



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/02.27.19.05-TDI

**MODELAGEM ESPACIAL DINÂMICA DOS  
DETERMINANTES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA  
MALÁRIA E SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS 2020 PARA  
MUNICÍPIO DE PORTO VELHO - RONDÔNIA**

Jussara Rafael Angelo

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre, orientada pelo Dr. Carlos Afonso Nobre, aprovada em 30 de março de 2015.

URL do documento original:

<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3J3GTKE>

INPE

São José dos Campos

2015

## **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

## **COMISSÃO DO CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELECTUAL DO INPE (DE/DIR-544):**

### **Presidente:**

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

### **Membros:**

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

Dr. Amauri Silva Montes - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espaciais (ETE)

Dr. André de Castro Milone - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas  
(CEA)

Dr. Joaquim José Barroso de Castro - Centro de Tecnologias Espaciais (CTE)

Dr. Manoel Alonso Gan - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos  
(CPT)

Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Plínio Carlos Alvalá - Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CST)

### **BIBLIOTECA DIGITAL:**

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

Clayton Martins Pereira - Serviço de Informação e Documentação (SID)

### **REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:**

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação  
(SID)

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

### **EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:**

Marcelo de Castro Pazos - Serviço de Informação e Documentação (SID)

André Luis Dias Fernandes - Serviço de Informação e Documentação (SID)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/02.27.19.05-TDI

**MODELAGEM ESPACIAL DINÂMICA DOS  
DETERMINANTES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA  
MALÁRIA E SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS 2020 PARA  
MUNICÍPIO DE PORTO VELHO - RONDÔNIA**

Jussara Rafael Angelo

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre, orientada pelo Dr. Carlos Afonso Nobre, aprovada em 30 de março de 2015.

URL do documento original:

<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3J3GTKE>

INPE

São José dos Campos

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

Angelo, Jussara Rafael.

An43m Modelagem espacial dinâmica dos determinantes sociais e ambientais da malária e simulação de cenários 2020 para município de Porto Velho - Rondônia / Jussara Rafael Angelo. – São José dos Campos : INPE, 2015.

xxiv + 163 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/02.27.19.05-TDI)

Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015.

Orientador : Dr. Carlos Afonso Nobre.

1. Modelagem. 2. Determinantes socioambientais. 3. Malária.  
I.Título.

CDU 614:504.064.3

---

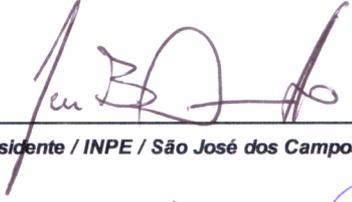


Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

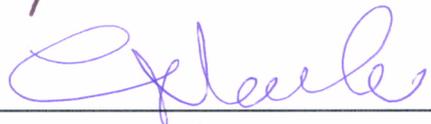
This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

Aprovado (a) pela Banca Examinadora  
em cumprimento ao requisito exigido para  
obtenção do Título de **Doutor(a)** em  
**Ciência do Sistema Terrestre**

Dr. Jean Pierre Henry Balbaud Ometto

  
\_\_\_\_\_  
**Presidente / INPE / São José dos Campos - SP**

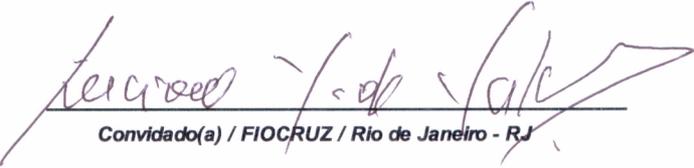
Dr. Carlos Afonso Nobre

  
\_\_\_\_\_  
**Orientador(a) / INPE / Cachoeira Paulista - SP**

Dra. Ana Paula Dutra de Aguiar

  
\_\_\_\_\_  
**Membro da Banca / INPE / SJCampos - SP**

Dr. Luciano Medeiros de Toledo

  
\_\_\_\_\_  
**Convidado(a) / FIOCRUZ / Rio de Janeiro - RJ**

Dr. Christovam de Castro Barcellos Netto

  
\_\_\_\_\_  
**Convidado(a) / FIOCRUZ / Rio de Janeiro - RJ**

*Este trabalho foi aprovado por:*

*maioria simples*

*unanimidade*

**Título: "MODELAGEM ESPACIAL DINÂMICA DOS DETERMINANTES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA MALÁRIA E SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS 2020 PARA MUNICÍPIO DE PORTO VELHO-RONDÔNIA".**

Aluno (a): **Jussara Rafael Angelo**

**São José dos Campos, 30 de Março de 2015**



*“A gente nasce onde o acaso determina, mas, é obrigação do geógrafo lutar para que todo lugar seja digno do homem”.*

*Aziz Ab’Saber*



*Dedico esta conquista a minha família, meus pais, minhas irmãs, meus sobrinhos fofos e ao Lino Augusto, meu companheiro de todas as horas. Sem eles nada valeria a pena.*



## AGRADECIMENTOS

Foi um projeto que durou cinco anos...um pouco mais que o esperado e um pouco menos do que o necessário. Foi um projeto que me exigiu dedicação, coragem e perseverança. Mas, sobretudo foi um projeto que nunca seria finalizado se não tivesse recebido o apoio, a confiança e a amizade de pessoas que cruzaram o meu caminho e se tornaram essenciais na concretização dessa etapa da minha vida profissional.

A meus pais, por tudo que fizeram e pelo que deixaram de fazer... Ao meu pai que me ensinou a ter coragem para enfrentar as adversidades da vida e, me fez entender que melhor do que ganhar é conquistar. À minha mãe, que me ensinou a ter fé e a ser perseverante mostrando-me que mesmo diante de um contexto não favorável era possível sonhar.

Ao meu orientador, Dr. Carlos Nobre, agradeço o tempo dedicado, a orientação precisa e a confiança depositada. Não tenho dúvidas que a minha permanência, nesta pós-graduação, foi por que acreditou no meu potencial e criou um contexto que possibilitasse o desenvolvimento do meu trabalho. Hoje, sinto-me feliz por não tê-lo decepcionado.

Ao meu co-orientador, Dr. Luiz Hildebrando (*in memoriam*), agradeço por ter aberto as portas do IPEPATRO/Fiocruz-RO, colocado toda sua equipe à disposição e mesmo pouco tempo antes de adoecer ter opinado e se importado com o andamento da tese. Sinto-me grata pela oportunidade, mesmo que por curto espaço de tempo, de ter convivido com um dos maiores especialistas em malária do mundo.

Aos meus queridos amigos e para sempre orientadores/professores, Luciano Medeiros de Toledo e Paulo Chagastelles Sabroza, a quem devo minha formação em Saúde Pública. Já se vão quase 10 anos aprendendo como realizar pesquisa com ética, compromisso social e, a lutar por condições de

vida mais justas para a população brasileira. Por todos esses anos... por tudo que aprendi, pelo carinho e pela preocupação paternal minha sincera gratidão.

