final dessas escolhas as variáveis finais selecionadas estão expostas na TABELA 5.4.

TABELA 5.4: Variáveis finais para análise do modelo de interações locais.

<i>Variável Resposta</i>	<i>Variáveis Explicativas</i>
Log IPA Adaptada 2003 (<i>IPADAP03</i>) Log IPA Adaptada 2008 (<i>IPADAP08</i>)	<p>Base de dados Sociodemográfica:</p> <p>Sexo Masculino (<i>Masculino</i>) Com Rendimento (<i>ComRenda</i>) Sem Instalação Sanitária (<i>SemInsSan</i>)</p> <hr/> <p>Base de dados Ambientais/Paisagem:</p> <p>Água (<i>Agua</i>) Várzea (<i>Varzea</i>) Zona de transição (<i>ZonTran</i>) Desmatamento (<i>Desmatamento</i>)</p>

5.3.2 Definição do modelo

Nessa etapa de definição do modelo GWR é essencial a escolha do método de análise de vizinhança que será utilizado para conhecer os parâmetros locais dos coeficientes de regressão. O método de análise escolhido foi a função de ponderação bi-quadrada utilizada para o procedimento do *kernel* adaptativo, que leva em consideração a densidade da distribuição espacial dos dados na área de estudo. O uso de um método adaptativo é justificado devido a característica esparsa das observações ao longo da área de estudo (FIGURA 5.11). A justificativa dessa escolha foi baseada em Castro e Singer (2001) e Fotheringham *et al.* (2002) e maiores detalhes podem ser encontrados no APÊNDICE D.

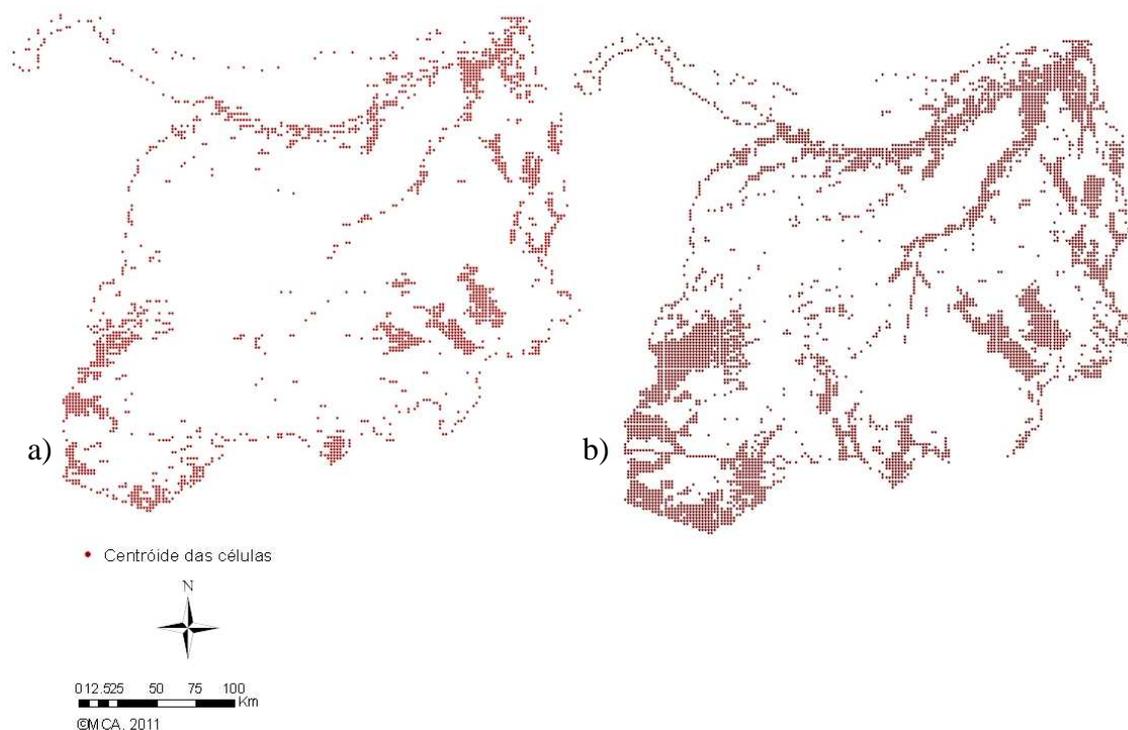


FIGURA 5.11: Distribuição espacial do centróide das células da área de estudo. a) Superfície para o modelo de 2003. b) Superfície para o modelo de 2008.

Após a seleção das variáveis e a definição do método de análise da vizinhança, aplica-se o modelo GWR. Empregou-se dois modelos para os dois anos de estudo (2003 e 2008). O do ano de 2003 teve como variável resposta o IPA-Local de 2003 (IPADAP03) e as variáveis explicativas foram: proporção do sexo masculino (*Masculino03*), proporção de responsáveis com renda (*ComRenda*), proporção de domicílios sem instalação sanitária (*SemInsSan*), terrenos com presença de corpos d'água (*Agua*), terrenos de várzea

(*Várzea*), zonas de transição (*ZonTran*) e desmatamento acumulado até 2003 (*Desmatamento03*) (EQUAÇÃO 5.1).

O modelo de 2008 teve como variável resposta o IPA-Local de 2008 e as variáveis explicativas foram: proporção do sexo masculino (*Masculino08*), proporção de responsáveis com renda (*ComRenda*), proporção de domicílios sem instalação sanitária (*SemInsSan*), terrenos com presença de corpos d'água (*Agua*), terrenos de várzea (*Várzea*), zonas de transição (*ZonTran*) e desmatamento acumulado até 2008 (*Desmatamento08*) (EQUAÇÃO 5.2).

$$IPADAP03 = \beta_0 + \beta_1 Masculino03_i + \beta_2 ComRnda_i + \beta_3 SemInsSan_i + \beta_4 Agua_i + \beta_5 Varzea_i + \beta_6 ZonTran_i + \beta_7 Desmatamento03_i + \varepsilon_i \quad (5.1)$$

$$IPADAP08 = \beta_0 + \beta_1 Masculino08_i + \beta_2 ComRnda_i + \beta_3 SemInsSan_i + \beta_4 Agua_i + \beta_5 Varzea_i + \beta_6 ZonTran_i + \beta_7 Desmatamento08_i + \varepsilon_i \quad (5.2)$$

Onde,

i = Célula

β 's = Coeficientes estimados para cada célula

ε = Termo de erro aleatório com média zero e variância constante

Baseado nos trabalhos de Castro e Singer (2001) e Fotheringham *et al.* (2002) as informações sobre os mecanismos e aplicação do modelo estão disponíveis no ANEXO D.

5.3.3 Resultados

A FIGURA 5.12 apresenta o intercepto do modelo GWR em 2003 e a FIGURA 5.13 apresenta o intercepto do modelo em 2008. Os mapas ilustram o padrão da incidência da malária quando a variação espacial das variáveis explicativas é retirada do modelo, ou seja, equivalem à zero. Se todas as covariáveis explicassem a incidência da malária, o valor do intercepto seria zero. Ao analisar as figuras, percebe-se que há valores positivos e negativos do intercepto. Ou seja, as covariáveis incluídas nos modelos não

capturam toda a variação espacial dos condicionantes socioambientais associados à malária.

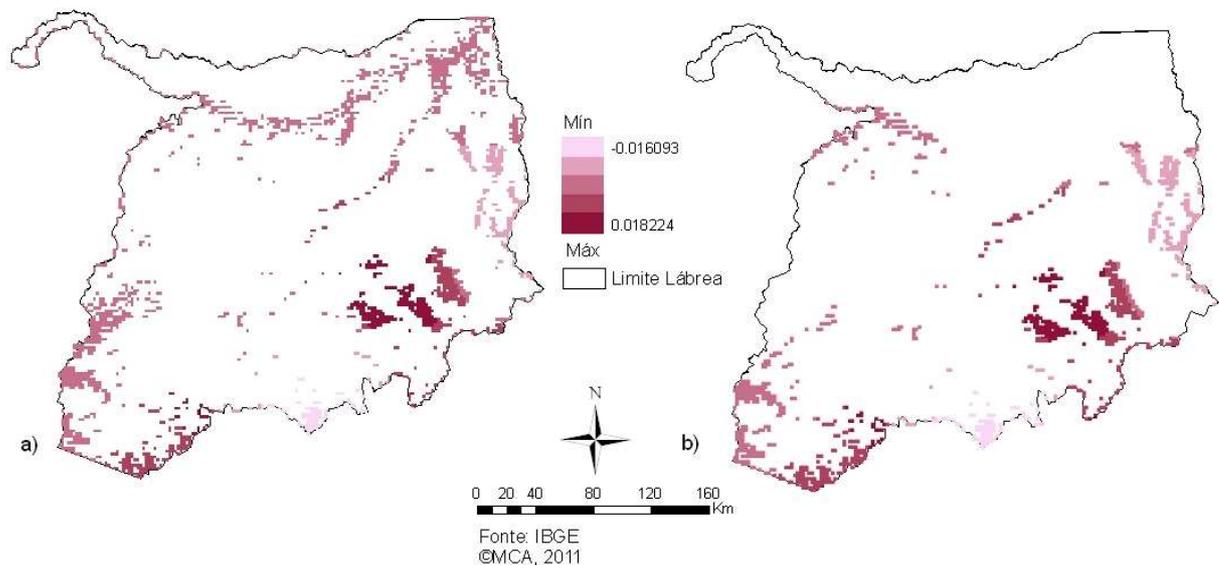


FIGURA 5.12: a) Distribuição espacial do intercepto do modelo de 2003. b) Distribuição do intercepto apenas nas células significativas a partir do teste a 99% de confiança.

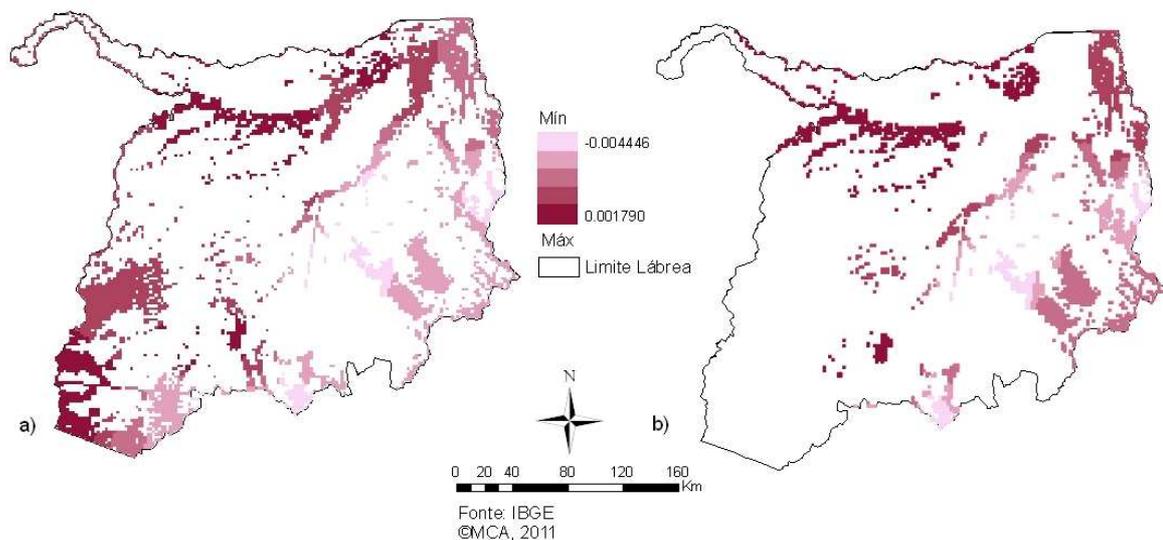


FIGURA 5.13: a) Distribuição espacial do intercepto do modelo de 2008. b) Distribuição do intercepto apenas nas células significativas a partir do teste a 99% de confiança.

Após a análise do intercepto, iniciou-se a análise da variabilidade local dos coeficientes dos modelos GWR de 2003 e 2008.

A distribuição espacial dos coeficientes sociais e ambientais associados ao risco de malária em Lábrea nos anos de 2003 e 2008 está apresentada nas FIGURAS 5.14, 5.15, 5.16 e 5.17.

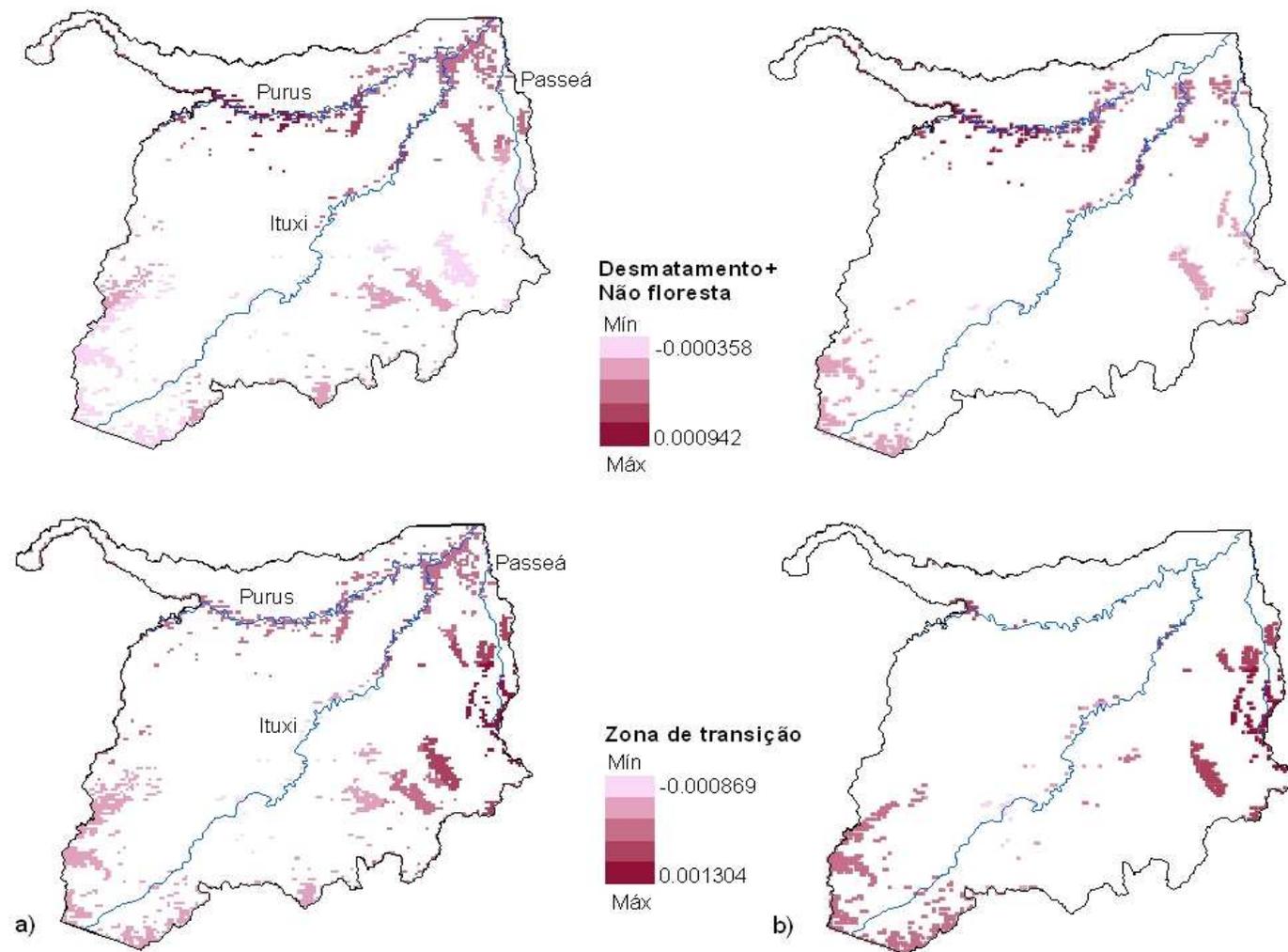


FIGURA 5.14 a) Distribuição espacial dos coeficientes ambientais no ano de 2003. b) Distribuição espacial dos coeficientes apenas nas células significativas a partir do teste t a 99% de confiança (continua)

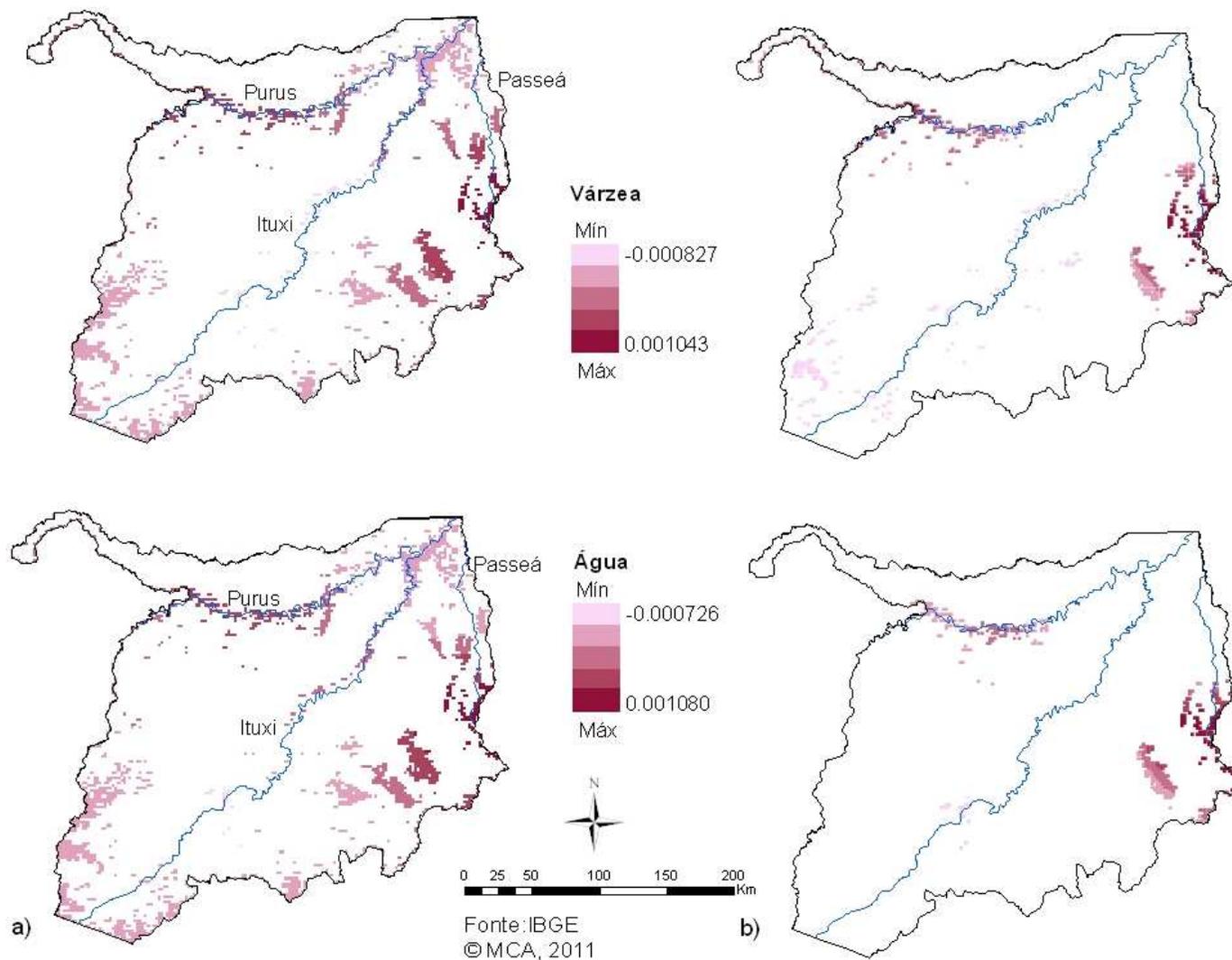


FIGURA 5.14: Conclusão.

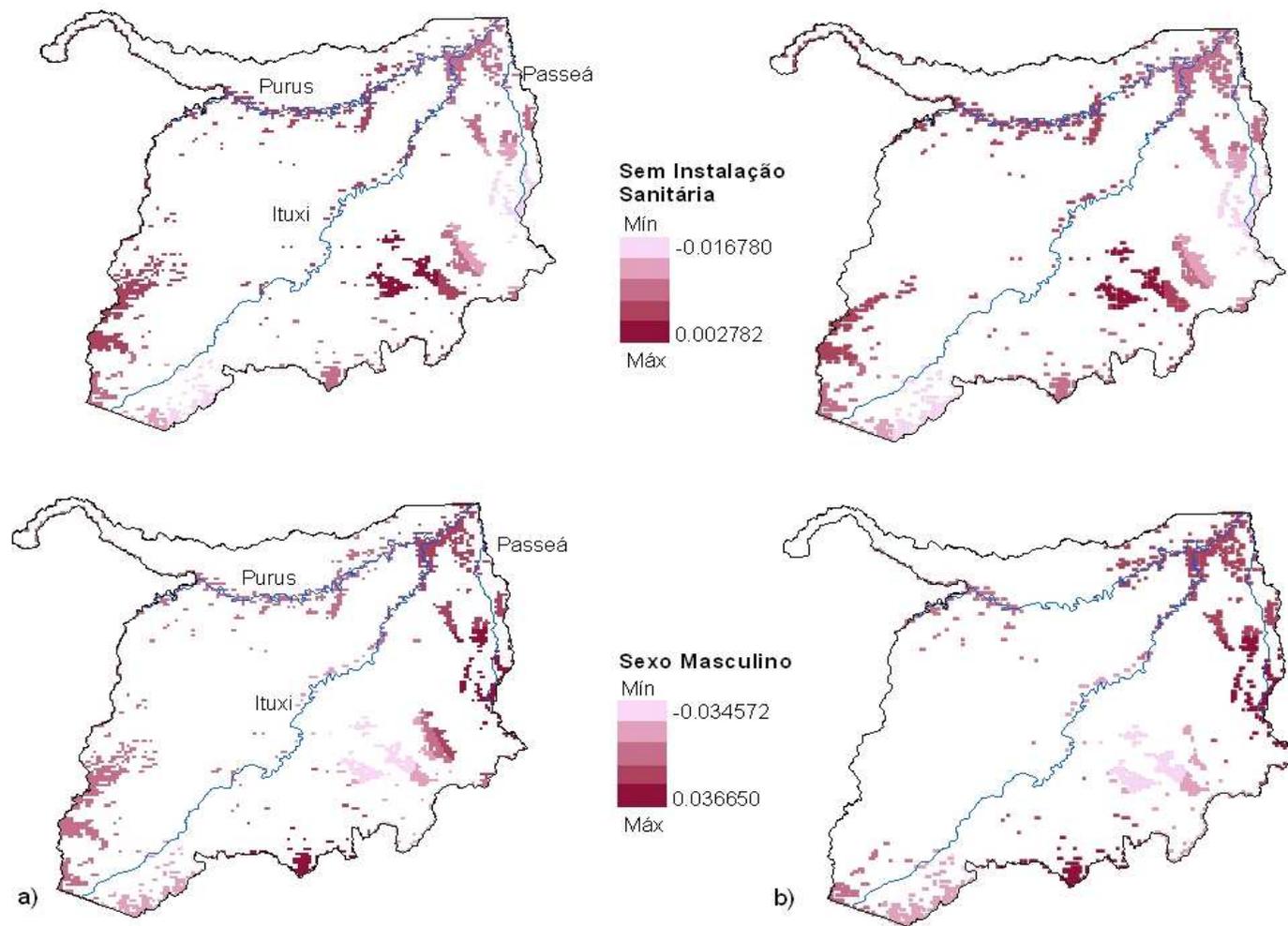


FIGURA 5.15: a) Distribuição espacial dos coeficientes sociais no ano de 2003. b) Distribuição espacial dos coeficientes apenas nas células significativas a partir do teste t a 99% de confiança (continua).