Ao Christovam Barcellos, a quem devo a escolha que fiz há 12 anos quando ainda era aluna de graduação e sonhava em me tornar uma verdadeira Geógrafa da Saúde. Sempre muito solícito e encorajando alunos de Geografia a percorrer os caminhos da Saúde Pública.

A toda equipe da Fiocruz-Rondônia, mas, principalmente ao Dr. Tony Katsuragawa, Herman Gil e Alzemar que me receberam em Porto Velho, contribuíram com os trabalhos de campo e me ajudaram a entender um pouco mais sobre toda complexidade envolvida na dinâmica socioespacial do município Porto Velho.

Ao grupo LuccME/INPE especialmente a Dra. Ana Paula Aguiar e Talita Assis pelo interesse e disposição no desenvolvimento do modelo espacial dinâmico da malária. Obrigada pela amizade e pela parceria de trabalho estabelecida. A construção dessa tese não seria possível sem o apoio de vocês!

Ao Dr. Miguel Monteiro e Dra. Isabel Escada que foram minha porta de entrada nesta Instituição e souberam me direcionar de forma efetiva na escolha das disciplinas e tema de qualificação.

À PGCST/INPE, principalmente à Dra. Regina Alvalá, Dr. Jean Ometto, Dr. Plínio Alvalá e Angela Harada que me ajudaram a transpor e buscar soluções para os problemas enfrentados durante o curso.

A toda equipe do LabMEP da ENSP/Fiocruz e do DENSP/ENSP que torceram por mim principalmente os amigos Gabriel Silva, Jefferson Pereira, Hermano Albuquerque, Helen Paredes, Raquel Torres e Dolores de Abreu.

As minha irmãs, Ronária e Emília, que me deram os sobrinhos mais carinhosos e doces do mundo! Sei que faça chuva ou faça sol vocês estarão sempre por perto, como sempre estiveram.

Ao Lino Augusto, meu marido e maior presente que poderia ter recebido do INPE. Obrigada pelo amor materializado em paciência, companheirismo e apoio. Essa trajetória se tornou mais leve com sua presença.

A todos os meus colegas da PGCST e da PGSER, uns mais próximos, outros nem tanto assim, mas, que foram igualmente importantes. Ninguém sobrevive ao INPE sozinho, só outro aluno do INPE é capaz de compreender nossas angústias. Por isso, o melhor que levarei do INPE são os amigos que fiz aqui.

Ao Centro de Controle de Zoonozes (CCZ) do município de Porto Velho pela colaboração no georreferenciamento das localidades do SIVEP-Malária.

À Agência Estadual da Vigilância Sanitária (AGEVISA) através do Programa Estadual de Controle da Malária pela disponibilização dos dados do SIVEP-Malária.

Ao Ministério da Saúde através da Coordenação Geral do Programa Nacional de Controle da Malária e da Direção do Departamento de Informática do SUS (Datusus). especialmente através da Dra. Ana Carolina Santelli do Dr. Augusto César Gadelha Vieira que viabilizaram a disponibilidade dos dados.

Ao Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) para Mudanças Climáticas que financiaram essa pesquisa.

A todos vocês, sintam-se parte da concretização deste sonho e testemunhas do início de uma longa caminhada.



## RESUMO

Em pleno século XXI a malária continua sendo uma das endemias de maior magnitude no mundo. Segundo a Organização Mundial da Saúde, no ano de 2013 ocorreram 132 milhões de novos casos, concentrados em países periféricos, sobretudo, na África. No Brasil, a malária está concentrada na região Amazônica onde ocorrem 99% dos casos. A malária é uma doença que envolve diversas dimensões da realidade apresentando uma distribuição espacial heterogênea, definida de forma geral por diversas características e processos territoriais que estão envolvidos na produção desta endemia, tais como densidade vetorial, dinâmica demográfica, processo de ocupação, implantação de projetos econômicos de mineração e de energia, mudanças de uso e cobertura da terra e a capacidade dos serviços de saúde em controlar a doença. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar os determinantes sociais e ambientais da malária no município de Porto Velho, no período 2010-2012 e elaborar um modelo espacial dinâmico para essa endemia. Para isto, foram utilizados dados do Sistema de Informação da Malária (SIVEP-Malária), dados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e dados ambientais de diferentes fontes. A relação entre o Índice Parasitário Anual (IPA) e as variáveis socioambientais foi estabelecida através do modelo de regressão espacial (*Spatial Lag*). Através da plataforma de modelagem de uso da terra, LuccME desenvolvida pelo CCST/INPE foi possível simular cenários de transmissão da malária para o ano 2020 segundo perspectivas diferentes. Foram elaborados três cenários: Cenário Otimista, Cenário Intermediário e Cenário pessimista, os quais foram definidos segundo a velocidade de redução do IPA no município e a intervenção dos serviços de saúde. Os resultados mostraram que o IPA vem apresentando redução no município de Porto Velho, bem como em todo o Estado de Rondônia. Entretanto, ainda assim se constitui em um grave problema de saúde pública pelo alto número de casos. A distribuição espacial do IPA mostrou maior risco nas proximidades da Usina Hidrelétrica de Jirau e no entorno da área urbana de Porto Velho. Em função da dimensão do território e das particularidades regionais às variáveis/indicadores relacionados ao IPA variaram segundo a região de saúde. O resultado dos cenários mostrou nas três simulações a permanência da malária na região da UHE de Jirau e na área periférica da área urbana de Porto Velho. O trabalho evidenciou processos socioespaciais importantes que tem contribuído tanto positivamente quanto negativamente na transmissão da malária, como a expansão do agronegócio, a expansão da indústria barrageira, o processo de urbanização e o aumento da mobilidade populacional, principalmente mobilidade pendular, relacionada ao trabalho e atividade de lazer na área rural.



# **SPATIAL DYNAMICS MODELLING OF SOCIAL AND ENVIRONMENTAL DETERMINANTS AND SCENARIO SIMULATION 2020 IN COUNTY OF PORTO VELHO, RONDÔNIA STATE, BRAZIL**

## **ABSTRACT**

According to the World Health Organization, in 2013, 132 million new cases were registered, mainly in peripheral countries particularly in Africa. In the Brazilian territory, malaria cases are concentrated in the Amazon region corresponding to 99% of the cases. Spatial patterns of Malaria events in the Brazilian Amazon are described by environmental and socio-spatial factors, including vector density, land cover dynamics, population dynamics and economic activities such as mining, construction of hydroelectric dams and also to health services capacity disease control. This work focuses on the analysis of social and environmental determinants of malaria in the Porto Velho – RO municipality. The study analyses the 2010-2012 period and also seeks to build a dynamic spatial model that can simulate potential disease occurrence areas. For that, different datasets were obtained :number of Malaria Cases from the Malaria National Information System (Sistema de Informação da Malária - SIVEP-Malária)”; demographics datasets from the Brazilian Geography and Statistics Institute (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –IBGE) and also environmental data from different sources were used. The relation between the Annual Parasite Index (API) and the social and environmental variables were established throughout a spatial regression model (Spatial Lag Model). The dynamic spatial model was adapted from a free-software land cover and land use platform (LuccME-CST/INPE) to describe endemic-epidemic processes. The LuccME platform made possible the simulation of transmission scenarios for Malaria until 2020 following three different approaches: Optimistic, Intermediate and Pessimist scenarios, which were described by the API reduction speed in the municipality and the health services effectiveness. Results showed that among the last years there has been a reduction of the API in the municipality of Porto Velho as well as in the Rondonia State. However, Malaria is still concernable due to number of cases. The IPA spatial distribution showed a higher risk in the proximities of the Jirau hydropower construction reservoir and in the around the Porto Velho urban area. Scenario analysis results showed the continuity of malaria cases in the UHE Jirau region and in the rural areas near the urban area of Porto Velho municipality. Results also highlighted important sociospatial process that are key factors for malaria transmission, like, the expansion of agribusiness and Hydroelectric dam industries, urbanization process and the increase of the population mobility specially commuting.



## LISTA DE QUADROS

Quadro 5. 2 – Modelos de regressão espacial .....	42
Quadro 5. 3 – Sintaxe e semântica dos parâmetros do Componente de Alocação do Modelo Espacial Dinâmico da Malária (MEDM) .....	43



## LISTA DE FIGURAS

Figura 5-1 - - Localização da área de estudo.....	19
Figura 5-2– Integração de diferentes planos de informação em um espaço celular.....	22
Figura 5-3– Estrutura genérica de modelagem espacialmente explícita dinâmica de modelos de uso e cobertura da terra.....	36
Figura 5-4 – Exemplo de validação múltipla resolução extraída de Constanza (1989).....	46
Figura 5-5- Cálculo da demanda baseado no ajuste exponencial da tendência histórica do Índice Parasitário Anual (IPA). ....	50
Figura 5-6- Representação de um grafo ponderado, adaptado de Newman (2003).....	51
Figura 6-1- Índice Parasitário Anual (IPA) do município de Porto Velho e do Estado de Rondônia 2003 – 2014.....	53
Figura 6-2– Índice Parasitário Anual (IPA) da área rural do município de Porto Velho (RO), 2010 -2012. ....	54
Figura 6-3- Índice Parasitário Anual (IPA) segundo relação de sexo e faixa etária no município de Porto Velho (RO), 2010 – 2012.....	55
Figura 6-4- Índice Parasitário Anual (IPA) por Região de Saúde da área rural do município de Porto Velho (RO) – 2010-2012. Fonte: Fonte: Ministério da Saúde/SVEP-Malária, 2015. Dados sujeitos a revisão.....	57
Figura 6-5– Índice Parasitário Anual (IPA) da área rural do município de Porto Velho – RO, 2010 – 2012.....	58
Figura 6-6– Uso e cobertura da terra na Segunda e Oitava Região de Saúde de Porto Velho (RO) - 2010.....	60
Figura 6-7– Uso e Cobertura da terra na Terceira Região de saúde do município de Porto Velho (RO) - 2010.....	64
Figura 6-8– Uso e cobertura da terra na Quarta Região de saúde do município de Porto Velho (RO) – 2010.....	67
Figura 6-9– Uso e cobertura da terra na Quinta Região de saúde do município de Porto Velho (RO) - 2010.....	69
Figura 6-10– Uso e cobertura da terra na Sexta Região do município de Porto Velho (RO) – 2010.....	71
Figura 6-11– Uso e cobertura da terra na Sétima Região de Saúde do município de Porto Velho (RO) - 2010.....	73
Figura 6-12– Uso e cobertura da terra na Nona Região de Saúde do município de Porto Velho (RO) - 2010.....	75
Figura 6-13- Simulação do Índice Parasitário Anual (IPA) do ano de 2013 no município de Porto Velho (RO).....	92

Figura 6-14– Mapa real do Índice Parasitário Anual (IPA) do município de Porto Velho (RO) – 2013 .....	93
Figura 6-15- Simulação do Índice Parasitário Anual (IPA) na construção de um “Cenário Pessimista” para 2020 .....	95
Figura 6-16- Simulação do Índice Parasitário Anual (IPA) na construção de um “Cenário Intermediário” para 2020 .....	96
Figura 6-17- Simulação do Índice Parasitário Anual (IPA) na construção de um “Cenário Otimista” para 2020 .....	97
Figura 6-18- Percentual de casos alóctones no município de Porto Velho (RO) 2010 -2012 .....	100
Figura 6-19– Percentual de casos migrantes no município de Porto Velho (RO)2010 - 2012 .....	101
Figura 6-20- Fluxos entre localidade de residência e provável local de infecção no município de Porto Velho (RO) – 2010 - 2012.....	103
Figura 6-21 - Principais fluxos de transmissão de malária entre localidade de residência e provável local de infecção no município de Porto Velho – Rondônia (2010 – 2012).....	104

## LISTA DE TABELAS

Tabela 6-1– Proporção de lâminas positivas por espécie, no município de Porto Velho – RO, período 2010-2012.....	56
Tabela 6-2– Proporção de lâminas positivas, no período 2010 – 2012, no município de Porto Velho segundo distribuição urbano/rural e local de residência/provável local de infecção.....	56
Tabela 6-3– Regressão Múltipla Clássica da Segunda e Oitava Regiões .....	77
Tabela 6-4- Regressão Espacial (Spatial Lag) da Segunda e Oitava Regiões	78
Tabela 6-5- Regressão Múltipla Clássica da Terceira Região.....	79
Tabela 6-6- Regressão Espacial (Spatial Lag) da Terceira Região.....	80
Tabela 6-7- Regressão Múltipla Clássica da Quarta Região.....	81
Tabela 6-8- Regressão Espacial (Spatial Lag) da Quarta Região.....	82
Tabela 6-9– Regressão Múltipla Clássica da Quinta Região .....	83
Tabela 6-10- Regressão Espacial (Spatial Lag) da Quinta Região .....	84
Tabela 6-11– Regressão Múltipla Clássica da Sexta Região.....	85
Tabela 6-12 - Regressão Espacial (Spatial Lag) da Sexta Região.....	86
Tabela 6-13- Regressão Múltipla Clássica da Sétima Região.....	87
Tabela 6-14– Regressão Espacial (Spatial Lag) da Sétima Região.....	88
Tabela 6-15- Regressão Múltipla Clássica da Nona Região .....	89
Tabela 6-16– Regressão Espacial (Spatial Lag) da Nona Região .....	90
Tabela 6-17– Grau de similaridade (%) entre o mapa do IPA simulado 2013 e o mapa do IPA real 2013, calculado pelo método de validação multiresolução ..	93
Tabela 6-18- Pessoas que residiam em Porto Velho há menos de 10 anos ininterruptos, segundo o tempo de residência.....	99
Tabela 6-19- Modelo Malária de Fronteira - Regressão Múltipla Clássica .....	105
Tabela 6-20– Modelo Malária de Fronteira - Regressão Espacial (Spatial Lag) .....	106