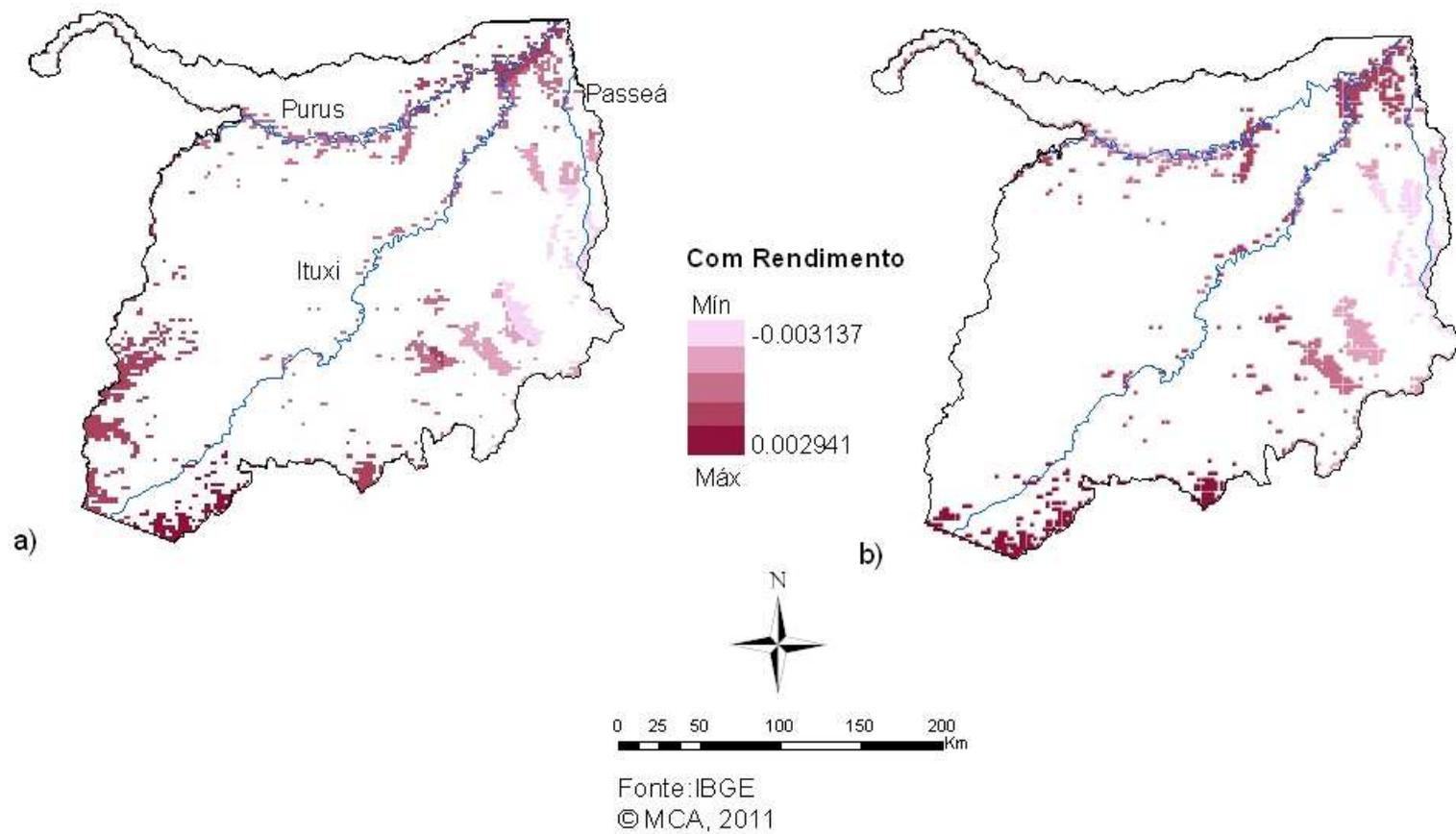


FIGURA 5.15: Conclusão.

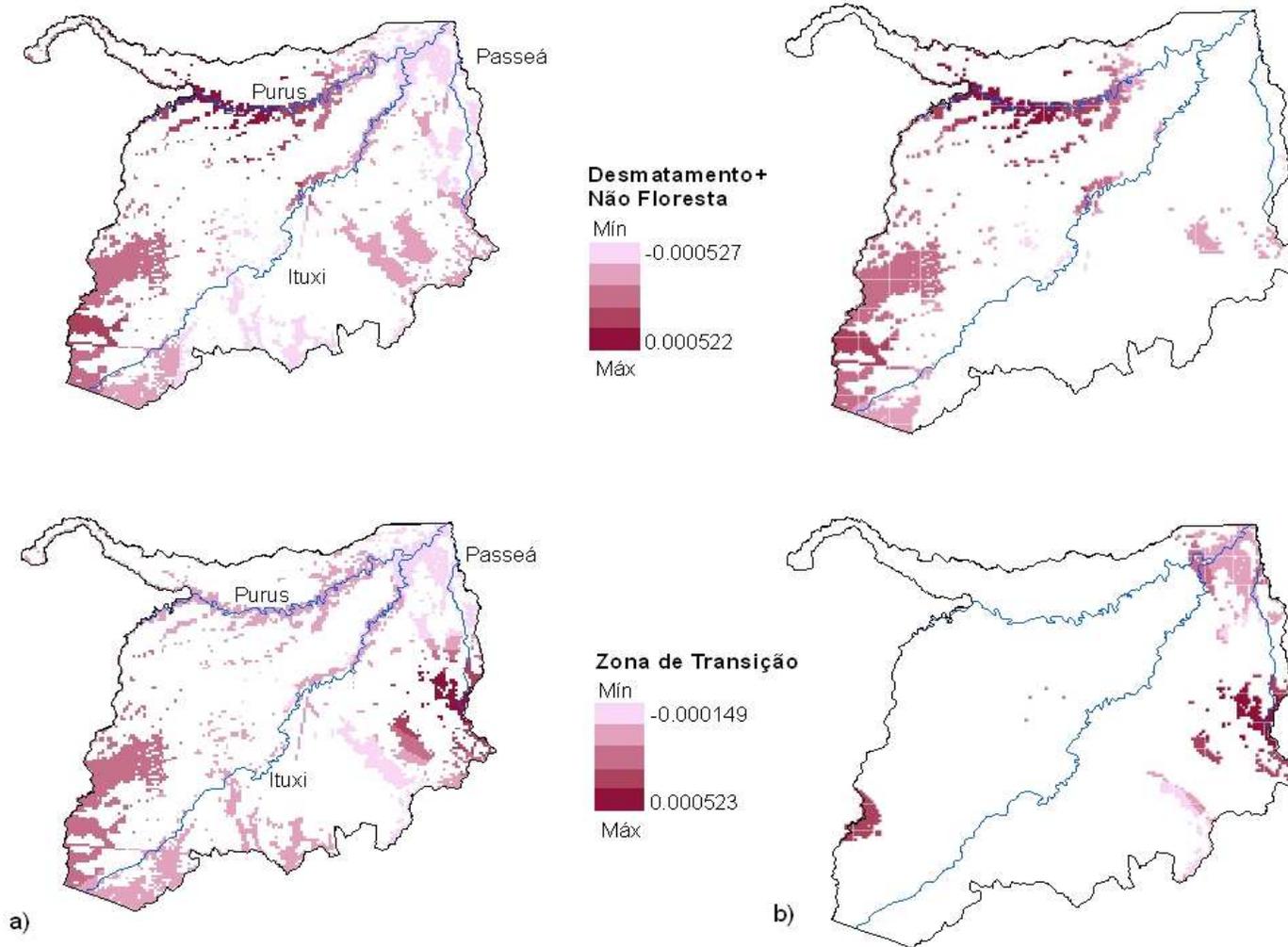


FIGURA 5.16: a) Distribuição espacial dos coeficientes ambientais no ano de 2008. b) Distribuição espacial dos coeficientes apenas nas células significativas a partir do teste t a 99% de confiança (continua).

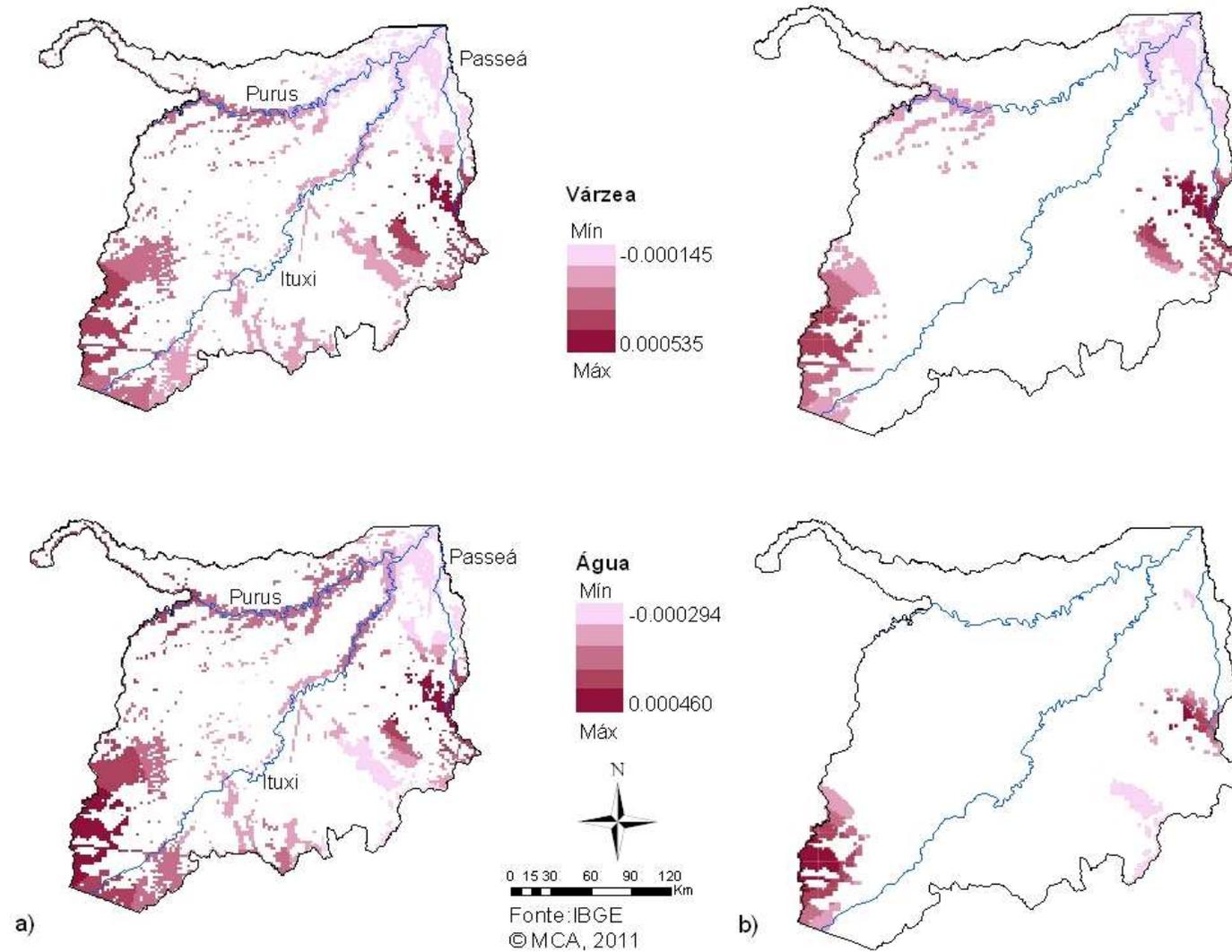


FIGURA 5.16: Conclusão.

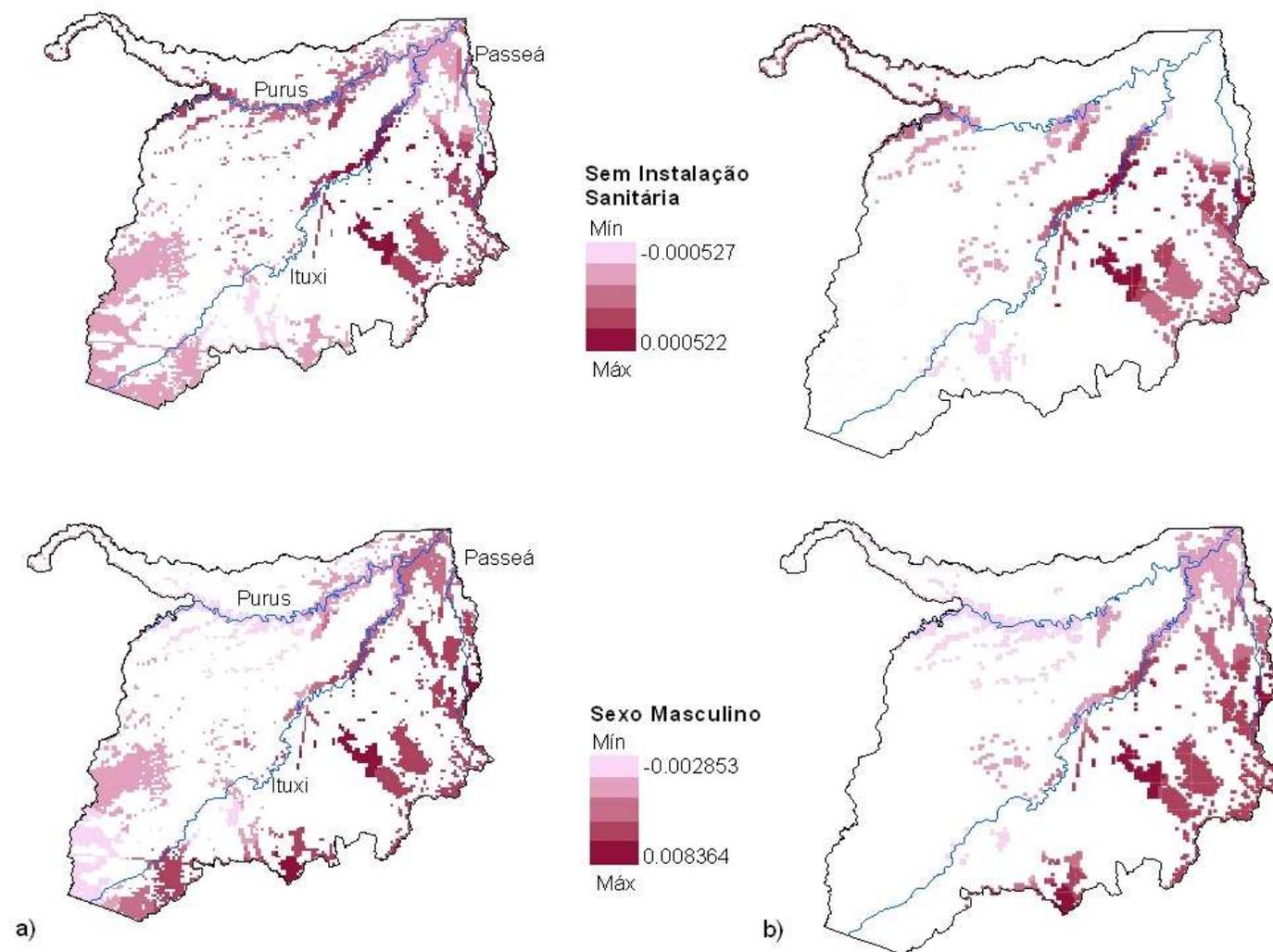


FIGURA 5.17: a) Distribuição espacial dos coeficientes sociais no ano de 2008. b) Distribuição espacial dos coeficientes apenas nas células significativas a partir do teste t a 99% de confiança (continua).

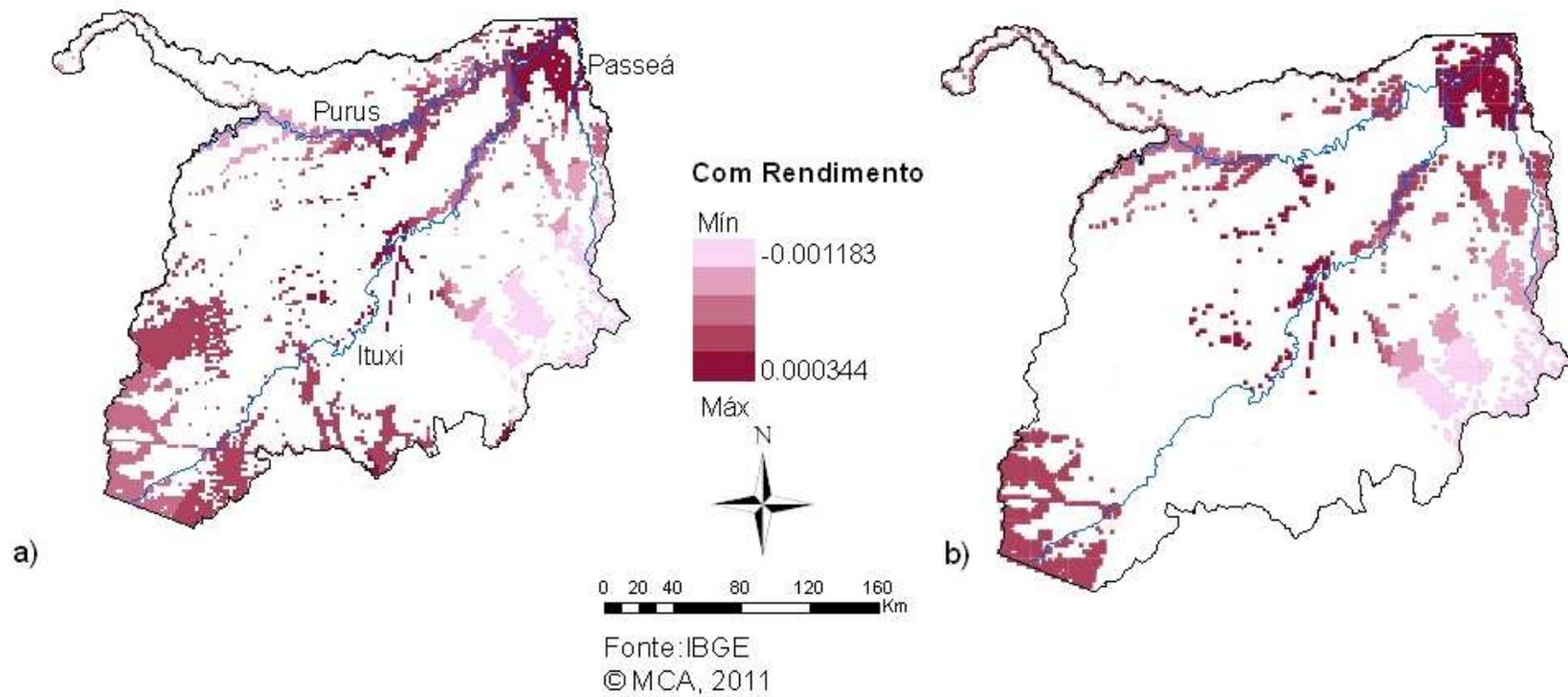


FIGURA 5.17: Conclusão.

Com o objetivo de facilitar o entendimento dos resultados optou-se por compartimentar a área de estudo em regiões de análise das interações locais em 2003 e 2008 (FIGURA 5.18 e FIGURA 5.19).

As regiões foram divididas com base na distribuição espacial das localidades fornecidas pelo SIVEP (TABELA 5.5). No banco de dados do SIVEP cada localidade tem a sua coordenada geográfica, os casos de malária, o nome e o tipo, que pode ser classificado em: bairro urbano, sítio rural, aldeia indígena e assentamento. Associado a isso levou em consideração também a proximidade com os principais rios. Os quais têm relação com a dinâmica de fixação da população e da malária.