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1.	HIPÓTESES CIENTÍFICAS .....	3
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
2.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>7</b>
3.1.	CICLO DE TRANSMISSÃO DA MALÁRIA E NOTAS SOBRE O COMPORTAMENTO DO ANOPHELES .....	7
3.2.	DETERMINANTES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA MALÁRIA .....	11
<b>4</b>	<b>ASPECTOS ÉTICOS</b> .....	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>19</b>
5.1.	ÁREA DE ESTUDO.....	19
5.2.	MODELO CONCEITUAL.....	20
5.3.	BANCO DE DADOS .....	21
5.3.1.	<i>CONSTRUÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO DE BASES CARTOGRÁFICAS</i> .....	22
5.3.2.	<i>ÍNDICE PARASITÁRIO ANUAL (IPA) – VARIÁVEL DEPENDENTE</i> <i>24</i>	
5.3.3.	<i>INDICADORES DE RECEPTIVIDADE</i> .....	25
5.3.4.	<i>INDICADORES DE VULNERABILIDADE SOCIAL</i> .....	30
5.3.5.	<i>INDICADORES DE VULNERABILIDADE INSTITUCIONAL</i> .....	31
5.4.	MODELAGEM ESPACIAL DINÂMICA .....	35
5.4.1.	<i>MODELO ESPACIAL DINÂMICO DA MALÁRIA</i> .....	37
5.4.2.	<i>VALIDAÇÃO DO MODELO</i> .....	45
5.5.	CENÁRIOS .....	46
5.6.	FLUXOS DE TRANSMISSÃO DA MALÁRIA.....	50
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>53</b>
6.1.	PERFIL EPIDEMIOLÓGICO .....	53
6.2.	CARACTERIZAÇÃO DO TERRITÓRIO .....	59
6.2.1.	<i>SEGUNDA E OITAVA REGIÕES</i> .....	59
6.2.2.	<i>TERCEIRA REGIÃO</i> .....	63
6.2.3.	<i>QUARTA REGIÃO</i> .....	66
6.2.4.	<i>QUINTA REGIÃO</i> .....	69
6.2.5.	<i>SEXTA REGIÃO</i> .....	70

6.2.6. SÉTIMA REGIÃO .....	73
6.2.7. NONA REGIÃO .....	74
6.3. MODELAGEM ESTATÍSTICA – REGRESSÃO ESPACIAL .....	76
6.4. VALIDAÇÃO .....	92
6.5. CENÁRIOS .....	95
6.6. O PAPEL DA MOBILIDADE NA TRANSMISSÃO DA MALÁRIA.....	98
6.7. MALÁRIA DE FRONTEIRA .....	105
<b>7 DISCUSSÃO .....</b>	<b>109</b>
7.1. PADRÕES E PROCESSOS DE OCORRÊNCIA DA MALÁRIA.....	109
7.2. MOBILIDADE POPULACIONAL E MALÁRIA.....	119
7.3. MODELAGEM ESPACIAL DINÂMICA E EXPLORAÇÃO DE CENÁRIOS.....	122
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>125</b>
<b>9 PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>127</b>
<b>10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>129</b>
APÊNDICE A– PREENCHIMENTO DE CÉLULAS .....	145
APÊNDICE B – ESTIMATIVA POPULACIONAL .....	147
APÊNDICE C – INDICADORES AMBIENTAIS E SOCIAIS .....	149
APÊNDICE D - Correlação entre o Índice Parasitário Anual (variável dependente) e os indicadores sociais e ambientais (variáveis independentes), por região de saúde, do município de Porto Velho (RO) .....	159
ANEXO A .....	161
ANEXO B .....	163

## 1 INTRODUÇÃO

A malária, doença infecciosa produzida pelo protozoário do gênero *Plasmodium* cuja descoberta do ciclo de transmissão ocorreu em 1897 (RUSSEL, 1955), ainda no século XXI umas das doenças de maior ocorrência no mundo. Apesar da recente tendência de redução, no ano de 2013, foram produzidos cerca de 132 milhões de novos casos, sendo o continente Africano, responsável por aproximadamente 92% destes casos. Entretanto, apesar da predominante concentração dos casos em países intertropicais e de economia periférica, a malária também tem se tornado foco de extrema preocupação àquelas nações que no passado foram acometidas pela doença e que, frente às mudanças ambientais globais e ao processo de globalização, temem a reemergência desta endemia (WHO, 2014).

No Brasil, atualmente a malária é em uma doença focal sendo endêmica à Região Amazônica. Em 2011, foram registrados 266.348 casos, sendo 99,7% deles localizados na Amazônia Brasileira, sobretudo nos estados do Amazonas e do Pará. A endemia também está em crescente redução, tendo sido observado entre 2000 e 2011 um decréscimo de 57% dos casos, parcialmente sendo atribuído à ampliação da rede laboratorial e ao processo de descentralização das ações de vigilância em saúde. (BRASIL, 2013).

A ocorrência da doença na Amazônia, historicamente, sempre esteve atrelada aos grandes ciclos econômicos pelo qual passou a região. A implantação de grandes projetos de desenvolvimento econômico ocorrida nos anos de 1970 e 1980, com o intuito de induzir a ocupação da região e integrá-la ao restante do país. As mudanças de uso e cobertura da terra promoveram intenso fluxo migratório criando as condições de receptividade e vulnerabilidade necessárias para a transmissão da malária fazendo com que neste período fossem registrados os maiores níveis epidêmicos da malária (TAUIL, 1985; BARATA, 2005).

O padrão de ocorrência da malária, na maior parte das vezes, foi explicada principalmente pela presença dos garimpos, implantação de hidrelétricas e sobretudo, pelo desmatamento ocorrido nos primeiros anos de implantação dos assentamentos rurais doados pelo governo, a fim de se promover a ocupação da região (SAWYER, 1993).