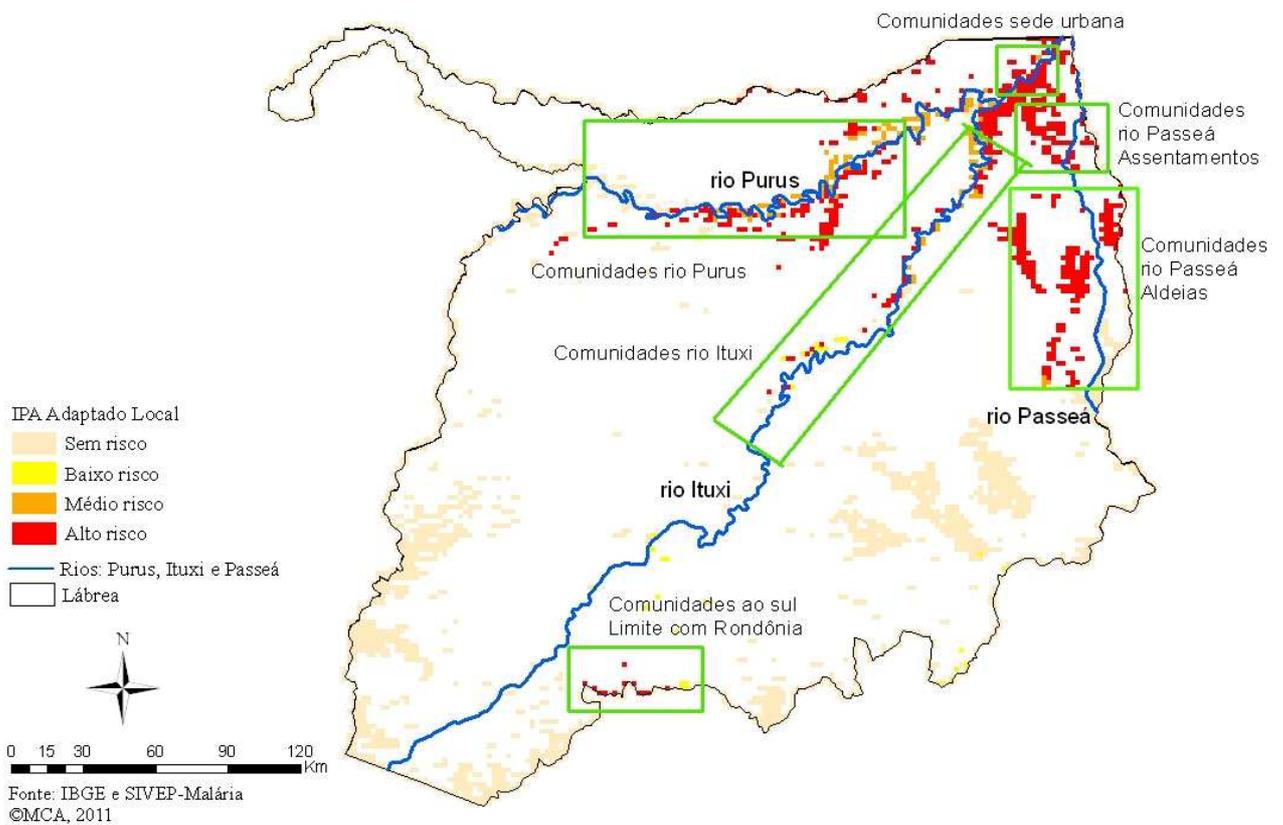


FIGURA 5.18: Localização das regiões para análise das interações locais no ano de 2003.

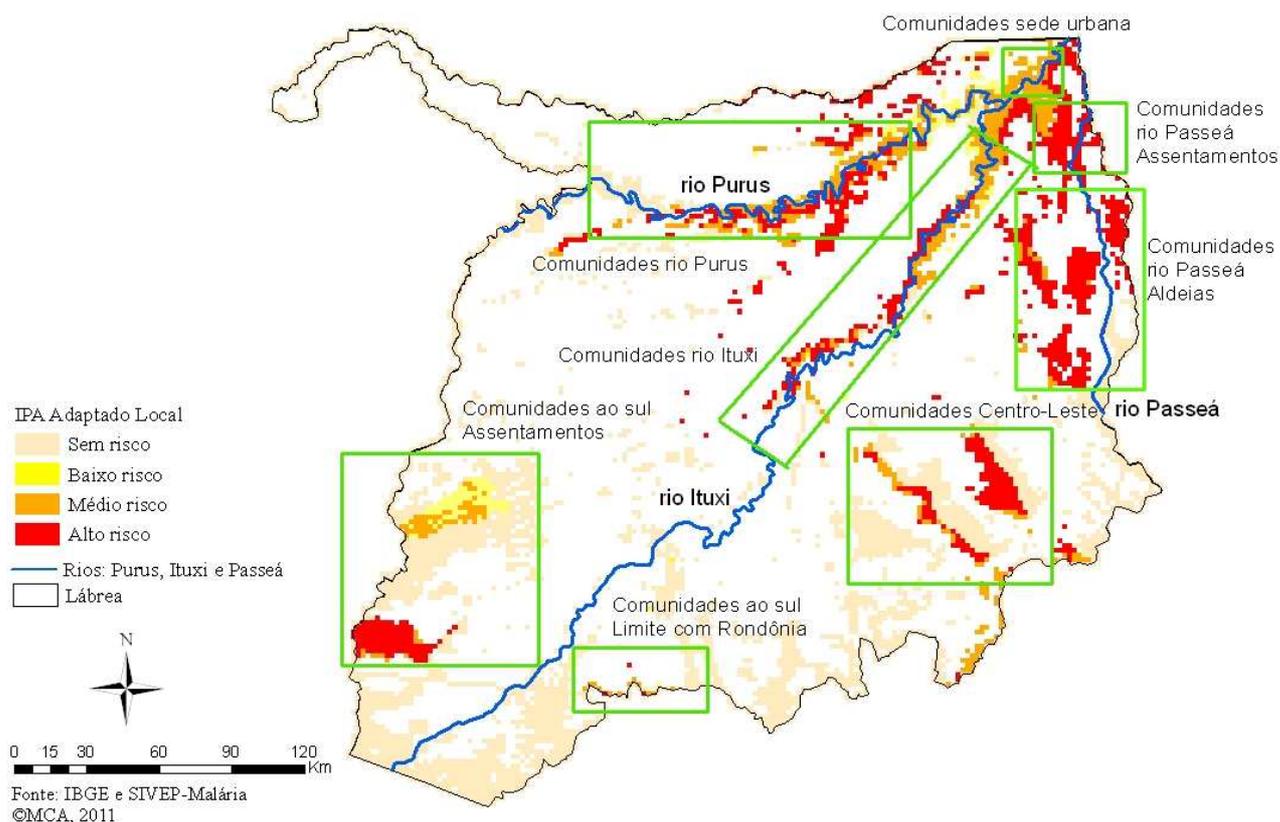


FIGURA 5.19: Localização das regiões para análise das interações locais no ano de 2008.

TABELA 5.5: Características das comunidades.

Presença		Nome	Tipo das localidades no SIVEP
2003	2008		
X	X	Comunidades sede urbana	Bairro urbano
X	X	Comunidades rio Passeá: Assentamentos	Assentamento
X	X	Aldeias	Aldeia indígena
X	X	Comunidades rio Purus	Aldeia e Sítio rural
X	X	Comunidades rio Ituxi	Aldeia e Sítio rural
	X	Comunidades Centro-Leste	Sítio rural
X	X	Comunidades ao sul: limite com Rondônia	Aldeia
	X	Comunidade ao sul: Assentamentos	Assentamento

Com base nessa compartimentação da área de estudo, na análise integrada da distribuição espacial do risco e dos condicionantes significativos e positivos associados a ele é apresentado na TABELA 5.6 um sumário dessas relações no ano de 2003 e 2008.

TABELA 5.6: Sumário das relações nos anos de 2003 e 2008.

Risco à malária		Comunidade	Condicionantes	
2003	2008		2003	2008
Alto/Médio	Médio	<i>Sede urbana</i>	Masculino	Masculino, Com Rendimento
Alto	Alto/Médio	<i>Comunidades rio Passeá</i> <i>Assentamentos</i>	Desmatamento, Masculino	Masculino e Com Rendimento
Alto/Médio	Alto/Médio	<i>Aldeias</i>	Zona de transição, Várzea, Água, Masculino	Várzea, Zona de transição, Água, Sem Instalação Sanitária, Masculino
Alto/Médio	Alto/Médio	<i>Comunidades rio Purus</i>	Desmatamento+Não floresta, Várzea, Água, Sem Instalação Sanitária	Desmatamento+ Não Floresta, Várzea, Sem Instalação Sanitária
Alto/Baixo	Alto/Médio	<i>Comunidades rio Ituxi</i>	Desmatamento, Sem Instalação Sanitária	Desmatamento, Sem Instalação Sanitária, Masculino, Com Rendimento
	Alto/Médio	<i>Comunidades Centro-Leste</i>		Várzea, Masculino, Sem Instalação Sanitária
Alto/Baixo	Médio	<i>Comunidades ao sul: Limite com RO</i>	Masculino, Com Rendimento	Masculino
	Alto/Médio e baixo	<i>Comunidades ao sul: Assentamentos</i>		Desmatamento, Várzea, Água, Com Rendimento

5.4 DISCUSSÃO DOS CONDICIONANTES SOCIOAMBIENTAIS COM BASE NAS INTERAÇÕES LOCAIS

5.4.1 Sede Urbana

A sede urbana é composta por bairros urbanos, como o bairro da Fonte, Fátima, Barra Limpa, entre outros. Essa região apresenta a maior concentração populacional do município (66% e 58% em 2003 - FIGURA 5.20 e 2008 – FIGURA 5.21, respectivamente).

Do ano de 2003 para 2008 houve uma conversão das áreas de alto para médio risco à malária, conforme discutido no Capítulo 4. Assim como uma mudança dos condicionantes socioambientais associados a essas áreas.

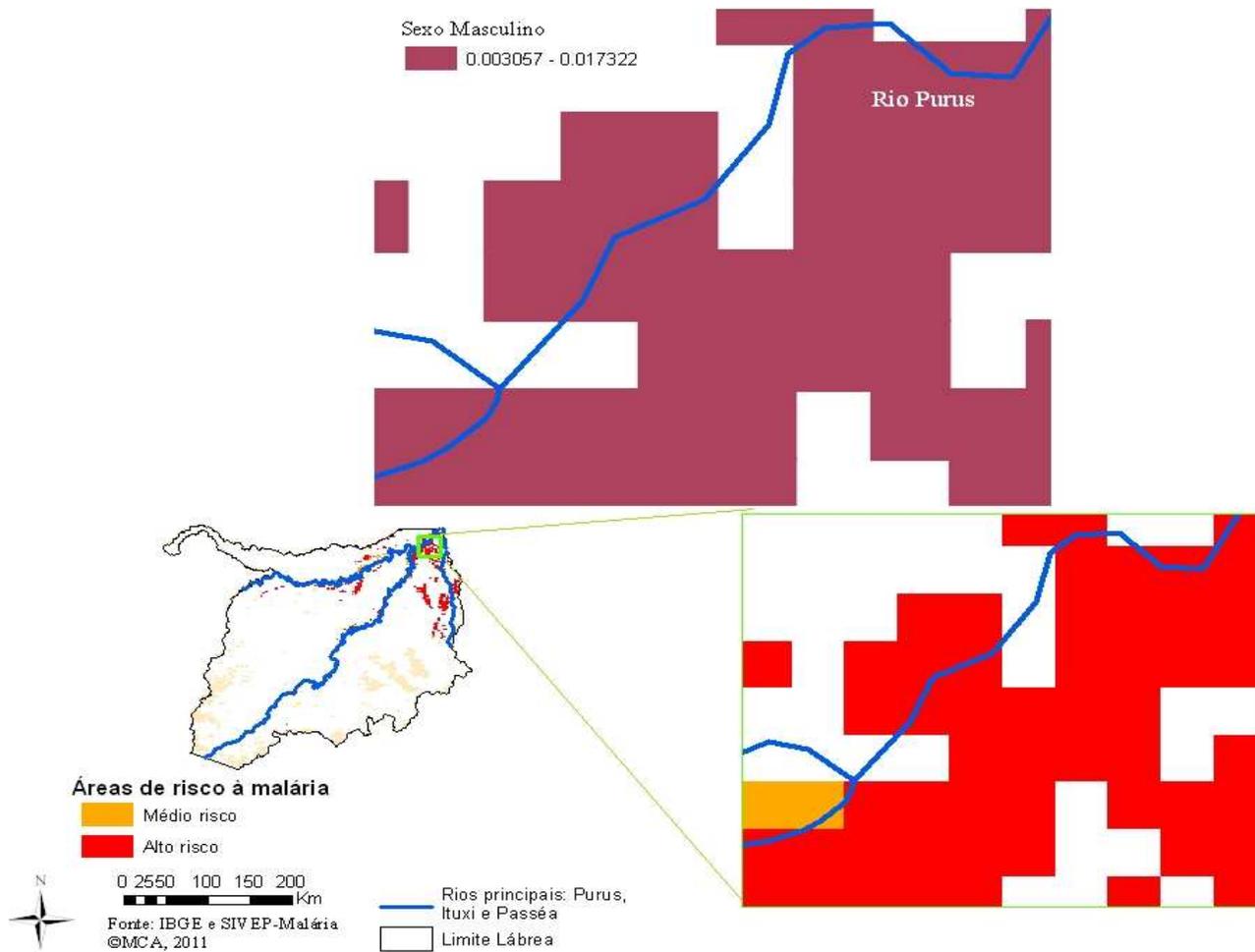


FIGURA 5.20: Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária na sede urbana em 2003.

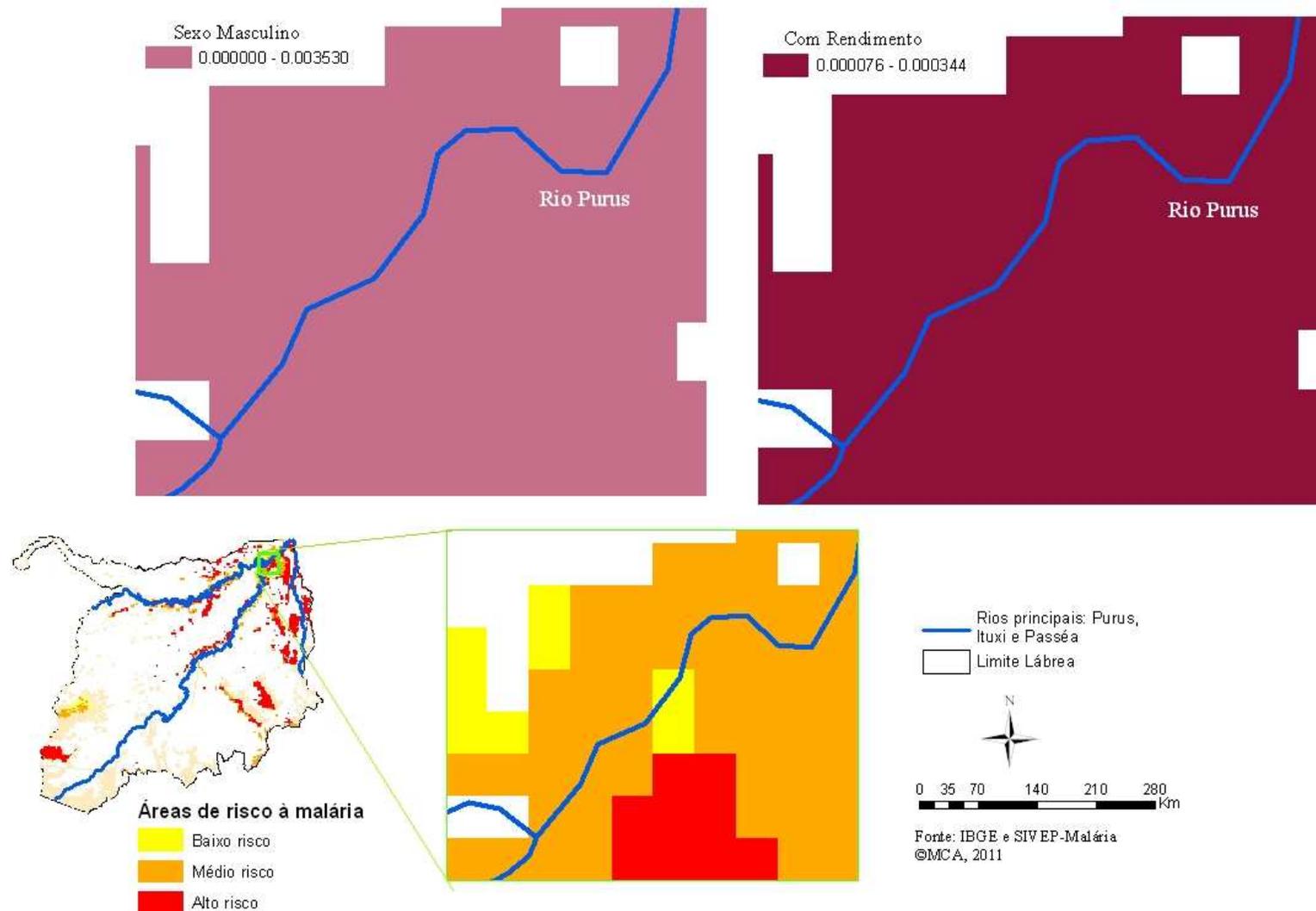


FIGURA 5.21: Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária na sede urbana em 2008.

O sexo masculino está associado ao alto risco de malária em 2003 e em 2008, o que vem contribuindo com a hipótese do perfil de risco sociodemográfico. A sede urbana tem uma característica social tradicional, é comum os homens circularem mais no ambiente e por isso permanecerem mais expostos ao vetor da malária do que as mulheres. Isso fica mais evidente ao olhar para a sede urbana do município e perceber que as principais atividades de trabalho relacionadas à extração de recursos do ambiente, como a pesca, caça, são desenvolvidas pelos homens (FIGURA 5.22).



FIGURA 5.22: a) Comércio de peixes as margens do rio Purus na sede urbana de Lábrea.
b) Pescador preparando a rede para pesca no bairro da Fonte.

Em 2008, os condicionantes socioambientais relacionados ao médio risco de malária estão associados ao sexo masculino e ao rendimento. Esses resultados podem evidenciar a importância de olhar a situação de exposição humana relacionada às atividades de indivíduos ou grupos. Principalmente aquelas relativas ao ambiente de trabalho. Uma vez que as principais atividades dos trabalhadores executadas na região estão relacionadas à ambientes com a presença do vetor da malária. Como a pesca nos rios, a extração de recursos naturais e a caça para comercialização na feira da cidade e municípios próximos. Outra dificuldade pode afetar os trabalhadores que é o horário de circulação no ambiente, nos períodos de maior atividade de picada do mosquito que segundo os moradores e guardas de saúde ocorre ao amanhecer e ao entardecer.

5.4.2 Comunidades rio Passeá: Assentamentos

As comunidades de assentamento do rio Passeá apresentam dinâmica parecida dos fatores socioambientais associados ao risco de malária com a sede urbana de Lábrea.

Um dos motivos para isso é a proximidade entre elas e a facilidade de acesso pela Transamazônica (BR-230). Essa rodovia liga o município de Humaitá a Lábrea e termina as margens do rio Purus na sede urbana (FIGURA 5.23). Devido a isso muitos moradores dos projetos de assentamento Umari e Passeá passam a semana trabalhando e aos finais de semana retornam a cidade para encontrar com a família que está fixada na sede urbana.

Outro motivo se dá pelas atividades semelhantes que são desenvolvidas nessas duas comunidades. Esses assentamentos são caracterizados pelo uso da terra para subsistência e o excedente para fins comerciais de pequeno porte. Como a comercialização do abacaxi. A farinha de mandioca é o destaque da produção desses assentamentos. O qual é responsável por abastecer o mercado da sede urbana e municípios próximos.

Essa região é definida pelos moradores como um bairro rural do município de Lábrea. Atualmente eles possuem escolas de ensino básico e laboratório para teste rápido de malária, conforme discutido anteriormente.



FIGURA 5.23: Fim da Transamazônica na sede urbana de Lábrea. b) Entrada da sede urbana de Lábrea pela rodovia Transamazônica que liga ao assentamento Passeá.

A distribuição espacial dos condicionantes socioambientais ilustra que em 2003 houve associação do desmatamento e do sexo masculino ao risco de malária (FIGURA 5.24). Através da análise visual do PRODES (2003) foi possível observar que o incremento das áreas desmatadas entre 2000 e 2003 ocorre nas bordas das áreas já desmatadas até 2000.

Segundo observação e entrevista em campo umas das atividades associadas ao desmatamento, além da expansão do pasto em fazendas nos limites dos assentamentos, está à prática chamada derrubada e queima (FIGURA 5.25). Esse padrão de conversão

do ambiente floresta para não floresta em projetos de colonização já foi discutido por Singer e Castro (2001). Os autores apontam que essa é uma técnica comum para limpeza do terreno a fim de prepará-lo para o cultivo na Amazônia. Esse processo diminui a presença das fontes naturais, como os animais selvagens, de alimento do vetor. Sendo nesse ambiente que o homem está presente e realizando as suas atividades.



FIGURA 5.25: Etapa da queima do solo para destinar ao plantio.

Em 2008, as áreas de expansão do alto risco à malária têm forte associação com o sexo masculino e com o rendimento (FIGURA 5.26).

A associação com o sexo masculino pode ser justificada pela própria característica da comunidade. Por ser destinada a atividade com a terra, a população mais exposta nessas atividades e no ambiente de contato com o vetor é o homem.

Esse fato é intensificado em 2008, e outros fatores como rendimento reforçam esse dado. Nesse ano, a falta de instalação sanitária está associada ao risco de malária. A falta dessas condições básicas em sua moradia, força o indivíduo a procurar um local fora de suas casas, expondo-os ao vetor.

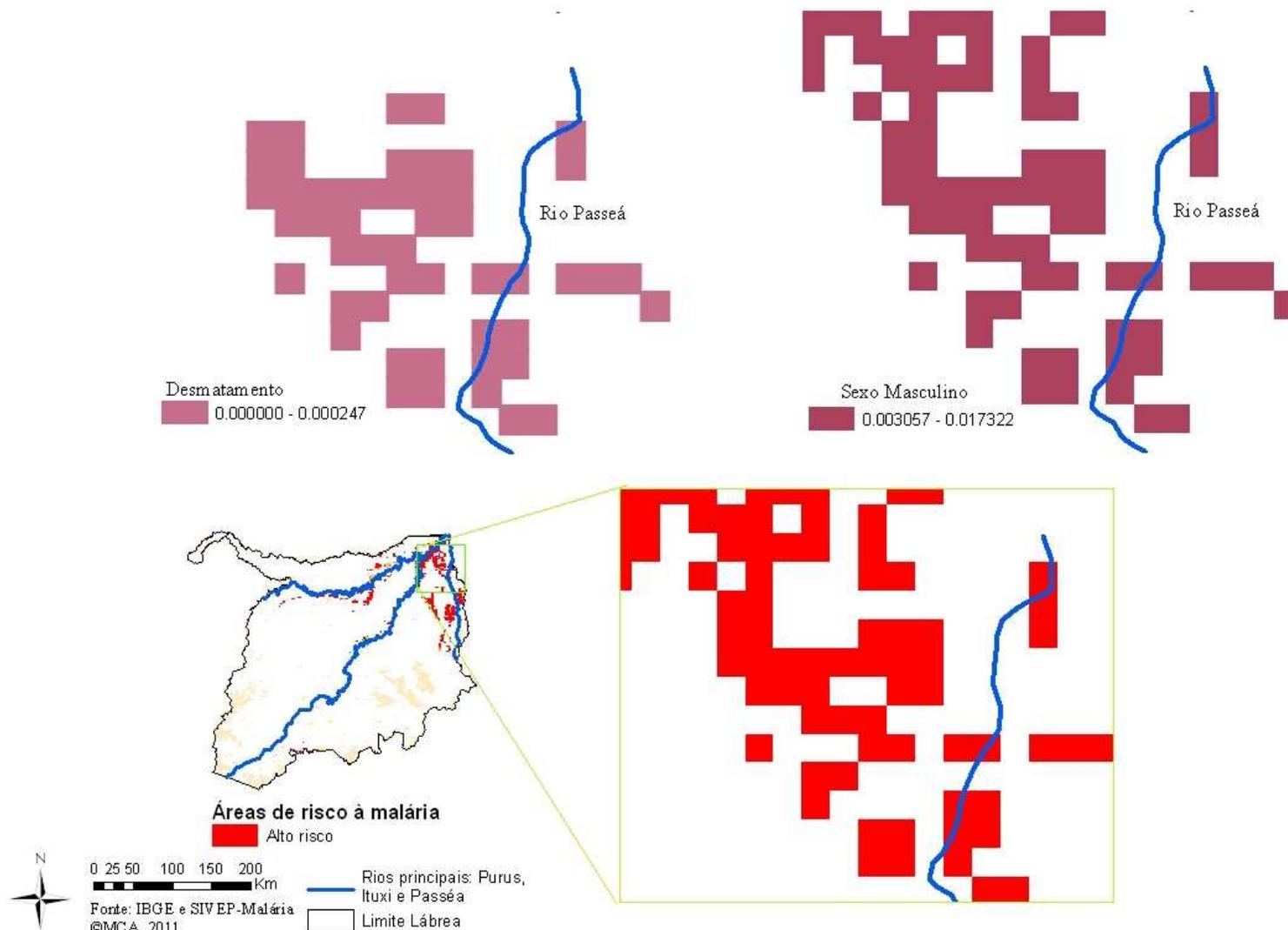


FIGURA 5.24 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Passeá: Assentamentos, em 2003.

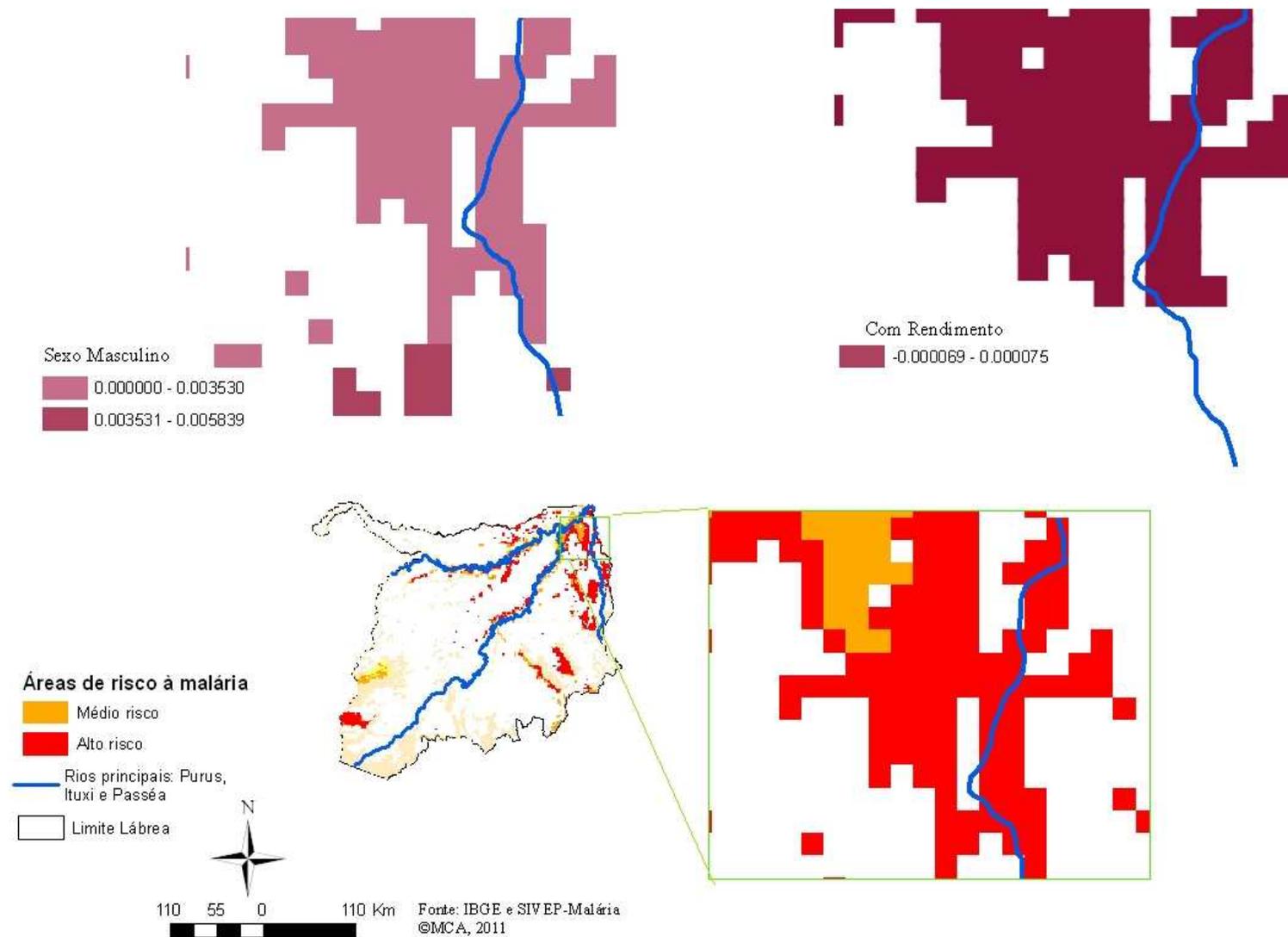


FIGURA 5.26 Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Passéa: Assentamentos, em 2008.

5.4.3 Comunidades rio Passeá: Aldeias

Nas comunidades compostas por aldeias do rio Passeá, em 2003, os fatores do ambiente natural e o sexo masculino têm maior associação ao alto risco de malária (FIGURA 5.27). Essas comunidades estão inseridas em área de reserva indígena segunda a Fundação Nacional do Índio (FUNAI, 2010). Esse ambiente natural é conhecido pela compartimentação do terreno a partir do HAND; nos ambientes de várzea, água e zonas de transição. Os quais estão relacionados à exposição humana ao vetor da malária na sua fase larvária. Com destaque para os ambientes de várzea e água. Essa região possui ambientes de várzea, com possibilidade de ter acúmulo de água no solo, um criadouro favorável para a procriação do vetor da doença. As comunidades encontram-se na beira de rios secundários de menor porte e menor movimentação de suas águas. O que também pode facilitar a procriação.

Em 2008 há um aumento das áreas de alto risco à malária. Os fatores associados a essas novas áreas continuam relacionados com a exposição humana ao vetor da doença (FIGURA 5.28). Somado a isso, surge a associação da falta de instalação sanitária. Uma vez que essa população não possui essas instalações em sua casa, é necessário circular nesse mesmo ambiente condicionante ao risco.

Quanto aos homens, eles estão mais expostos devido ao desempenho de suas atividades. Durante visita a aldeias indígenas, observou-se que são eles quem sai para caçar logo cedo e retornam antes do almoço com o alimento. Circulando mais no ambiente. A mulher fica responsável pelo cuidado dos filhos e da aldeia. Essa circulação é apontada pelos guardas de saúde da FUNASA como uma das maiores dificuldades para o controle da malária na população indígena. Os índios circulam, estabelecem contato com outras populações, inclusive da sede urbana. Retornam para a sua aldeia doente, e com isso expõe os demais às doenças. No caso da malária, o mosquito vetor existe e dificilmente consegue exterminá-lo. Com o surgimento de um doente o ciclo transmissor é alimentado. Mesmo em populações pequenas, como as aldeias, enquanto não forem tratados e curados todos os doentes, o ciclo pode continuar. Segundo os guardas é comum tratar os doentes e borrifar inseticida para eliminar os mosquitos doentes, com isso há uma queda da incidência da malária. Mas, meses depois a doença volta a incidir.

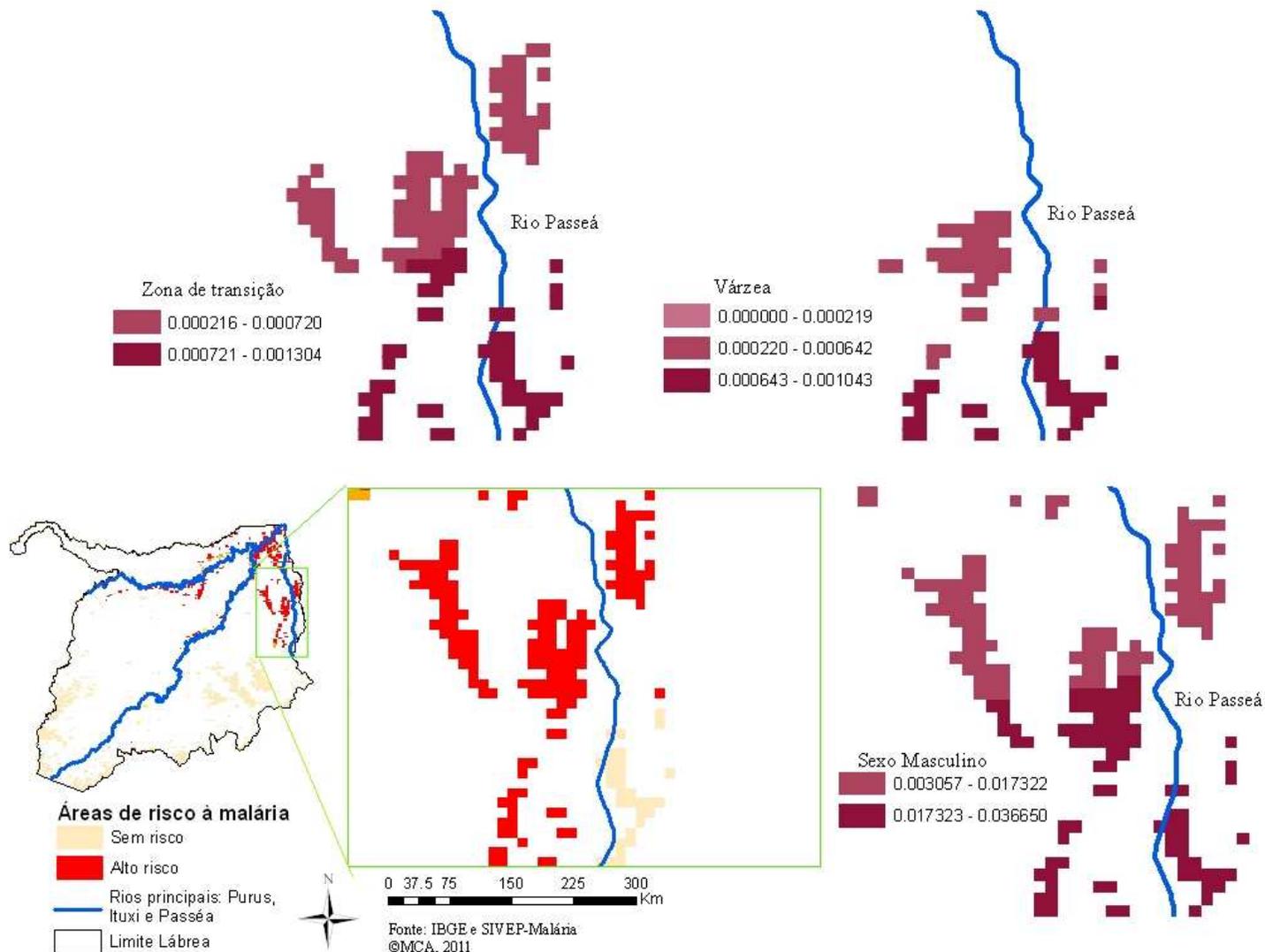


FIGURA 5.27: Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Passéa: Aldeias, em 2003

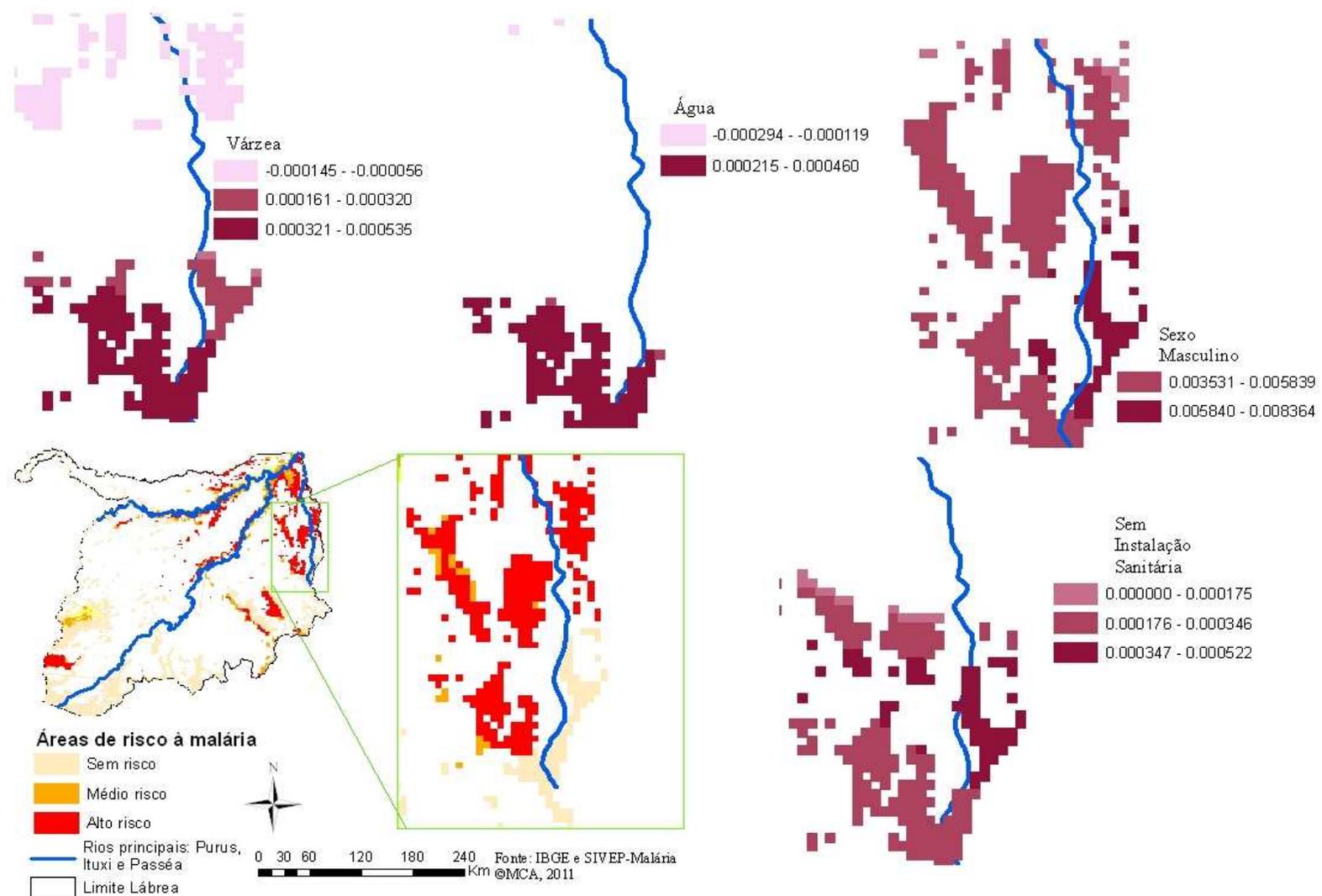


FIGURA 5.28: Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Passéa: Aldeias, em 2008.

5.4.4 Comunidades rio Purus

A distribuição espacial do risco à malária e dos coeficientes socioambientais associados a esse risco em 2003 e 2008 nas comunidades do rio Purus está disponível na FIGURA 5.29 e FIGURA 5.30, respectivamente.

Tanto no ano de 2003 quanto de 2008, o ambiente de várzea apresenta relação positiva com a incidência da malária. Conforme discutido na seção anterior, isso ocorre por propiciar um ambiente favorável a procriação do vetor da doença. Assim como o ambiente de água. O que expõe a população dessas áreas a esses vetores.

Atenção especial deve ser dada a associação entre o desmatamento e a malária nessa região. O rio Purus apresenta grande importância econômica para o município, é através dele que a sede urbana é abastecida com alimentos, suprimentos e recebe serviços, inclusive de saúde (FIGURA 5.31).

Por isso o rio exerce um forte atrativo populacional para fixação em suas margens, mesmo que distante da sede urbana. Há um impulso de ocupação humana e conseqüente pressão no ambiente natural. A população das suas margens promove cada vez mais incursões na mata, alterando o ambiente natural do vetor da malária.

Próximo a sede urbana, é comum encontrar a criação de gado na margem direita do rio Purus, o que pode estar impulsionando essas atividades (FIGURA 5.32). Ao indagar o guarda de saúde sobre essa situação, ele relatou que essa prática é comum as margens do rio próximo a sede. Mais distante da sede as atividades que impulsionam o desmatamento estão relacionadas com a subsistência.

Nessas áreas com maior associação da malária com o desmatamento, outro fator também se destaca: a falta de instalações sanitárias. Esta situação associada a ocupação espacial desordenada pode propiciar elevada incidência da doença.



FIGURA 5.31: Chegada de uma Unidade Básica de Saúde Fluvial para atender a população da sede urbana.



FIGURA 5.32: Criação de gado na margem direita do rio Purus.

Ao contrário do que acontece nas demais comunidades do município, essa região não apresenta padrão de exposição humana relacionada às atividades individuais, como sexo masculino ou renda. O que pode estar expondo ambos os sexos da mesma forma. Isso pode estar ocorrendo pela presença das demais associações, como o desmatamento e regiões de várzea. Como a população é caracteristicamente ribeirinha e distante da sede urbana, não interessa a sua circulação, o ambiente em que eles estão fixados já é por si só de risco.

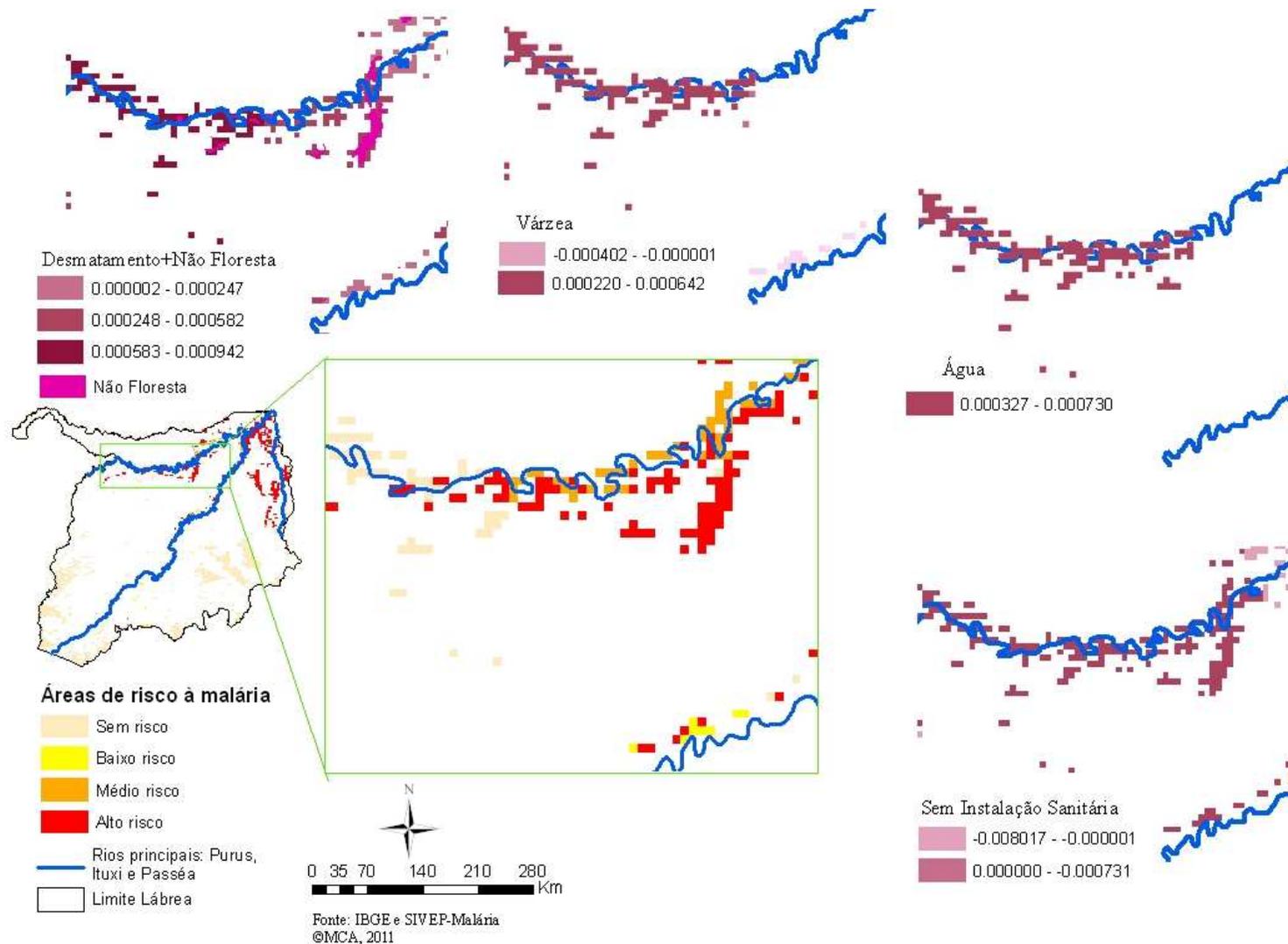


FIGURA 5.29: Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Purus em 2003.