Entretanto, a Amazônia não é mais a mesma dos anos 60, 70 e 80 do século XX. As políticas atuais adotadas pelo Estado na região se articulam em um novo modelo de desenvolvimento social e econômico, o que por sua vez induz a um novo processo de ocupação. Atualmente verifica-se uma ação combinada de processos globais, nacionais e regionais de políticas ambientais e de desenvolvimento, que por outro lado incentiva a expansão da exploração madeireira, pecuária e a agropecuária capitalizada e, por outro propicia experiências sustentáveis do extrativismo florestal e pesqueiro tradicional (BECKER, 2009). Dentre as inúmeras recentes transformações observadas se pode destacar o aumento da conectividade, permitindo à região comunicar-se internamente com o resto do país e com o exterior; a estrutura da economia que se transformou com a industrialização; o processo de urbanização que mudou a estrutura do povoamento na região; a implantação de uma malha socioambiental que representa uma nova forma de apropriação por grupos sociais, áreas protegidas e os experimentos conservacionistas (SATLER, 2009;. (BECKER, 2009).

Dentro deste contexto se insere o município de Porto Velho, capital do Estado de Rondônia e cuja história do município se entrelaça com a construção da ferrovia Madeira-Mamoré (1907-1912) e que trás as marcas de todos os ciclos econômicos por qual passou a região. Em anos recentes se tornou alvo de mais uma nova fase econômica, que vem transformando todo o território: A implantação das duas usinas hidrelétricas no rio Madeira, que dinamizou a economia da região, atraiu contingente populacional e produziu expressivo crescimento populacional no município.

Assim, diante deste novo momento histórico e geográfico da Amazônia e, mais especificamente no município de Porto Velho (RO) se busca compreender como as novas transformações territoriais impactam no padrão de ocorrência da malária.

O trabalho foi organizado nos seguintes capítulos, a saber: Capítulo 2 – Hipóteses científicas; Capítulo 3 - Objetivos; Capítulo 4 - Revisão Bibliográfica, a qual foi subdividida em duas partes sendo a primeira relacionada às condições ambientais adequadas para manutenção do *Anopheles darlingi* e a segunda relacionada aos principais processos socioespaciais responsáveis pela transformação do território e, que historicamente interferem no processo de transmissão desta endemia; Capítulo 5 – Aspectos éticos; Capítulo 6 - Procedimentos Metodológicos, este capítulo inicialmente descreveu os indicadores que foram inseridos no banco de dados geográfico, apresentou a estrutura da plataforma de modelagem utilizada no trabalho, bem como o modelo estatístico selecionado e ao final descreveu a construção dos cenários 2020 para o risco potencial de malária; Capítulo 7 - Resultados, este capítulo foi dividido em quatro partes, a primeira delas descreve o perfil epidemiológico e caracteriza o território do município de Porto Velho, a segunda apresenta o resultado do modelo de regressão espacial e os cenários 2020 de risco potencial de malária e por fim, a terceira parte identifica os fluxos de transmissão da malária; Capítulo 8 - Discussão, os resultados do trabalho são comparados aos resultados de outros estudos desenvolvidos na mesma perspectiva e, realizada uma analogia com a evolução histórica da ocorrência da malária no estado de São Paulo. Capítulo 9 – Considerações finais e Capítulo 10 – Perspectivas de trabalhos futuros.

### **1.1. Hipóteses científicas**

As transformações na configuração territorial e nos processos socioespaciais recentes, que se materializam na Amazônia Brasileira no início do século XXI, tem modificado o padrão espacial de ocorrência da malária na região.

A mobilidade territorial que sempre atuou mediando o processo de transmissão deste processo endêmico epidêmico toma novas formas diante da ampliação de uma rede técnica que permite maior conectividade do território.

## **2 OBJETIVOS**

O objetivo desta proposta de tese é compreender o padrão espacial da malária no município de Porto Velho, no período 2010-2012, através de um conjunto de indicadores ambientais e sociais, bem como dos principais processos socioespaciais que atuam na manutenção desta endemia.

### **2.1. Objetivos específicos**

- Analisar o padrão espacial da malária no município de Porto Velho, no período 2010-2012.
- Relacionar o risco de adoecer por malária com um conjunto de indicadores ambientais e sociais através de modelagem estatística.
- Caracterizar os fluxos de transmissão da malária.
- Elaborar um modelo espacial dinâmico, que possibilite a simulação de áreas potenciais para o risco da doença.
- Explorar e simular cenários de áreas potenciais para ocorrência da malária, para o ano de 2020, baseados na velocidade de tendência à redução e intervenção do serviço de saúde no controle deste processo endêmico-epidêmico.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Ciclo de transmissão da malária e notas sobre o comportamento do *Anopheles*

A malária constitui-se numa doença infecciosa produzida por protozoários do gênero *Plasmodium*, cujo processo de transmissão envolve três agentes importantes: o plasmódio - agente causador, o mosquito do gênero *Anopheles* - o agente transmissor e o homem – hospedeiro vulnerável aos transmissores. (BRASIL, 2002)

Os plasmódios se caracterizam por apresentar dois tipos de reprodução: uma assexuada (esquizogonia), a qual ocorre no hospedeiro vertebrado e outra sexuada (esporogonia), que ocorre no hospedeiro invertebrado, o mosquito do gênero *Anopheles*. No Brasil, três espécies estão associadas à malária, são elas: *P. vivax*, *P. falciparum* e *P. malarie*. Apesar da possibilidade de diversos hospedeiros como aves, répteis e mamíferos, no Brasil, o homem é o único reservatório de importância epidemiológica para a malária (BRASIL, 2006).

A malária é transmitida pela picada da fêmea do mosquito *Anopheles* infectado pelo *Plasmodium*, e em geral, qualquer pessoal pode ser suscetível à infecção por malária. Todavia, indivíduos moradores de regiões endêmicas por terem apresentado a doença recorrente podem atingir uma imunidade parcial se tornando assintomáticos (BRASIL, 2002, 2005).

Atualmente são consideradas cinco espécies de *Anopheles* de importância epidemiológica para a transmissão da malária no Brasil São elas: *Anopheles* (*Nyssorynchus*) *darlingi*, *Anopheles* (*Nyssorynchus*) *acquasalis*, *Anopheles* (*Nyssorynchus*) *albitarsis*, *Anopheles* (*Kerteszia*) *cruzi* e *Anopheles* (*Kerteszia*) *bellator*. Contudo, o principal vetor da malária no país é o *Anopheles darlingi*, cuja distribuição geográfica se dá do sul do México até o Sul do Brasil, apresentando maior importância epidemiológica nos países Amazônicos. No Brasil, esta espécie apenas não ocorre em áreas de alta altitude (acima de

1000 m), no Sertão Nordestino e no Rio Grande do Sul. (CONSOLI et al., 1994; BRASIL, 2005; HIWAT, et al., 2011).

Os habitat dos anofelinos supracitados, vetores da malária, apresentam particularidades em função da espécie. Todavia serão abordadas neste texto apenas as características do habitat do *Anopheles darlingi*, vetor da malária de maior importância epidemiológica na Amazônia.