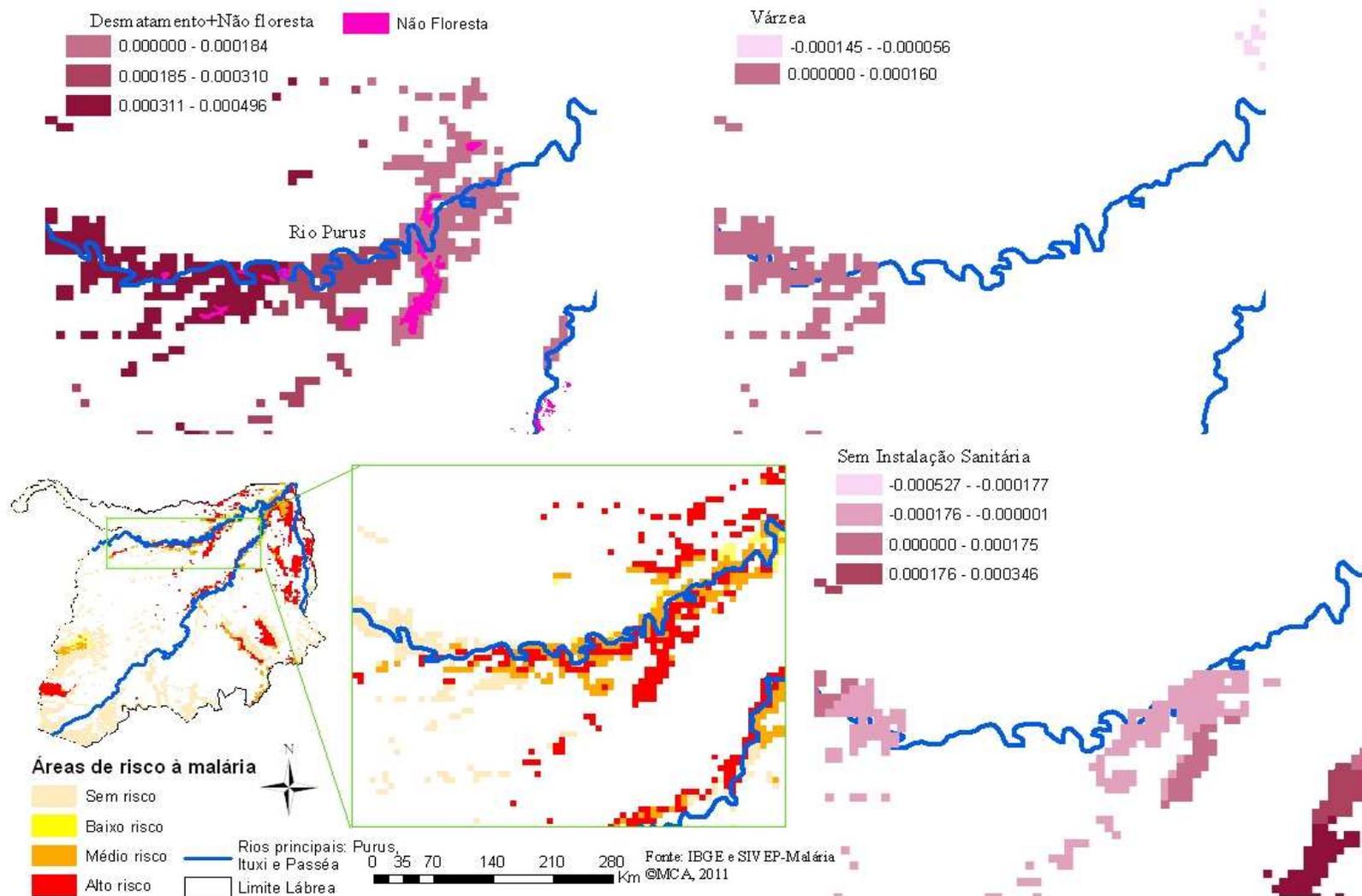


FIGURA 5.30: Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Purus em 2008.

5.4.5 Comunidades rio Ituxi

As comunidades do Ituxi apresentam no ano de 2003 uma distribuição espacial dos coeficientes associados ao risco de malária semelhante à dinâmica presente nas comunidades do rio Purus (FIGURA 5.33). Assim como a investigação desses fatores é comum entre eles.

Porém em 2008, as novas áreas de alto risco à malária estão associadas ao desmatamento, falta de instalação sanitária, sexo masculino e rendimento (FIGURA 5.34). A análise integrada desses fatores pode estar indicando que nessas áreas de expansão, o processo do desmatamento está mais relacionado às atividades econômicas do que simplesmente de subsistência. Ao contrário da dinâmica encontrada nas comunidades do rio Purus. Visto que houve associação com sexo masculino e rendimento, ambos os fatores indicam maior exposição nas atividades individuais relacionadas ao trabalho.

Quanto à instalação sanitária, o cacique da aldeia Ilha Verde do rio Ituxi relatou que até o início de 2009 (ano da visita de campo), não havia nenhum tipo de abastecimento de água e instalação sanitária. Dessa forma era comum a população circular na mata para suprir essa deficiência. Isso se alterou em 2009, quando a FUNASA cedeu um motor d'água para a aldeia (FIGURA 5.35).



FIGURA 5.35: Cacique mostrando o motor d'água na aldeia Ilha Verde.

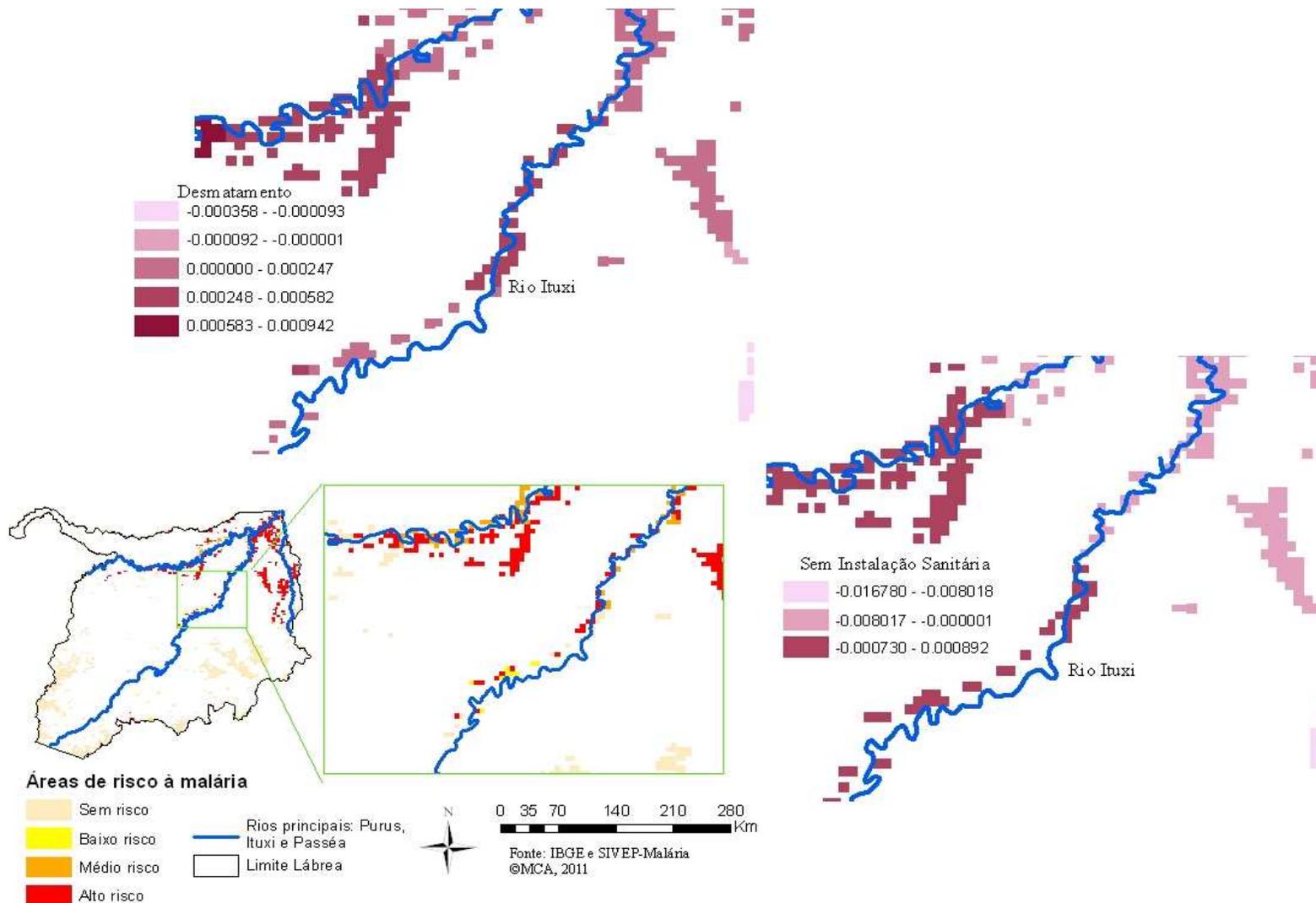


FIGURA 5.33: Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Ituxi em 2003.

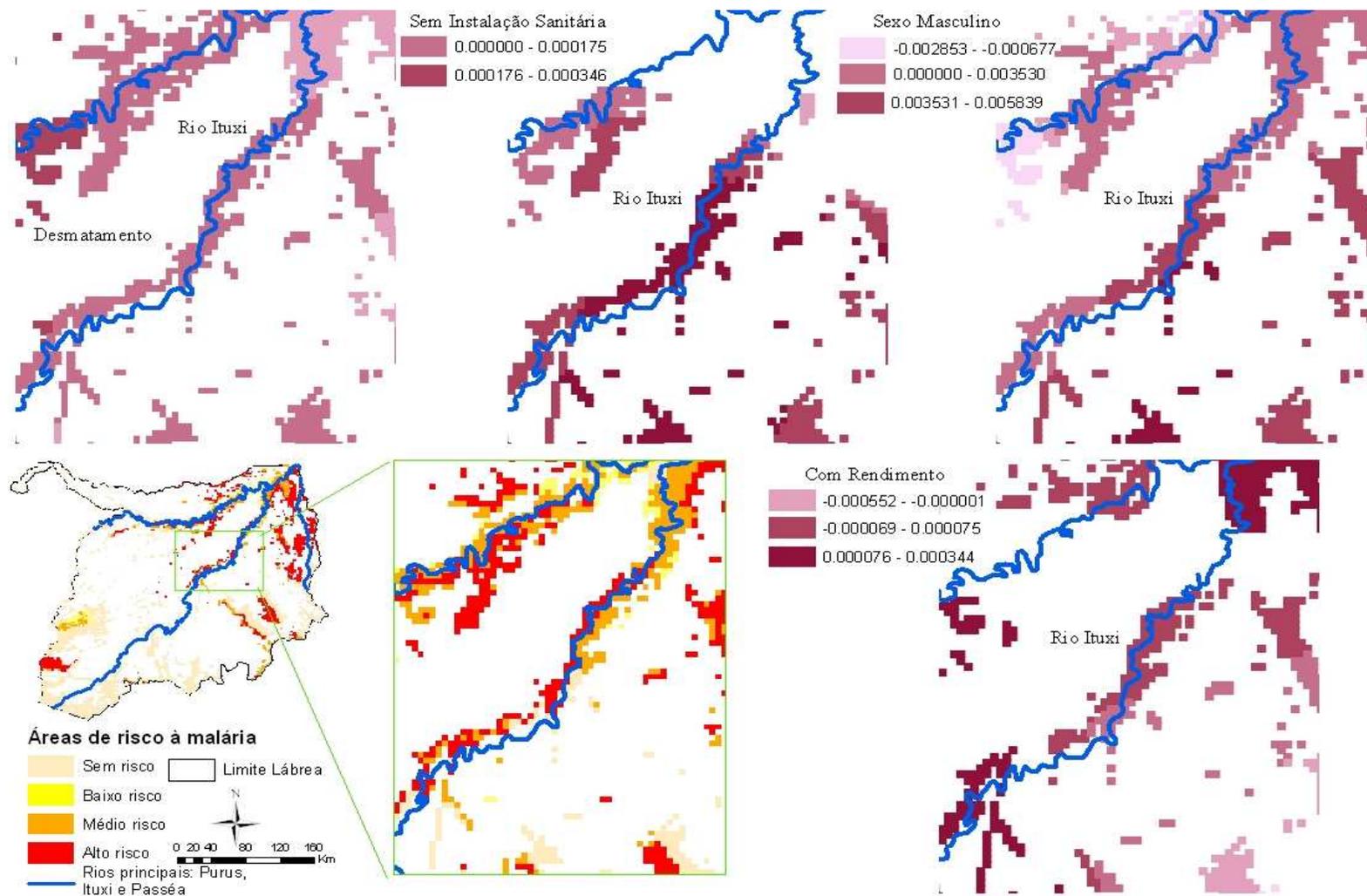


FIGURA 5.34: Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades do rio Ituxi em 2008.

5.4.6 Comunidades Centro-Leste

As comunidades que compõem a região Centro-Leste são denominadas sítios rurais. Nessa região não havia risco de malária em 2003. Os primeiros casos surgiram em 2007 e de acordo com a análise dos dados de população do IBGE, através do censo de 2000 e da contagem de 2007, observou-se que houve um incremento populacional nessa região. Indicando que entre esses anos novos moradores se fixaram na região. Os fatores associados ao risco de malária estão associados ao ambiente de várzea, a falta de instalação sanitária e a presença do sexo masculino (FIGURA 5.36).

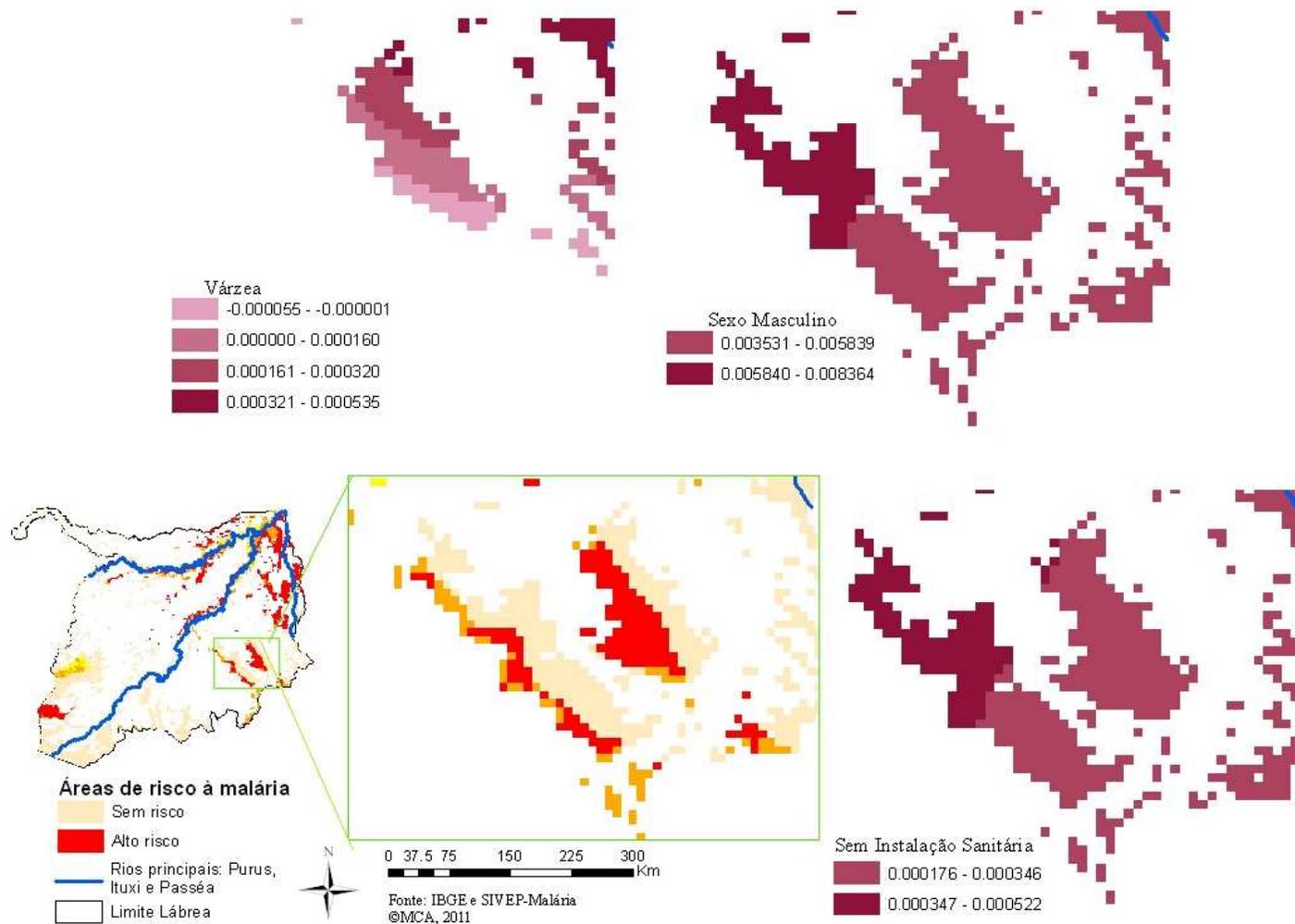


FIGURA 5.36: Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades Centro-Leste em 2008.

5.4.7 Comunidades ao sul: Limite com Rondônia

Nas comunidades ao sul de Lábrea que fazem limite com o estado de Rondônia, os fatores sociodemográficos sexo masculino e rendimento apresentam associação positiva com o risco de malária em 2003 e com apenas o sexo masculino em 2008 (FIGURA 5.37 e FIGURA 5.38, respectivamente).

Assim como nas discussões anteriores, essa relação pode indicar exposição do homem ao vetor da doença nas suas atividades individuais de trabalho. Entender a dinâmica dessa comunidade é complicado devido à distância com a sede urbana onde foi realizado o trabalho de campo, a dificuldade de acesso a partir dela e o pouco conhecimento dos guardas de saúde sobre essa área. Eles alegam que ela apresenta-se mais conectada com a dinâmica dos assentamentos de Rondônia. Por estar no limite com o município e o acesso a essa comunidade ser facilitado pelo estado através da BR-319. As comunidades estão inseridas numa área de reserva indígena. O que faz com que a região apresente-se ambientalmente preservada.

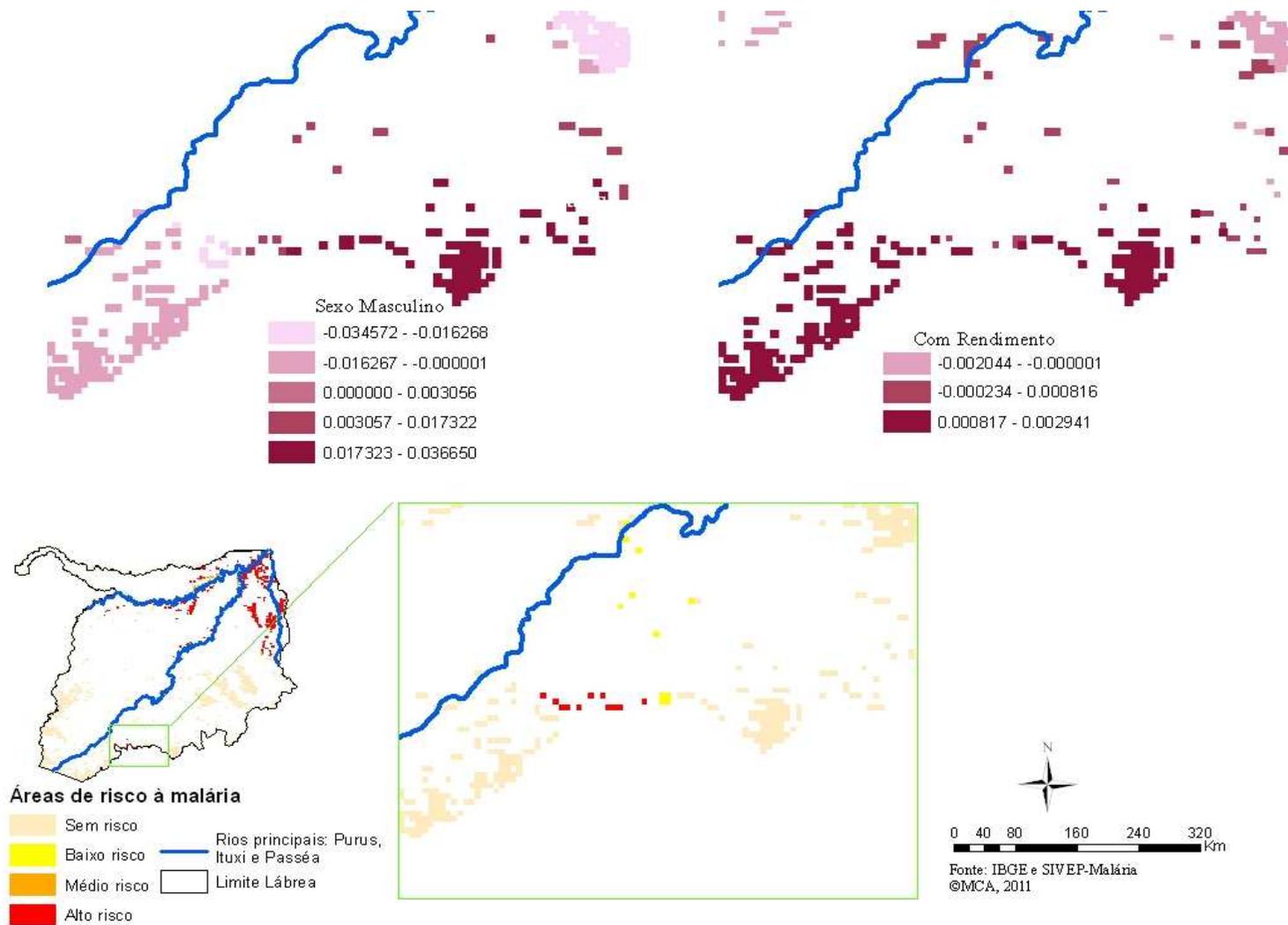


FIGURA 5.37: Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades ao sul: limite com Rondônia em 2003.

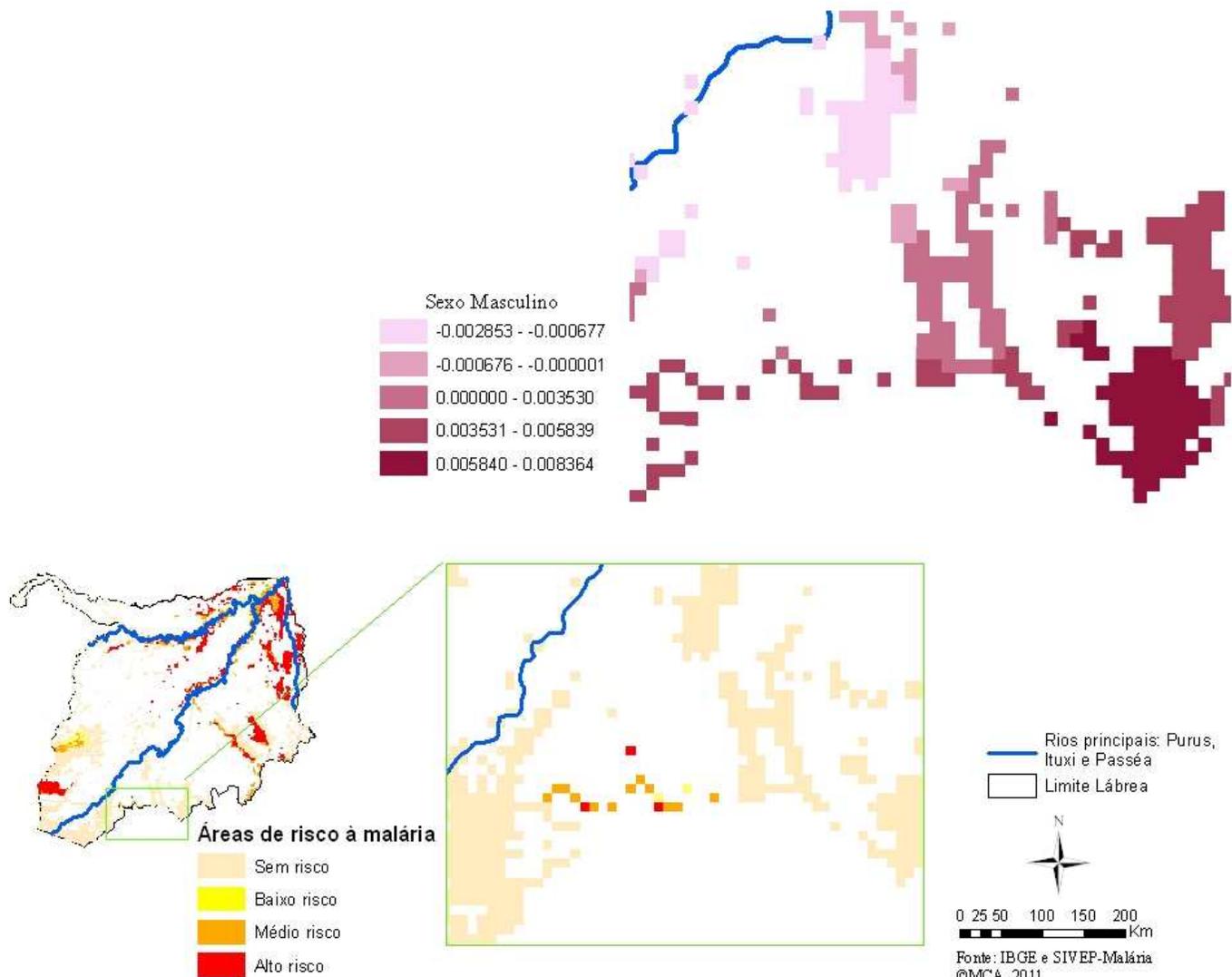


FIGURA 5.38: Distribuição espacial dos coeficiente socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades ao sul: limite com Rondônia em 2008.

5.4.8 Comunidades ao sul: Assentamentos

Ao observar os resultados da distribuição espacial da população e do risco à malária em 2003 para a região das comunidades de assentamento ao sul, percebe-se que até esse ano não havia habitantes nessa área e, portanto, era considerada sem risco à doença. Esses pontos já foram discutidos anteriormente e conforme apontado um recente projeto de assentamento, chamado Belo Monte, se instalou na região entre 2004 e 2005.

Esse projeto se concentra nas zonas de médio risco de malária em 2008. Nas zonas de alto risco são sítios rurais espontâneos, que ainda não possuem uma conectividade e organização entre eles. Que podem ter sido impulsionados a estabelecerem-se nesse local devido à instalação desse projeto, que atraiu indivíduos a procura de terras nos projetos.

Independente disso, nesse período as comunidades ao sul foi alvo de intensa extração da cobertura vegetal e conseqüente conversão do solo do ambiente floresta para não floresta.

Essas zonas de recente conversão estão associadas ao alto e médio risco de malária em 2008 (FIGURA 5.39). O homem entrou nesse ambiente, o que o deixou exposto ao vetor da doença.

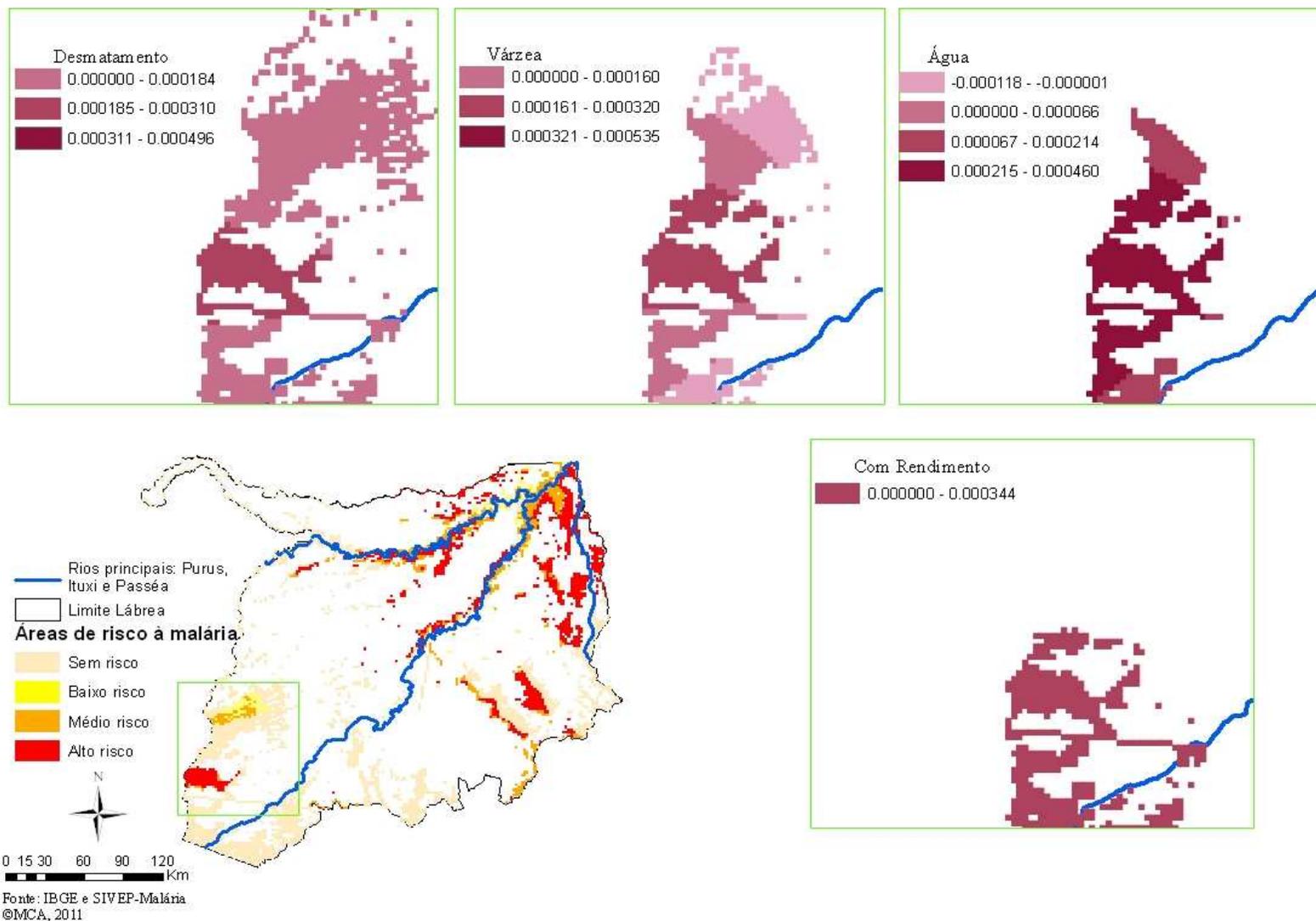


FIGURA 5.39: Distribuição espacial dos coeficientes socioambientais associados ao risco de malária nas comunidades ao sul: Assentamentos em 2008.

Nota-se uma diferença da associação positiva do desmatamento nessas áreas. Esse fator ambiental apresenta-se mais associado às áreas de alto risco do que as de médio e baixo risco. Segundo entrevista em campo, nas zonas de médio e baixo risco a população se fixou no ano de 2004, com a notificação dos primeiros casos de malária nesse mesmo ano. Já na região de alto risco a fixação de pessoas se deu um ano após e as primeiras notificações em 2006. Provavelmente atraídos com a possibilidade de participar do projeto Belo Monte.

Conforme discutido nos trabalhos relacionados, em projetos de assentamento, Sawyer e Sawyer (1992) e Castro e Singer (2007) estratificam o risco da malária em três momentos. Os anos iniciais, a segunda fase após três anos da abertura com duração de 5 anos, e a terceira fase. Nesse sentido, o projeto de assentamento Belo Monte quanto ao risco da malária parece estar vivendo a segunda fase. Pois observa-se um declínio da incidência da doença, classificado como área de médio e baixo risco e a menor associação com as variáveis ambientais.

Essa porção sul do município de Lábrea é a principal responsável pela posição de primeiro lugar no ranking de municípios que mais desmatam no estado do Amazonas. Os guardas de saúde relatam que a dinâmica de desmatamento dessa região está relacionada com as características do estado do Acre. A porção sul do município de Lábrea é conhecida como a nova fronteira agropecuária do estado do Amazonas e aonde vem sofrendo forte pressão do desmatamento. Essas áreas são intensamente ocupadas por homens e são eles quem realizam as atividades de trabalho. Nessas comunidades a população do sexo masculino é cerca de 70% da total, para se ter um exemplo na sede urbana essa proporção é de 50%. Desse modo, é mais comum que o homem esteja mais exposto ao vetor da doença no seu ambiente de trabalho.

Os fatores ambientais, como várzea e água apresentam maior associação com as áreas de alto risco de malária dessa porção sul. Onde os fatores sociodemográficos não apresentaram-se relevantes no modelo.

Esses pontos podem reforçar a ideia de pensar nos fatores ambientais relacionados à presença do vetor, como desmatamento, áreas de várzea e água como os principais condicionantes ao alto risco de malária em zonas de recente conversão. O que não permite excluir as variáveis sociodemográficas dessa relação, pois afinal, é preciso entender a relação de exposição humana nesses ambientes.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta análises exploratórias que contribuem com o entendimento dos condicionantes socioambientais associados ao risco de malária em Lábrea. O conhecimento desse risco em uma representação espacial em células regulares permite olhar as dinâmicas de produção da malária desenvolvendo-se em uma teia complexa de relações em escalas articuladas da paisagem, do indivíduo e do vetor.

Importantes avanços foram alcançados com as metodologias aqui propostas para identificação das áreas de risco e os seus condicionantes em uma escala intramunicipal de análise mais refinada, baseada em células regulares de $[2 \times 2] \text{km}^2$.

A primeira consideração quanto à distribuição espacial do risco de malária é que a apresentou duas dinâmicas entre os anos de 2003 e 2008. Uma delas está relacionada às áreas em que houveram alteração do risco, que chamamos de áreas de conversão do risco. Ou seja, as áreas de risco de malária identificadas em 2003 que apresentaram mudança de alto para médio risco em 2008. Exemplos dessas regiões são as comunidades da sede urbana, assentamentos do rio Passeá e aquelas ao sul no limite com Rondônia.

A outra está relacionada às áreas de expansão do risco. As quais eram definidas no ano de 2003 como áreas sem risco à malária e passaram a exibir médio ou alto risco no ano de 2008. Como exemplo tem-se as comunidades do rio Purus, Ituxi e os assentamentos ao sul do município.

Conhecendo essas áreas, a segunda consideração é sobre os condicionantes socioambientais associados a esse risco. Pontualmente, o perfil de risco sociodemográfico está associado às áreas de conversão do risco à malária de 2003 para 2008. Por sua vez, o perfil de risco ambiental/paisagem apresenta associação às áreas de expansão do risco à malária de 2003 para 2008.

Desse modo, as principais contribuições desse trabalho relacionam-se com a construção de uma adaptação local para o indicador de risco de malária utilizado pelo serviço, o IPA. Este indicador foi construído para uma base celular, com células regulares de $[2 \times 2] \text{km}^2$. A partir dele IPA adaptado ajustado por células foi possível uma análise integrada dos fatores socioambientais associados à malária utilizando a mesma base celular como unidade espacial de referência.

Sendo o espaço intramunicipal composto por diversas formas de uso e ocupação do solo, foi possível evidenciar pontos importantes a serem considerados sobre os condicionantes socioambientais nessa escala. O que deixa claro que não é possível promover o mesmo tipo de planejamento e controle para todo o município. Considerações semelhantes em escalas diferentes foram feitas por diversos autores, assim como a importância da identificação das áreas de risco para nortear as áreas prioritárias visando o controle e a prevenção da doença (ASSIS *et al.*, 2008; ATANAKA-SANTOS *et al.*, 2006; BARBIERI, 2001; BARROS *et al.*, 2007; CABRAL *et al.*, 2010; CASTRO; SINGER, 2007; COURA, 2007; FERREIRA *et al.*, 2007; GURGEL, 2006; KATSURAGAWA *et al.*, 2010; MONTE-MÓR, 1998; SARAIVA *et al.*, 2009; SAWYER; MONTE-MÓR, 1992; SOUZA-SANTOS *et al.*, 2008; PARISE *et al.*, 2011; RODRIGUES *et al.*, 2008; SOUZA-SANTOS *et al.*, 2008; TERRAZAS, 2005; VASCONCELOS *et al.*, 2004; ZEILHOFER *et al.*, 2007).

Esforços e orçamento precisam ser destinados a áreas prioritárias pra não ser contínua a repetição do que acontecia em 1986, quando 60% dos casos de malária na região amazônica concentravam-se em 58% dos municípios, porém 70% do investimento destinado ao controle da malária era gasto em municípios com apenas 3% dos casos (AKHAVAN *et al.*, 1999).

De acordo com o PNCM (2003) os estudos que avaliam os fatores determinantes e colaboradores para a transmissão da doença contribuem com informação para a tomada de decisão e nortear as ações de controle e prevenção.

Além disso, conhecer os padrões e hábitos do homem no seu ambiente pode auxiliar o discurso da prevenção.

Outros pontos devem ser considerados, como a aproximação e o acesso aos serviços de saúde pela população. Uma boa medida de controle tomada pelo PPACM no assentamento Passeá foi a montagem de um laboratório e treinamento de um morador para teste rápido da doença. O que possivelmente contribuiu para a conversão do alto para médio risco de malária.

Para a região foi observado que as zonas de recente conversão florestal apresentam associação com alto risco de malária, padrão semelhante foi encontrado em outras regiões, conforme relatado na literatura (OLSON, 2010; PATZ *et al.*, 2004; SILVA-NUNES, 2010; TAYLOR, 1997; YASUOKA; LEVINS, 2007). Ao reconhecer isso é possível utilizar esses resultados para tomar decisões e construir as ações. Uma possibilidade seria desenhar uma política que integre a identificação dessas áreas no

início dos processos de conversão, e então disponibilizar um guarda de saúde para agir e informar sobre a doença nessas áreas críticas. Hoje, integrar a informação de sistemas de monitoramento ambiental mais recentes como o DETER (Sistema de Detecção de Desmatamentos em Tempo Real) e o DEGRAD (Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Brasileira) (DETER-INPE; DEGRAD-INPE) com os sistemas de informação em saúde como o SIVEP-Malária já poderia apontar para esta direção.

Esses processos de conversão promovem setores da economia, mas conseqüências são sentidas no ambiente e na saúde humana. Hoje se vê que a maioria dos fatores socioambientais está atuando fora do setor de manejo da saúde. Necessitando uma integração de todos os setores. As alterações ambientais podem impactar no futuro o setor saúde, onde quem pagará esse débito será o Sistema Único de Saúde (SUS) (FIALHO, 2010).

Para finalizar, Terrazas (2005) aponta a necessidade da adoção da estratificação espacial ao nível de localidades como rotina nos diferentes programas de controle de endemias, destacando aqui a malária, considerando o atual processo de descentralização das ações para o nível municipal (ao término do PPACM em 2010). O gestor de saúde necessita de métodos de estratificação que melhor demonstrem as áreas com transmissão ativa e de maior risco na dinâmica de transmissão da malária ao longo de toda a extensão territorial do município.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A.P.; ANDRADE, P.R.; FERRARI, P.G. **Preenchimento de células**. São José dos Campos. INPE/DPI. Publicação Interna. 2008. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/~anapaula/plugin_celulas/help.pdf>. Acesso em: dezembro de 2010.
- AKHAVAN, D.; MUSGROVE, P.; ABRANTES, A.; GUSMÃO, R. A. Cost effectiveness of a Malaria Control Program in the Amazon Basin of Brazil, 1988-1996. **Social Science & Medicine**. v. 49, p. 1385–1399, 1999.
- AMARAL, S. A. **Geoinformação para estudos demográficos**: representação espacial de dados de população na Amazônia brasileira. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2003.
- ANSELIN, L. Local indicators of spatial association – LISA. **Geographical Analysis**. v. 27, p. 93-115. 1995.
- ASSIS, M.C.; GURGEL, H.C.; ANGELIS, C.F. A relação entre a dinâmica da malária e problemas socioambientais na bacia do rio Purus. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA DA SAÚDE, 3. – FÓRUM INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA DA SAÚDE, 1. 2007. Curitiba. **Anais...** Curitiba: [s.n], 2007.
- ASSIS, M. C.; SANTOS, T.B.; GURGEL, H. C.; ANGELIS, C. F. A malária e a dinâmica ambiental na bacia do rio Purus. **Geografia. Ensino & Pesquisa**, v. 12, p. 5034-5049, 2008.
- ASSIS, M.C. **Trabalho de campo no Município de Lábrea em setembro de 2010**. 2010.
- ATANAKA-SANTOS, M; CZERESNIA, D.; SOUZA-SANTOS, R; OLIVEIRA, R.M. Comportamento epidemiológico da malária no Estado de Mato Grosso, 1980-2003. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 39, p. 187-192, 2006.
- BARATA R.C.B. Malaria in Brazil: trends in the last ten years. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 11, p. 128-136, 1995.
- BARATA, R.B. **Malária e seu controle**. São Paulo: Hucitec, 1998.
- BARBIERI, A.F. **População, saúde e uso da terra: avaliação da prevalência de malária em um região da Amazônia brasileira**. In.: XXIV General Population Conference in Salvador de Bahia, 2001. Disponível em: <www.abep.nepo.unicamp.br/iussp2001/.../GT_Pop_Amb_Barbieri_Text.pdf>. Acesso em fevereiro de 2011.
- BARBIERI, A.F.; SAWYER, D.O. Heterogeneity of malaria prevalence in alluvial gold mining areas in Northern Mato Grosso State, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. 2878-2886, 2007.
- BARCELLOS, C.; FEITOSA, P.; DAMACENA, G.N.; ANDREAZZI, M.A. Highways and outposts: economic development and health threats in the central Brazilian Amazon region. **International Journal of Health Geographics**. v. 9, p 17-30., 2010.
- BARROS, F.S.M.; AGUIAR, D.B.; ROSA-FREITAS, M.G.; LUITGARDS-MOURA, J.F.; GURGEL, H.C.; HONÓRIO, N.A.; ARRUDA, M.E.; TSOURIS, P.; VASCONCELOS, S.D. Distribution summaries of malaria vectors in the northern Brazilian Amazon. **Journal of Vector Ecology**, v. 32, p.161-167 , 2007.

BENJAMIN, Y.; HOCHBERG, Y. Controlling the False Discovery Rate: a practical and powerful approach to multiple testing. **Journal of the Royal Statistical Society B**. v. 57, p. 289-300, 1995.

BRACKEN, I.; MARTIN, D. The generation of spatial population distributions from census centroid data. **Environment and Planning A**, v. 21, p. 537-543, 1989.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Diretoria Técnica de Gestão. **Guia para profissionais de saúde sobre prevenção da malária em viajantes** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Diretoria Técnica de Gestão. – Brasília : Ministério da Saúde, 2008.

BECKER, B. K. Amazônia: Mudanças Estruturais e Urbanização. In: M. F. Gonçalves e Et-All. (Ed.). **Regiões e cidades, cidades nas regiões**. São Paulo: ANPUR/UNESP, v.1, 2003. Amazônia: Mudanças Estruturais e Urbanização, p.651-656.

CARDOSO, A. C. D. **O Rural e o Urbano na Amazônia: diferentes olhares em perspectiva**. Belém: Editora Universidade do Pará. 2006.

CASTRO, M.C.; SINGER, B. **Malaria foci and colonization processes on the Amazon frontier: new evidence and GIS approach**. XXIV General Population Conference (IUSSP). Salvador, Bahia, Brasil, 2001.

CASTRO, M.C.; MONTE-MOR, R.L.; SAWYER, D.O.; SINGER, B.H. Malaria risk on the Amazon Frontier. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 103, 2452–2457, 2006.

CASTRO, M.C.; SINGER, B.H. Controlling the false discovery rate: a new application to account for multiple and dependent tests in local statistics of spatial association. **Geographical Analysis**, v. 38, p. 180-208, 2006.

CASTRO, M.C.; SINGER, B. Meio ambiente e saúde: metodologia para análise espacial da ocorrência de malária em projetos de assentamento. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, v. 24, p. 247-262, 2007.

CASTRO, M.C.; SAWYER, D.O. SINGER, B.H. Spatial patterns of malaria in the Amazon: Implications for surveillance and targeted interventions. **Health & Place**, v. 13, p. 368–380, 2007.

COIMBRA JR., C. E. A. Human factors in the epidemiology of malaria in the Brazilian Amazon. **Human Organization**, v. 47, p.254-260, 1988.

CONSOLI, R.A.G.B; LOURENÇO, R. . **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994.

CORDEIRO, C.E.S.; FILOMENO, C.R.M.; COSTA, C.M.A.; COUTO, A.A.R.A. Perfil epidemiológico da malária no estado do Pará em 1999 com base numa série histórica de dez anos (1980-1999). **Informe Epidemiológico do Sistema Único de Saúde**, v. 11, p. 69-77, 2002.