O *Anopheles darlingi* vive em áreas de baixas altitudes, preferindo grandes corpos d'água onde haja pouca ou nenhuma correnteza, bem como baixa salinidade e pH próximo ao neutro (TADEI et al., 1998; GIL et al., 2007; HIWAT, et al., 2011). As larvas geralmente distribuem-se às margens dos corpos hídricos, preferencialmente profundos, limpos, pouco turvos e ensolarados ou parcialmente sombreados se escondendo entre a vegetação ou detritos. São observadas duas classes de criadouros, os criadouros permanentes, os quais fazem parte as grandes coleções hídricas como represas, rios, açudes e bolsões formados nas curvas dos rios onde há pouca correnteza e, os criadouros temporários, caracterizados por utilizar corpos de água de tamanho e profundidade menores, como poças e buracos feitos por patas de animais e depressões feitas pela passagem de veículos (TADEI et al., 1983; CONSOLI et al., 1994).

Somam-se às condições naturais supracitadas, adequadas para proliferação do mosquito transmissor da malária, as transformações que o homem realiza no território, que podem corroborar para o aumento de criadouros e, por conseguinte, da densidade do vetor. Ao comparar-se a densidade vetorial entre áreas que sofreram interferência humana, como por exemplo, áreas próximas a estradas e áreas que foram alagadas para construção de hidrelétricas observam-se uma densidade vetorial superior a encontrada em áreas mais preservadas, ou mesmo dentro da floresta (TADEI, 1998; VITTOR, et al., 2009, MOUTINHO et al., 2011).

Na construção da hidrelétrica de Tucuruí, por exemplo, foi observada uma densidade vetorial duas vezes maior em coletas realizadas depois da formação do lago, porém, se reduziu e estabilizou cinco anos depois com o processo de ocupação humana (TADEI et al., 1998). Luz et al. (1996) mostraram através de coleta dentro e fora da floresta Amazônica, que o *An. darlingi* é encontrado raramente no ambiente florestal. A densidade vetorial nas áreas antrópicas foi quase exclusiva.

Em estudo realizado no assentamento agrícola de Granada, no Acre, Moutinho et al. (2011) comparou duas áreas similares segundo a presença de criadouros porém diferentes segundo o tempo de ocupação e diferentes graus de desmatamento. Os autores observaram que a densidade anofelina foi maior em áreas de ocupação recente do assentamento que apresentavam resquícios de queimadas em áreas de pastagem e significativa cobertura de floresta. Observando decréscimo da densidade anofelina à medida que a área se consolidava.

Em áreas onde é observada a ocorrência do *Anopheles darlingi* ele torna-se o maior ou até mesmo o único vetor de transmissão da malária. Isto por que esta espécie é a mais antropofílica, ou seja, apresenta preferência em picar o ser humano. Além disso, apresenta o comportamento endófilo mais acentuado, sendo o anofelino mais freqüentemente encontrado picando dentro e nas proximidades do domicílio (CONSOLI e LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, 1994; TADEI et al., 2000, BARROS et. al., 2010; HIWAT et. al, 2011). Embora, recentemente, tenha sido encontrada em maior quantidade em coletas no peridomicílio (GIL et al., 2007). Soma-se a essas características a capacidade que a espécie tem de manter a transmissão mesmo quando a densidade vetorial é baixa (OSÓRIO, et al., 1996; TADEI et al., 2000; HIWAT et al., 2011).

A densidade do vetor aumenta nos períodos de chuva, já que a pluviosidade aumenta o número de criadouros. Porém, chuvas torrenciais produzem elevada mortalidade das larvas e pupas do *Anopheles darlingi*, pois as enxurradas

podem arrastá-las e afogá-las interrompendo o seu desenvolvimento. (CONSOLI, et al., 1994; BARROS, et al., 2011a).

Em relação à sazonalidade os resultados parecem variar segundo as particularidades territoriais locais. Alguns estudos mostraram uma variação sazonal da densidade vetorial, acompanhando o regime de chuvas, principalmente no período de transição entre a estação úmida e seca ou vice versa (GIL, et al., 2007; VITTOR, et al., 2009; MOUTINHO et al., 2011). Por outro lado, outros estudos verificaram existência de larvas ao redor de áreas ribeirinhas somente na estação seca. Isto por que durante a estação seca formam-se poças nas margens dos rios que por sua vez atuam como criadouros (GIL, et al., 2003; BARROS et al., 2011b)

Diversos estudos mostraram a relação entre desmatamento e malária (SAWYER, 1992; SINGER et al., 2001; CASTRO et al., 2007; VITTOR et al., 2009), tendo em vista que as áreas desmatadas apresentam cavas nos terrenos que acumulam água e se tornam adequadas para a proliferação do *Anopheles*. Por outro lado, outros trabalhos tem mostrado que o crescimento de vegetação secundária é um fator que tem contribuído para a presença de criadouros (VITTOR et al., 2009; OLSO et al., 2010).

Em estudo recente, Hahn et al. (2013) elaboraram um estudo multiescalar analisando a relação entre desmatamento, exploração madeireira, queimada e malária nos municípios da Amazônia Brasileira. Os autores verificaram que na escala municipal não foi observada significância estatística entre desmatamento e malária, como verificado em estudos anteriores. Porém, dentro dos estados produtores de madeira, o desmatamento comportou-se como uma variável preditora da doença, quando o modelo foi controlado pelas variáveis rodovias e queimadas. Porém, o mesmo não aconteceu quando o modelo foi controlado pela variável corte seletivo de madeira. Segundo os autores esses resultados sugerem uma variação do comportamento do desmatamento dependendo da escala de análise selecionada.

### **3.2. Determinantes sociais e ambientais da malária**

As grandes epidemias de malária na Amazônia sempre estiveram associadas aos ciclos econômicos pelos quais a região foi submetida ao longo do seu processo de ocupação (BARROS, 2007). Este processo, historicamente, foi marcado pela chegada e estabelecimento de uma massa de migrantes de todo o país, ora para a exploração de recursos naturais a fim de atender o mercado externo, ora pelas obras de infraestrutura para integrar o país. (BECKER, 2005; BECKER et al., 2006).

No início do século XVII, as Ordens Religiosas foram autorizadas pela Coroa Portuguesa a “conquistar” almas e assim garantir o território para os Portugueses. Surgiram assim os primeiros aldeamentos ao longo da calha do rio Amazonas, esboçando a exploração dos recursos naturais por meio do extrativismo das “drogas do sertão”, onde o objetivo era a busca de especiarias para atender ao mercado Europeu (GONÇALVES, 2001).

Mais tarde, por volta de 1830, a região foi alvo da exploração da borracha. Este ciclo econômico se constituiu em duas fases sendo a primeira antes da 1ª. Guerra Mundial, marcada pela valorização do produto em função do desenvolvimento da indústria europeia e norte-americana de automotores e a segunda fase, durante a 2ª. Guerra Mundial, cujo objetivo era fornecer a matéria prima aos aliados, que em virtude dos ataques japoneses se viram desprovidos da produção oriental. Esse período histórico foi responsável por um dos maiores fluxos migratórios já observados no país. Estima-se que entre 1860 a 1912, 300 a 500 mil migrantes nordestinos se dirigiram para a Amazônia (RIBEIRO, 2000; GONÇALVES, 2001).

Com o objetivo de escoar a produção de borracha e de fortalecer a integração nacional foi construída, entre 1907-1912, a Ferrovia Madeira-Mamoré que ligava Porto Velho a Guarajá-Mirim em Rondônia. Esta foi uma das obras de infraestrutura de maior impacto para a saúde sendo apelidada de ferrovia do Diabo em função dos milhares de casos e centenas de mortes de doenças

infecciosas que produziu durante sua construção. No ano de 1910, dos 5664 trabalhadores que participaram da construção do último trecho da ferrovia, 5019 ficaram doentes, 419 morreram sendo 51 por malária. (BENCHMOL et al., 2008).

Embora os processos econômicos supracitados tenham atraído milhares de pessoas, até meados dos anos 50, a Amazônia ainda era considerada um vazio demográfico, pois sua ocupação se restringia a região costeira e as margens dos principais rios navegáveis. Entretanto, 10 anos mais tarde a população que se limitava a 1 milhão de habitantes saltou para aproximadamente 5 milhões. Este acelerado crescimento foi resultante de um intenso fluxo migratório que se direcionou para a região em função de um planejamento governamental com a crescente intervenção do estado na economia. (BECKER et al., 2006; BECKER, 2009)

Como resultado dessas políticas, 12.000 km de estradas foram construídos em menos de cinco anos e um sistema de comunicações de 5.110 km foi implantado em menos de três anos. Soma-se a isso um aumento de mais de três vezes de área total de estabelecimentos rurais para uso produtivo, e a implantação de 950 projetos econômicos de mineração, energia, exploração madeireira e pecuária (MACHADO, et al., 2002; BECKER, et al., 2006).

Todas essas transformações da configuração territorial da Amazônia foram resultados de uma política desenvolvimentista adotada pelo país, principalmente entre os anos de 1950 a 1985, e cujo principal objetivo era promover a integração nacional, povoando “espaços vazios” a fim de promover um “equilíbrio” geopolítico interno em função dos conflitos gerados na área rural pela necessidade de reforma agrária e os conflitos das periferias urbanas. Além, de estabelecer um equilíbrio geopolítico externo na medida em que incrementava a predominância do Brasil na América o Sul e garantia suas fronteiras territoriais (BECKER, 2005; BECKER, et al., 2006).

Hoje a Amazônia é um complexo conjunto de paisagens que se diferencia na mistura do tradicional e do moderno. Ao mesmo tempo em que subsistem comunidades indígenas e grupos tradicionais, há uma ampla rede técnica informacional em expansão, grandes empreendimentos econômicos mudando a configuração territorial da região e provocando o crescimento das cidades de porte médio e a expansão das periferias metropolitanas, materializando desta forma a questão urbana meio a floresta (AB`SABER, 1996; SATHLER, 2009; BECKER, 2009).

Esta diversidade de paisagens produz riscos diferenciados e específicos para o adoecimento humano, já que a relação entre o homem e a natureza se estabelece de forma diferente. A malária se materializa em contextos distintos, ocorrendo tanto em comunidades indígenas e regiões mais isoladas quanto na periferia de áreas urbanas. Entretanto, é evidente que a magnitude da doença é muito mais elevada nas paisagens que sofreram maior intervenção antrópica como nos assentamentos agrícolas, garimpos, hidrelétricas e nas periferias urbanas (SILVA-NUNES, 2010; BARRETO et al., 2011).

Os primeiros anos de ocupação dos assentamentos agrícolas são marcados por um desmatamento intenso responsável por um aumento no número de criadouros e por deixar o homem em contato direto com o habitat do vetor. Esses fatores somados à precária infraestrutura das habitações, geralmente improvisadas com papelão, plásticos ou até mesmo folhas de palmeiras deixam as populações mais expostas e não tornando viável o uso da borrifação domiciliar (SAWYER,1992; CASTRO et al., 2007).

Neste contexto, nos estágios iniciais do processo de ocupação ocorreria um surto de casos de malária, mas, que se estabeleceria em um nível endêmico, cerca de 8 a 10 anos mais tarde. Isto em função do processo de urbanização e o estabelecimento de pastagens e culturas que não daria mais as condições de receptividade para o vetor e, da melhoria das condições socioeconômicas. Além disso, nos primeiros anos de ocupação ainda não existe um sistema de

saúde estabelecido que possa intervir na transmissão e nem oferecer tratamento aos doentes. Porém, com o tempo tanto as instituições governamentais, quanto privadas e comunitárias vão se estabelecendo e corroborando para a redução da doença (SAWYER, 1992; SINGER et al., 2001; CASTRO et al., 2007).

Os grandes projetos de mineração, os garimpos fechados e os garimpos abertos também exercem papel importante na transmissão da malária, sobretudo pelo fluxo migratório que atraem. Todavia, o risco de adoecimento por estas atividades é diferenciado sendo maior nos garimpos abertos em função das condições de trabalho, de moradia e a ausência de serviços de saúde (BARATA, 1995).

O fluxo de água necessário no processo de mineração aumenta o número de criadouros, por que o mercúrio usado na garimpagem aumenta o pH da água, e o abandono dessas áreas quando esgotado o garimpo favorecem a proliferação do mosquito vetor. A jornada de trabalho que varia de 12 a 24 horas contribui para ao aumento do risco, por ficarem expostos nos horários de pico de hematofagia do *Anopheles*, que somado à precária qualidade das habitações e à ausência de atividades e ações dos serviços de saúde fazem com que as taxas de incidência de malária nas áreas de garimpos de caráter não empresarial sejam das mais altas (BARBIERI et al., 2007).

Outro aspecto da dinâmica do garimpo importante na transmissão da malária é a alta mobilidade dos trabalhadores, ora por que se trabalha parcialmente no garimpo e se mora em um sítio ou núcleo urbano, ora pelo abandono de garimpos esgotados e a busca de novos espaços de trabalho, o que resulta no abandono do tratamento e dificulta a efetividade das ações de saúde. Além disso, esses trabalhadores atuam como agentes infectantes para suas famílias e para áreas cujo controle da doença já foi feito. Desse modo, considerar a malária por tipo de uso do solo nas localidades isoladamente é insuficiente para explicar o processo saúde-doença, devendo ser observado a interação

especial entre garimpos, localidades agropecuárias e urbanas. (BARBIERI et al., 2005; BARBIERI et al., 2007).