CORREIA, V.G.M.; CARVALHO, M.S.; SABROZA, P.C. VASCONCELOS, C.H. Remote sensing as a tool to survey endemic diseases in Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, p. 891-904, 2004.

- CORREIA, V.R.M.; MONTEIRO, A.M.V.; CARVALHO, M.S.; WERNECK, G.L. Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 1015-1028, 2007.
- COUCLELIS, H. Cellular worlds: a framework for modeling micro - macro dynamics. **Environment and Planning A**, v. 17, p. 585–596, 1985.
- DEANE, L.M.; CAUSEY, O.R.; DEANE, M.P.; Notas sobre a distribuição e a biologia dos anofelinos das regiões nordestinas e Amazônica do Brasil. **Revista de Saúde Pública**. v. 1, p. 827–965, 1948.
- FERREIRA, M.U.; KARUNAWEERA, N.D. SILVA-NUNES, M. SILVA, N; WIRTH, D.F., HARTL, D.L. Population structure and transmission dynamics of *Plasmodium vivax* in rural Amazonia. **Journal of Infectious Diseases**, v. 195, p. 1218–1226, 2007.
- FIALHO, R. **Controle da malária no Amazonas**. Fundação de Vigilância em Saúde, Manaus, setembro, 2010. Comunicação pessoal.
- FORATTINI, O.P. **Culicidologia Médica: identificação, biologia e epidemiologia**. São Paulo: Edusp, 2002.
- FOTHERINGHAM, A.S.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. The geography of parameter space: an investigation of spatial non-stationarity. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 10, p. 605-627, 1996.
- FOTHERINGHAM, A.S.; CHARLTON, M. BRUNSDON, C. **Measuring spatial variations in relationships with geographically weighted regression**. In: M. M. Fischer and A. Getis (eds.). Recent developments in spatial analysis: spatial statistics, behavioural modelling, and computational intelligence. New York, Springer. p.60-82, 1997.
- FOTHERINGHAM, A.S.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M.E. **Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships**, Chichester: Wiley, 2002.
- FUNAI, FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO. Disponível em: <<http://www.funai.gov.br/indios/terras/conteudo.htm>>. Acesso em fevereiro de 2011.
- GAVLAK, A.A. **Aplicação de um método multivariado para geração de superfícies de distribuição populacional**. In.: I POSDEM – Encontro nacional de pós-graduação em Demografia e áreas afins. Campinas, 2010.
- GETIS, A. ORD, J.K. **Local spatial statistics: an overview**. In spatial analysis: Modelling in a GIS environment, 261-277. editado por Longley, P. e Batty M. Wiley, 1996.
- GETIS, A. ORD, J.K. **Seemingly independent tests: addressing the problem of multiple simultaneous and dependent tests**. 39th annual meeting of the western regional science association, Kauai, Hawaii. 2000.
- GURGEL, H.C. **Paludisme et dynamiques environnementales dans l'État du Roraima au Brésil**. Tese de doutorado em Geografia e Prática do Desenvolvimento. Nanterre: Université Paris X, 2006.. Disponível em: <http://www.orleans.ird.fr/site/these_gurgel.pdf>. Acesso em: dezembro de 2010.

HAESBAERT, R. Território e região numa "constelação" de conceitos. In: MENDONÇA, F.; SAHR, C. L. L.; SILVA, M. (org.). **Espaço e tempo**: complexidade e desafios do pensar e do fazer geográfico. Curitiba: Ademadan, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico de 2000**, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/default_censo_2000.shtm>. Acesso em: agosto de 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **contagem populacional de 2007**, 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>> Acesso em: agosto de 2010.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **censo demográfico de 2010**, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acesso em: novembro de 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS. **DETER-INPE**: sistema de detecção de desmatamentos em tempo real. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/deter/>>. Acesso em: março de 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **DEGRAD-INPE**: mapeamento da degradação florestal na Amazônia brasileira. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/degrad/>>. Acesso em: março de 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **PRODES-INPE**: projeto de monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>>. Acesso em: abril de 2011.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing**: a remote sensing perspective. Ed. Upper Saddle River, 2005.

KATSURAGAWA, T.H.; GIL, L.H.S.; TADA, M.S.; SILVA, A.A.; COSTA, J.N.; ARAÚJO, M.S.; ESCOBAR, A.L. SILVA, L.H.P. The Dynamics of Transmission and Spatial Distribution of Malaria in Riverside Areas of Porto Velho, Rondônia, in the Amazon Region of Brazil. **PLoS ONE**, v. 5, p. 239-245, 2010.

KELLNDORFER, J.; WALKER, W.; PIERCE, L.; DOBSON, C.; FITES, J.A.; HUNSAKER, C.; VONA, J.; CLUTTER, M. Vegetation height estimation from shuttle radar topography mission and national elevation datasets. **Remote Sensing of Environment**, v. 93, p. 339–358, 2004.

LAST, J. (ed). **Dictionary of epidemiology**. New York, Oxford: University Press, 1983.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Macrozee da Amazônia Legal**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/225/_arquivos/macrozee___proposta_preliminar_p ara_consulta_26_jan_225.pdf>. Acesso em: março de 2010.

MARQUES, A. C. Human migration and the spread of malaria in Brazil. **Parasitology Today**, v. 3, p. 166-170, 1987.

- MARQUES, A.C.; PINHEIRO, E.A. Fluxos de casos de malária no Brasil em 1980. **Revista Brasileira de Malariologia e Doenças Tropicais**, v. 34, p. 1-31, 1982.
- MEIRA, D.A; PITA, H.J; BARRAVIERA, B. Malária no município de Humaitá, estado do Amazonas. Alguns aspectos epidemiológicos e clínicos. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 22, p. 124-134, 1980.
- MENNIS, J. Mapping the Results of Geographically Weighted Regression **The Cartographic Journal**, v. 43, p. 171–179, 2006.
- MONTE-MÓR, R.L. Health, the Environment and Urban-Rural Relations in Amazonia. In: M. Chatterji, M. Munasinghe and R. Ganguly (eds.). **Environment and health in developing countries**. New Delhi, India: A.P.H. Pub.Corporation, 1998. p. 149-156.
- MONTE-MÓR, R. L. O que é urbano no mundo contemporâneo. **Revista Paraense de Desenvolvimento**, 111, 2006.
- MONTE-MÓR, R. L. D. M. Urbanização Extensiva e Lógicas de Povoamento: um olhar ambiental. In: M. Santos, M. A. A. D. Souza, *et al* (Ed.). **Território, globalização e fragmentação**. São Paulo: HUCITEC-ANPUR. Urbanização Extensiva e Lógicas de Povoamento: Um Olhar Ambiental, p.169-181, 1994.
- MOTTA, M.; CORDEIRO, J.C.P; VALERIANO, D.M. **Using LEGAL – Map Algebra - as a tool to support estimation of Amazonian Deforestation**. SELPER - XI Simposio Latinoamericano sobre percepcion remota y sistemas de informacion espacial, 2004.
- OLSON, S.H. GANGNON, R. SILVEIRA, G.A. PATZ, J.A. Deforestation and Malaria in Mâncio Lima County, Brazil. **Emerging Infectious Disease**, v.16 p.1-18, 2010.
- PARISE, E.V.; ARAÚJO, G.C.; PINHEIRO, R.T. Análise espacial e determinação de áreas prioritárias para o controle da malária, no Estado no Tocantins, 2003-2008. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 44, p. 63-69, 2011.
- PATZ, J.A.; DASZAK, P.; TABOR, G.M.; AGUIRRE, A.A.; EPSTEIN, J.; WOLFE, N.D.; KILPATRICK, A.M. FOUFOPOULOS, J.; MOLYNEUX, D. BRADLEY, D.J. Working Group on Land Use Change and Disease Emergence. Unhealthy landscapes: Policy recommendations on land use change and infectious disease emergence. **Environmental Health Perspectives**, v. 112, p. 1092–1098, 2004.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. PROGRAMA NACIONAL DE PREVENÇÃO E CONTROLE DA MALÁRIA (PNCM).. Brasília: Ministério da Saúde, 2003.132 (Série C. Projetos, Programas e Relatórios).
- RENNÓ, C. D. Redução dos efeitos do desmatamento sobre modelo digital de elevação do SRTM usando imagem TM/LANDSAT. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 7095-7102. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.15.22.13>>. Acesso em: 20 maio 2011.
- RENNÓ, C. D. Sistema interativo de registro de imagens baseado em feições. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. (SBSR), 2007,

Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 6067-6074. CD-ROM; On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. (INPE-16505-PRE/11081). Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.02.52>>. Acesso em: 20 maio 2011.

RENNÓ, C. D.; NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; SOARES, J. V.; HODNETT, M. G.; TOMASELLA, J.; WATERLOO, M. J. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 3469–3481, 2008.

RODRIGUES, A.F.; ESCOBAR, A.L. SOUZA-SANTOS, R. Spatial analysis and determination of malaria control areas in the State of Rondônia. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 41, p. 55-64, 2008.

ROGERSON, P.A. A statistical method for the detection of geographic clustering. **Geographical analysis**, v. 33, p. 215-27, 2001.

ROZENFELD, S.(org.) **Fundamentos da vigilância sanitária**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, p.304, 2000.

SANTOS, V.R.; YOKOO, E.M.;SOUZA-SANTOS, R.; SANTOS, M.A. Fatores socioambientais associados à distribuição espacial de malária no assentamento Vale do Amanhecer, Município de Juruena, Estado de Mato Grosso, 2005. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, p. 47-53, 2009.

SARAIVA, M.G.; AMORIM, R.D.S.; MOURA, M.A.S.; ESPINOSA-MARTINEZ, F.E. BARBOSA, M.G.V. Expansão urbana e distribuição espacial da malária no município de Manaus, Estado do Amazonas. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, p. 515-522, 2009.

SAWYER D.R.; SAWYER, D.O. The malaria transition and the role of social science research. In: CHEN, L. C. (Ed.). **Advancing the health in developing countries: the role of social research**. Westport: Auburn House, 1992.

SAWYER, D.O.; MONTE-MÓR, R.L. Malaria prevalence and environmental factors in early stages of settlement project. In: **Pan American Health Organization**, Brasília, 1992.

SAWYER, D.; SAWYER, D. R. **Malaria on the Amazon Frontier: Economic and Social Aspects of Transmission and Control**. Belo Horizonte: Cedeplar. 1987.

SILVA, N.S.; SILVA-NUNES, M.; MALAFRONTTE, R.S.; MENEZES, M.J.; D'ARCADIA, R.R.; KOMATSU, N.T.; SCOPEL, K.K.; BRAGA, E.M; CAVASINI, C.E.; CORDEIRO, J.A.; FERREIRA, M.U. Epidemiology and control of frontier malaria in Brazil: lessons from community-based studies in rural Amazonia. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine Hygiene**, v. 104, p. 343-350, 2010.

SILVA-NUNES, M. Impacto de alterações ambientais na transmissão da malária e perspectivas para o controle da doença em áreas de assentamento rural da Amazônia brasileira. **Oecologia Australis**, v. 14, p. 603-622, 2010.

SILVA-NUNES, M.; CODEÇO, C.T.; MALAFRONTTE, R.S.; NATAL, S.S.; JUCANSEN, C.; MUNIZ, P.T.; FERREIRA, M.U. Malaria on the Amazonian Frontier: Transmission Dynamics, Risk Factors, Spatial Distribution, and Prospects for Control. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 79, p. 624-635, 2008.

SILVA-NUNES, M.; MALAFRONTA, R.S.; LUZ, B.A.; SOUZA, E.A.; MARTINS, L.C.; RODRIGUES, S.G.; CHIANG, J.O.; VASCONCELOS, P.F.C.; MUNIZ, P.T.; FERREIRA, M.U. The Acre Project: the epidemiology of malaria and arthropod-borne virus infections in a rural Amazonian population. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, p. 1325-1334, 2006.

SINGER, B.H.; CASTRO, M.C. Agricultural colonization and malaria on the Amazon frontier. In: Weinstein M, Hermalin AI, Stoto MA (eds.) Population Health and Aging: strengthening the dialogue between epidemiology and demography. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 954, p. 184-222, 2001.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. **Sivep-Malária** - sistema de informação de vigilância epidemiológica – notificação de casos. Disponível em: <http://portalweb04.saude.gov.br/sivep_malaria/default.asp>. Acesso em: março de 2010.

SMITH, T.; CHARLWOOD, J.D.; TAKKEN, W. SPIEGELHALTER, D. Bayesian mapping of the densities of malaria vectors within a single village. **Acta Tropica**, v. 59, p.1-18, 1995.

SMITH, M. J.; GODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. A. **Geospatial Analysis** - a comprehensive guide to principles, techniques and software tools. 3. ed. 2006.

SOUZA-SANTOS, R. OLIVEIRA, M.V.; ESCOBAR, A.L.; SANTOS, R.V.; COIMBRA, C.E.A. Spatial heterogeneity of malaria in Indian reserves of Southwestern Amazonia, Brazil. **International Journal of Health Geographics**, v.7 p.1-10 2008.

SORIÇ, B. Statistical discoveries and effect size estimation. **Journal of the American Statistical Association**, v. 84, p. 608-610, 1989.

SUÁREZ-MUTIS, M.C.; COURA, J.R. Mudanças no padrão epidemiológico da malária em área rural do médio Rio Negro, Amazônia Brasileira: análise retrospectiva **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. 795-804, 2007.

SUDAM/PNUD. **Diagnóstico e cenarização macrossocial da Amazônia Legal**: Perfil da Saúde na Amazônia Legal e o Contexto Brasileiro. Belém, 2000.

SPJOTVOLL, E. On the optimality of some multiple comparison procedure. **The Annals of the Mathematical Statistics**, v. 43, p. 398-411, 1972.

SVS, Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde. **Situação epidemiológica da malária no Brasil, ano de 2007**. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/folder_malaria_2008_final.pdf> Acesso em: dezembro 2009

TADEI, W.P.; SANTOS, J.M.M; COSTA, W.L.S.; SCARPASSA, V.M. Biologia de anofelinos amazônicos. XII. Ocorrência de espécies de Anopheles, dinâmica de transmissão e controle da malária na zona urbana de Ariquemes (Rondônia). **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**. v. 30, p. 221-251, 1988.

TADEI, W.P.; THATCHER, B.D.; SANTOS, J.M.M.; SCARPASSA, V.M.; RODRIGUES, I.B.O.; RAFAEL, M.S. Ecologic observations on anopheline vector of malaria in the Brazilian Amazon. **American Journal of Tropical Medicine Hygiene**, v. 59, p. 325–335, 1998.

TAUIL, P. L.; DEANE, L.; SABROZA, P. C.; RIBEIRO, C. A malária no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 1, p. 71-111, 1985.

- TANNER, M.; VLASSOF, C. Treatment-seeking behaviour for malaria: a tyopology based on endemicity and gender. **Social Science and Medicine**. v. 46, p. 523-532, 1998.
- TAYLOR, B. Malaria transmission mosquitoes, humans and their behaviour. **Antenna**. v. 18, p. 18-22, 1997.
- TERRAZAS, W.C.M. **Desenvolvimento de SIG para análise epidemiológica da distribuição espacial da malária no município de Manaus – um enfoque em nível local**. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública. Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2005.
- TOBLER, W. R. Cellular geography. In: GALE, S.; OLSSON, G. (Ed.). **Philosophy in geography**. Dordrecht: D. Reidel Pub. Co., 1979.
- TUKEY, J.W. The philosophy of multiple comparisons. **Statistical Science**. v. 6, p. 100-116. 1991.
- ULABY, F.T.; MOORE, R.K.; FUNG, A.K. **Microwave remote sensing: active and passive**. Reading Mass: Assison-Wesley, 1981.
- VASCONCELOS, C.H. **Aplicação de sensoriamento remoto e geoprocessamento para analisar a distribuição da malária na região do reservatório de Tucuruí – PA**. Tese de Doutorado da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.
- VASCONCELOS, C.H. NOVO, E.M.L.M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA. **Acta Amazonica**, v. 34, p. 487-93, 2006.
- ZADEH, L.A. *Fuzzy Sets*. **Information Control**, v. 8, p. 338-353, 1965.
- ZEILHOFER, P.; SANTOS, E.M.; RIBEIRO, A.L.M.; MIYAZAKI, R.D.; SANTOS, M.A. Habitat suitability mapping of *Anopheles darlingi* in the surroundings of the Manso hydropower plant reservoir, Mato Grosso, Central Brazil. **International Journal of Health Geographics**, v. 6, p.1-14 2007.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **World malaria report** , 2009.
- YASUOKA, J.; LEVINS, R. Impact of deforestation and agricultural development on Anopheline ecology and malaria epidemiology. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 76, p. 450-460, 2007.

APÊNDICE A

ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO EM 2003 E 2008

Para efetivar a redistribuição espacial da população de Lábrea nas células de [2x2]km² a partir do modelo empírico multivariado. O qual foi utilizado para estimar a potencialidade de cada célula para a presença de população residente foi necessário ter a população total e a população registrada para cada um dos setores censitários do município. Para o período deste estudo, os dados de população fornecidos pelo IBGE são os dados do Censo Demográfico de 2000 e os da Contagem Populacional de 2007. Os dados de casos de malária informatizados e por localidade existem a partir de 2003. Há também outro dado de população por município disponibilizado pelo IBGE que é a projeção populacional. Essa projeção para o município de Lábrea em 2000 era de 23.407. Para o ano de 2003 era de 27.694 residentes. Porém, os dados do Censo 2000 mostraram uma população residente de 28.956 e a contagem de 2007 observou 36.909 residentes, apontando uma clara tendência de crescimento. Observados estes dados, a projeção foi descartada e foi utilizado como ponto de partida os dados oficiais disponíveis fornecidos pelo IBGE para a população total e a população por tipo de setor em 2000 e 2007 (TABELA A.1).

TABELA A.1: Número de habitantes total em 2000 e 2007.

Anos da análise	Número de habitantes	
	<i>Tipo de setor/nº de setores</i>	
	<i>Urbano</i>	<i>Rural</i>
2000 (<i>Pop</i> ₂₀₀₀)	19.276 (1 setor)	9.680 (28 setores)
2007 (<i>Pop</i> ₂₀₀₇)	21.943 (1 setor)	14.966 (53 setores)
<i>Incremento Populacional 2000-2007</i>	2.667	5.286

Para a estimativa de 2003 foi assumido que o incremento do período se distribui em valores iguais para cada ano. Conforme a tabela xx, entre 2000 e 2007, um período de 7 anos, o incremento anual (*IA*) a partir da EQUAÇÃO A.1 foi 1136.14.

$$IA = Pop_{2007} - Pop_{2000} \quad (A.1)$$

Com a aplicação da EQUAÇÃO A.2, obteve-se o incremento total (*IT*) para 2003 que foi de 3408.42 que aproximamos para 3408. Tal passou a ser o volume total de população a ser acrescentado ao total da população em 2000 para gerar a estimativa da população residente em 2003.

$$IT = IA \times 3 \quad (A.2)$$

Isto resultou em um volume populacional de 32.364 residentes (EQUAÇÃO A.3)

$$Pop_{2003} = Pop_{2000} + IT \quad (A.3)$$

Esta população está dividida em setores urbanos e rurais. Em 2000 eram 28 setores rurais e 1 setor urbano. Para a estimativa de população exposta por setor em 2003, a malha digital de setores de 2000 foi a base utilizada. Para fazer isso foi observado o incremento de população por tipo de setor no período e feita a mesma consideração, ou seja, o incremento anual para setores urbanos foi 381 residentes resultando em 1.143 residentes a mais no único setor urbano de 2003. Elevando a população urbana estimada para 20.419 residentes. Para os setores rurais a mesma consideração foi feita resultando em um incremento anual 755.14 levando a um total de 2.265 residentes estimados para serem distribuídos por 28 setores rurais. Este volume foi distribuído de maneira uniforme, tendo cada setor obtido aproximadamente 80 novos residentes. A TABELA A.2 apresenta estes resultados.

TABELA A.2: Número de habitantes por tipo de setor em 2000, 2007 e a estimativa em 2003.

Anos da análise	Número de habitantes	
	<i>Tipo de setor/nº de setores</i>	
	<i>Urbano</i>	<i>Rural</i>
2000 (<i>Pop</i> ₂₀₀₀)	19.276 (1 setor)	9.680 (28 setores)
2007 (<i>Pop</i> ₂₀₀₇)	21.943 (1 setor)	14.966 (53 setores)
<i>Incremento (2000-2007)</i>	2.667	5.286
<i>Incremento Anual</i>	381	755.14
<i>Incremento Total</i>	1.143	2.265
População estimada 2003	20.419	11.945

Esta foi a metodologia utilizada para estimar a população distribuída pelos setores censitários em 2003, utilizada como denominador para o cálculo do IPA-Local Ajustado por célula para 2003.

Para obter a população estimada para o ano de 2008, a mesma metodologia seria aplicada. No entanto, observando os dados do período 2007-2010, de posse dos primeiros resultados do Censo 2010, liberados em novembro de 2010, foi possível observar a dinâmica do período como pode ser visto na TABELA A.3.

TABELA A.3: Número de habitantes por tipo de setor em 2007, 2010 e a estimativa em 2008.

Anos da análise	Número de habitantes		
	<i>Tipo de setor/nº de setores</i>		
	<i>Total</i>	<i>Urbano</i>	<i>Rural</i>
2007	36.909	21.943 (1 setor)	14.966 (53 setores)
2010	37.574	24.223	13.351
<i>Incremento (2007-2010)</i>	665	2.280	-1.615
<i>Incremento Anual</i>	222	760	-538
<i>Incremento Total</i>	222	760	-538
População estimada 2008	37.795	22.703	14.428

Com base nessas análises e nos testes através dos resultados em algumas células, observou-se que não haveria ganho suficiente de informação para usar esse dado estimado. Assim, optou-se por considerar a população contabilizada a partir da contagem de 2007, como a população estimada em 2008.

APÊNDICE B

APLICAÇÃO DO TESTE $G_i^*(d)$

O teste $G_i^*(d)$ foi aplicado para identificar a presença de aglomerações significativas de alta ou baixa incidência de malária na escala intraurbana para o município de Lábrea. Considerando uma distância d de cada célula i , é possível identificar essas aglomerações.

Para o município, dividido em n células, cada uma identificada por um ponto georreferenciado, $i = 1, 2, \dots, n$. Cada i está associado com um valor x_i que representa uma realização da variável aleatória X , o teste $G_i^*(d)$ é definido, segundo Getis e Ord (1996), como (EQUAÇÃO B.1):

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}(d)x_{ij} - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{ij}(d)}{s \left\{ \left[n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2(d) - \left(\sum_{j=1}^n w_{ij}(d) \right)^2 \right] / (n-1) \right\}^{1/2}} \quad (\text{B.1})$$

Onde $w_{ij}(d)$ é o vetor de pesos espaciais com valores para todas as células definido por uma distância d de i , e a média e a variância são dadas (EQUAÇÃO B.2):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad \text{e} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - \left(\bar{x}\right)^2} \quad (\text{B.2})$$

A hipótese nula (H_0) do teste $G_i^*(d)$ é que não há associação espacial entre o valor X na célula i e os seus vizinhos, considerando uma distância d . De acordo com um nível de significância, os resultados são comparados com a distribuição normal. Os valores de $(Z[G^*(d)])$ com significância negativa revelam aglomerações de baixa incidência de malária, enquanto valores de $(Z[G^*(d)])$ com significância positiva indicam aglomerações de alta incidência.

Castro e Singer (2007) alertam que para cada célula i são realizadas comparações múltiplas, o que pode causar em erros do tipo I, ou seja, rejeitar hipótese nula quando na verdade deveria aceitar e como consequência criar mais associações espaciais do que realmente existe na área de estudo (TUKEY, 1991). Pois quando:

Aceito H_0 = não há associação espacial.

Rejeito H_0 = há associação espacial.

Ainda, muitas células possuem a mesma vizinhança o que contraria o princípio de independência do teste (ANSELIN, 1995; GETIS e ORD, 1996; ROGERSON, 2001). Uma alternativa para solução desses problemas usualmente utilizada é a correção de Bonferroni (GETIS; ORD, 2000). Benjamin e Hochberg (1995) propuseram a aplicação da correção de falsas descobertas (False Discovery Rates – FDR), defendendo-a como uma abordagem prática e poderosa para testes múltiplos. Essa correção integra as preocupações de Spjøtvoll's (1972) sobre os erros cometidos pelas comparações múltiplas e os conceitos de Soriç's (1989) sobre a falsa rejeição da hipótese nula. Os autores estão interessados em controlar a proporção de declarações falsas significativas entre os indivíduos de hipótese nula considerada significativa Castro e Singer (2006). Ou seja: considerando m hipóteses a serem testadas, R são as declarações significativas (H_0 rejeitada), F equivalem às declarações de H_0 incorretamente rejeitada (erro do tipo I) e S à H_0 corretamente rejeitada. A variável Q é definida pela proporção de H_0 incorretamente rejeitada em razão de todas as declarações significativas, sendo: $Q=F/R$. Quando $R=0$, a variável Q é nula. Benjamin e Hochberg (1995) definem FDR como um valor esperado da variável Q . Castro e Singer (2006) propõe que a variável Q pode ser controlada dado um nível de significância α ao ordenar os resultados em p_{valor} em ordem ascendente ($p_1 \leq p_2 \leq \dots \leq p_m$); encontrar o primeiro p_i onde atenda a EQUAÇÃO B.3 :

$$p_i \leq (i/m)\alpha \quad (B.3)$$

E, considerar todos os testes onde (EQUAÇÃO B.4):

$$p_i \leq p_{crítico} = (i/m)\alpha = FDR \quad (B.4)$$

Ou seja, os testes que atendem a EQUAÇÃO B.4, são considerados significativos após a correção do FDR, onde H_0 incorretamente rejeitada foi eliminada.

Castro e Singer (2006) compararam os resultados da aplicação de Bonferroni, Sidak e FDR e concluíram a maior eficácia com o uso de FDR nos testes locais de associação espacial.

De acordo com a TABELA B.1, 112 células apontam associação espacial após a correção com FDR, considerando um $z_{crítico}$ de $\pm 3,03$. Com isso há uma maior restrição dos resultados em comparação ao dado sem correção. Através de análise empírica, a superfície resultante apresenta maior relação com a realidade após a correção. As áreas de aglomeração positiva coincidem com a alta incidência de malária em 2003.

TABELA B.1: Significância do teste $G_i^*(d)$ para $n=6$ em 2003.

2003 Células válidas: 2093	Sem correção	Correção com FDR
<i>aceito</i> H_0	1943	1981
<i>rejeito</i> H_0	150	112
<i>Valores altos</i>	150	112
<i>Valores baixos</i>	0	0
$P_{crítico}$	0,025	0,0012
$Z_{crítico}$	$\pm 1,959$	$\pm 3,03$

Em 2008, com o aumento do $z_{crítico}$, após a aplicação do FDR, o teste $G_i^*(d)$ indicou associação espacial para 411 células (TABELA B.2).

TABELA B.2: Significância do teste $G_i^*(d)$, $n=6$ em 2008.

2008 Células válidas: 4564	Sem correção	Correção com FDR
<i>aceito</i> H_0	4012	4153
<i>rejeito</i> H_0	552	411
<i>Valores altos</i>	552	411
<i>Valores baixos</i>	0	0
$P_{crítico}$	0,025	0,0021
$Z_{crítico}$	$\pm 1,959$	$\pm 2,851$

APÊNDICE C

PROCESSAMENTO DAS IMAGENS E APLICAÇÃO DO ALGORITMO *HAND*

O principal objetivo nessa etapa de processamento das imagens é realizar a correção dos efeitos do desmatamento sobre a imagem do MDE-SRTM, obtida por um radar de abertura sintética operando na banda C. A onda eletromagnética na banda C interage de forma complexa com a vegetação e com isso, o MDE-SRTM pode não representar corretamente a superfície do terreno. Áreas onde o terreno é coberto por uma densa e alta vegetação, o MDE pode, de certo modo, representar o topo do dossel fazendo com que certas feições do relevo sejam suavizadas e outras destacadas (KELLNDORFER et al., 2004). Rennó (2009) alerta que devido à sensibilidade à vegetação pelo MDE-SRTM, feições artificiais podem aparecer em regiões onde são observadas mudanças abruptas, como as áreas de contato, por exemplo, entre floresta/desmatamento, o que pode acarretar na inviabilidade na utilização desse tipo de dado, e propõe uma correção a fim de reduzir os efeitos do desmatamento no MDE-SRTM a partir de imagens TM/LANDSAT. Conforme proposto pelo autor esta redução visa melhorar o desempenho de algoritmos para extração de atributos do terreno de modo que representem mais coerentemente a realidade. Para isso, as imagens TM/LANDSAT originais (não georreferenciadas, sem correção radiométrica e com resolução espacial de 30 metros) foram classificadas utilizando o classificador supervisionado de máxima verossimilhança (MAXVER), umas das técnicas de classificação pixel a pixel mais comum. Esse classificador considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes utilizando parâmetros estatísticos, é necessária a definição de amostras na imagem que funcionam como conjuntos de treinamento e definem o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidades, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe do treinamento. As amostras foram agrupadas em duas classes: não floresta e floresta. Para integrar a imagem classificada com o MDE-SRTM executou-se a operação de registro, com isso todas as imagens passam a ter uma correspondência espacial, com a mesma resolução espacial e sistema de projeção (FIGURA C.1). Foi utilizado o programa REGISTRA (RENNÓ, 2007), considerado um sistema de registro através de feições, pois utiliza a informação vetorial que representa as bordas das regiões da imagem classificada, nesse caso as feições dos desmatamentos (classe não floresta) para realizar o registro das imagens

classificadas com o MDE-SRTM. Outra facilidade nesse processo de registro é que o ajuste entre as imagens é feito simultaneamente à coleta de pontos.

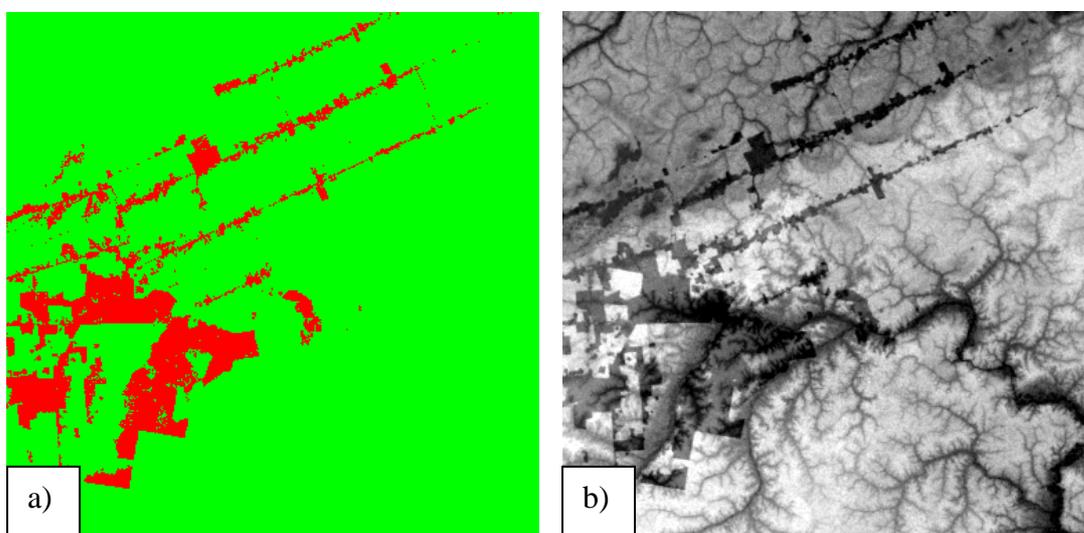


FIGURA C.1: a) Resultado da classificação após registro por feição. b) MDE-SRTM original.

Pelo fato da imagem classificada ser anterior a coleta de dados do SRTM, algumas feições de desmatamento não foram identificadas. O que tornou necessária a inclusão de áreas desmatadas através de edição manual (FIGURA C.2).

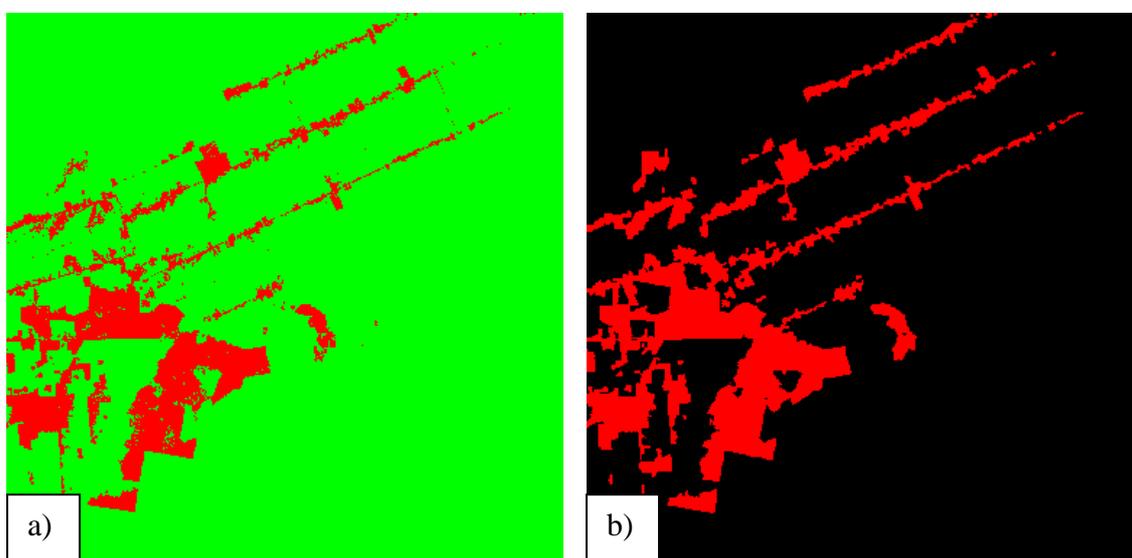


FIGURA C.2: a) Resultado da classificação após registro por feição, sem correção manual. b) Resultado final da classificação, após correção manual.

Para finalizar a etapa de processamento das imagens, executou-se a correção do MDE, através do programa *SRTM_CORR* (RENNÓ, 2009), adicionando uma constante de todos os pixels do MDE pertencentes à classe não floresta. O valor dessa constante foi

definido pela diferença entre o valor do pixel da classe não floresta com o valor do pixel mais próximo da classe floresta. Este procedimento é correspondente a adição de novas áreas a classe floresta, minimizando o efeito do desmatamento sobre o MDE-SRTM, o que é capaz de gerar redes de drenagem mais coerentes (FIGURA C.3).

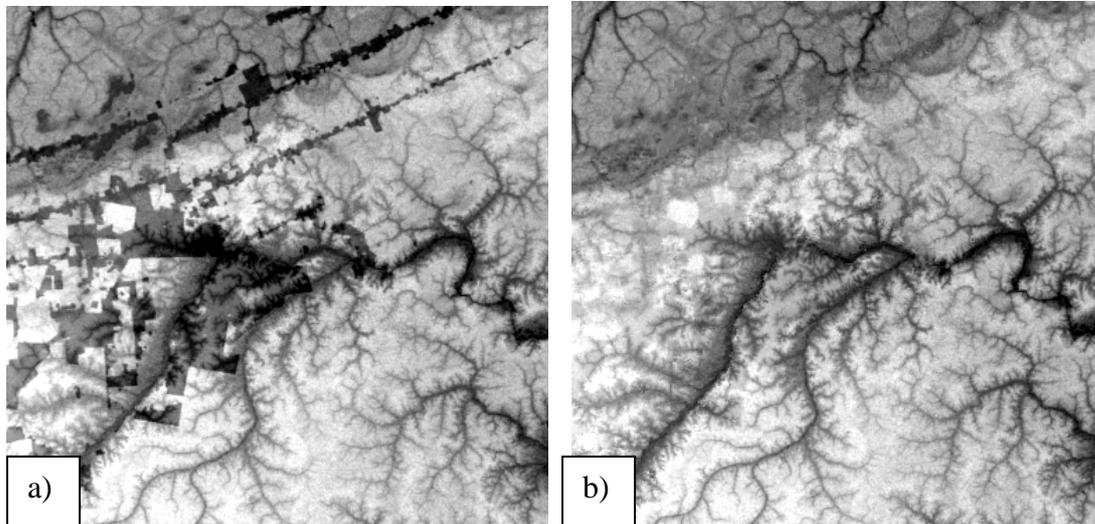


FIGURA C.3: a) MDE-SRTM original. b) Resultado final da correção do efeito do desmatamento sobre o MDE-SRTM.

Após essa correção é possível aplicar o algoritmo *HAND*. O modelo proposto para resultar na compartimentação do terreno, gera quatro dados diferentes, sendo eles: novo MDE-SRTM, a informação de altitude é essencial para definir a direção e a velocidade do fluxo de drenagem; o LDD ou direção do fluxo de drenagem; a área acumulada e a rede de drenagem (FIGURA C.4).

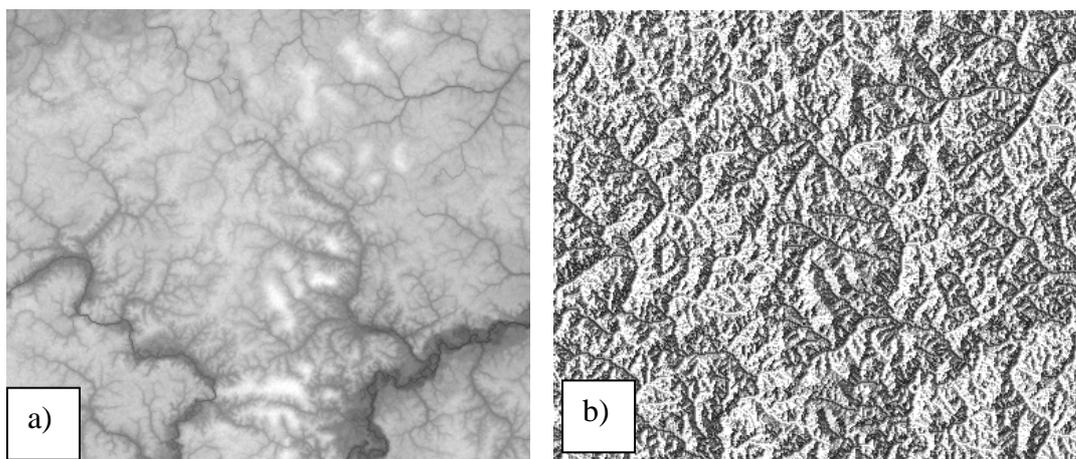


FIGURA C.4: a) Resultado do novo MDE-SRTM. b) Resultado da direção do fluxo de drenagem (LDD).

Para gerar a rede de drenagem é importante definir o limiar de contribuição de área, ou seja o número de pontos da grade que têm uma área de contribuição maior que um determinado limiar. O limiar estabelecido para este trabalho, de acordo com comparação empírica com os rios de 2º ordem fornecido pela Agência Nacional das Águas (ANA) foi 200. Nesse ponto é importante checar a rede de drenagem criada com a base do MDE-SRTM e observar se há regiões onde foram criados artefatos, o que torna essencial a correção a rede de drenagem através do programa *edit_drainage* (RENNÓ, 2009). O resultado é a eliminação desses artefatos e maior coerência com a realidade do terreno (FIGURA C.5).

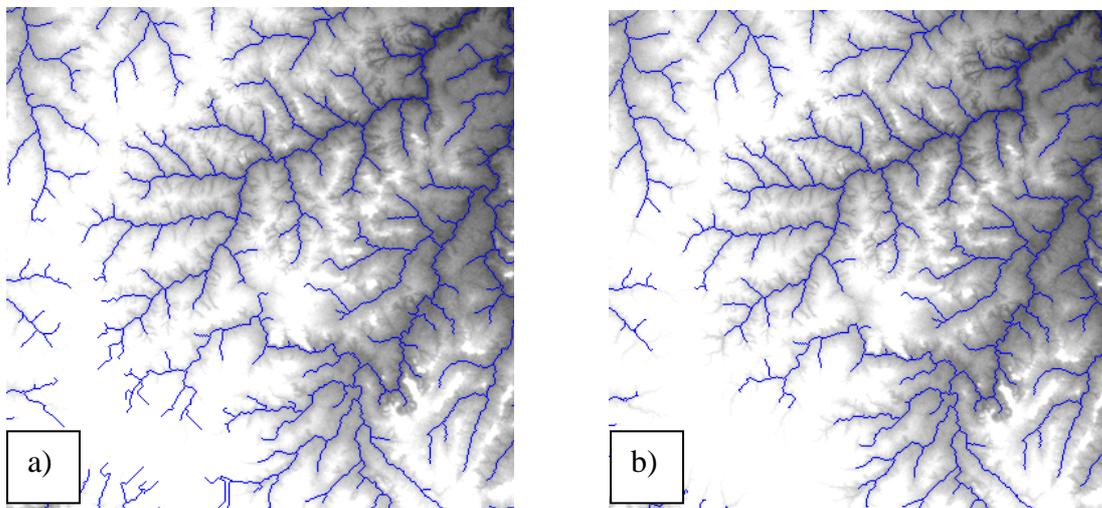


FIGURA C.5: a) Resultado da rede drenagem. b) Resultado final da rede de drenagem após correção manual.

Após a execução de todas as etapas tem-se o resultado da aplicação do algoritmo HAND, ou seja, o mapa de compartimentação do terreno em ambientes.

APÊNDICE D

APLICAÇÃO DO GWR

O GWR é uma contribuição recente à modelagem espacial de processos heterogêneos (FOTHERINGHAM *et al.*, 1996; 1997; 2002). A ideia subjacente é que no GWR os parâmetros podem ser estimados em qualquer lugar da área de estudo dada uma variável dependente (y_i) e um conjunto de uma ou mais variáveis independentes (x_{ik}) que foram medidos em locais cuja localização é conhecida (EQUAÇÃO D.1).

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad (\text{D.1})$$

Onde, (u_i, v_i) refere às coordenadas do ponto no espaço e $\beta_k(u_i, v_i)$ é a realização da função contínua de $\beta_k(u, v)$ no ponto i , nesse caso cada célula. Isso é um dos benefícios do GWR, pois os coeficientes β_k são estimados para qualquer ponto, não somente para aqueles onde os dados são medidos.

Com isso, o modelo GWR precisa ser calibrado, uma vez que há mais variáveis desconhecidas do que observadas. Esse processo de calibração é baseado na 1ª Lei da Geografia de Tobler (TOBLER, 1979), onde: todas as coisas são parecidas, mas coisas mais próximas se parecem mais do que aquelas mais distantes. Assim, dados próximos a uma célula i tem maior influência na estimação dos parâmetros de $\beta_k(u_i, v_i)$ do que dados mais distantes de i . Nesse sentido, a equação do GWR busca medir o relacionamento das variáveis em torno de uma célula i . Onde cada ponto é ponderado de acordo com uma função de kernel que se baseia na proximidade espacial entre as localizações. Para isso, o GWR pode utilizar diferentes funções de ponderação baseado nessa proximidade espacial. Dependendo dessas funções, o método de *kernel* pode ser fixo ou adaptativo (CASTRO; SINGER, 2001; FOTHERINGHAM *et al.*, 2002).

Um problema grave que pode ocorrer no método fixo é que para alguns pontos, quando o dado é esparso, o modelo local pode ser calibrado considerando poucos pontos. Em casos extremos, a estimação dos parâmetros locais pode ser impossível, dada a insuficiência da variação com pequenas amostras.

Pela característica da área de estudo não apresentar uma densidade das observações constante a função utilizada foi a bi-quadrada do *kernel* adaptativo. Essa função é baseada na técnica de vizinho mais próximo (EQUAÇÃO D.2):

$$w_{ij} = \begin{cases} \left\{ 1 - \left(\frac{d_{ij}}{h_i} \right)^2 \right\}^2 & \text{se } d_{ij} < h \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (\text{D.2})$$

Nesse caso, h_i é a largura da banda e varia de acordo com o número de vizinhos de cada célula (FOTHERINGHAM *et al.*, 2002).

Com a escolha da função de ponderação, o problema é obter essa largura de banda apropriada. A qual não pode ser muito pequena, pois produz resultados dependentes e nem extremamente larga e com isso gerar resultados semelhantes a uma estatística global. Para isso utiliza-se um algoritmo de otimização de validação cruzada (*Cross Validation- CV*) (FOTHERINGHAM *et al.*, 2002).

Após a definição da largura da banda mais apropriada, os coeficientes locais da regressão, erros, R^2 e o teste t de significância podem ser obtidos e mapeados e revelar variações locais presentes nos efeitos de cada covariável do modelo (CASTRO; SINGER, 2001; FOTHERINGHAM *et al.*, 2002; MENNIS, 2006).