O adoecimento por malária além de gerar sofrimento humano, produz impactos sociais e econômicos para as famílias, para os empregadores e para os serviços de saúde. Isto por que se perde tempo de trabalho e se requer recursos para o tratamento. Por estas razões, algumas ações de iniciativas privadas, em parceria com os serviços de saúde e instituições de pesquisa têm sido realizadas para controlar a doença em áreas de extração mineral, por exemplo, com resultados positivos, sobretudo na redução da morbidade e dos casos graves (COUTO et al., 2001).

A implantação das hidrelétricas também tem trazido grandes custos na transmissão da malária. Para sua construção ocorre uma intervenção ambiental de alta magnitude produzindo desmatamento, alteração do curso dos rios, demanda por novos processos de trabalho, intensificação do processo migratório, mobilidade populacional local e urbanização. As modificações ambientais geradas pela construção das hidrelétricas, bem como de outras obras de infraestrutura contribuem para o aumento do número de criadouros e, por conseguinte da densidade do vetor (GIL et al., 2007). Ao comparar-se a densidade vetorial entre áreas que sofreram interferência humana, como por exemplo, áreas próximas às estradas e áreas que foram alagadas para a construção de hidrelétricas observam-se uma densidade vetorial superior a encontrada em áreas mais preservadas, ou mesmo dentro da floresta (TADEI, 1998; VITTOR, et. al, 2009).

Além disso, a hidrelétrica oferece riscos diferenciados para grupos populacionais específicos durante cada etapa de sua construção. Está exposta aos riscos de malária pela construção de hidrelétricas a população local, formada por ribeirinhos e indígenas, os trabalhadores da obra e os imigrantes atraídos pela perspectiva de emprego (COUTO, 1996; KATSURAGAWA et. al, 2008).

Mais recentemente, alguns trabalhos têm revelado um padrão urbano de transmissão da malária. Nota-se uma mudança nos padrões de transmissão da doença que de um padrão de “malária de fronteira” associada com os novos assentamentos agrícolas e garimpos vem se transformando para uma “malária residual” em áreas urbanas e periurbanas (SALCEDO et. al, 2000). Nos grandes centros urbanos, da Amazônia como Manaus, por exemplo, os casos da doença ocorrem na periferia da cidade em função da pressão que o acelerado crescimento urbano produz sobre a floresta (SARAIVA, et al., 2009).

A migração, historicamente exerce um papel primordial no processo de adoecimento. Isto por que aumenta o número de pessoas suscetíveis e por que transfere para uma área endêmica um grupo populacional que, muitas vezes, nunca teve contato com o parasita, favorecendo a ocorrência de casos graves e de óbitos (CARVALHEIRO 1982; KATSURAGAWA et. al, 2008).

Para Carvalheiro (1982) o processo migratório não apenas coloca pessoas em contato com novos patógenos, aos quais não estavam habituadas, mas também, propicia a difusão de outros patógenos típicos das áreas de evasão. Diversos trabalhos apontaram o papel da mobilidade na transmissão da malária (BARBIERI, et al., 2005; CASTRO et al., 2006). Todavia, diante da indisponibilidade de dados nem sempre esse determinante social pode ser mensurado e analisado em maior profundidade.

#### **4 ASPECTOS ÉTICOS**

A pesquisa foi avaliada e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto em Ciência e Tecnologia Campus São José dos Campos – UNESP, CAAE: 23222413.2.0000.0077 (ANEXO A).



## 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 5.1. Área de estudo

O município de Porto Velho (Figura 5-1) constitui-se na capital e maior centro urbano do estado de Rondônia. O município apresenta uma área de 34.096, 388 km<sup>2</sup> e em 2010, apresentava uma população de 428527 habitantes sendo 91% da população urbana e 9% rural (IBGE, 2013).

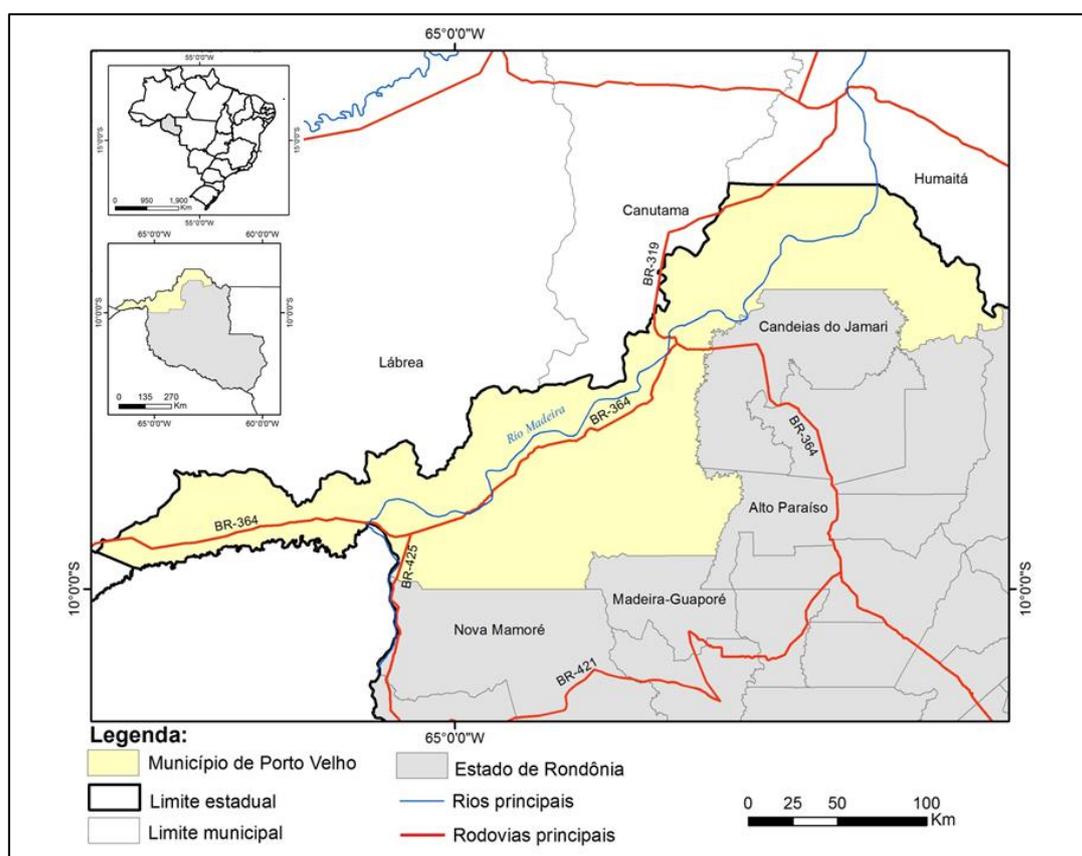


Figura 5-1 - - Localização da área de estudo

O município está localizado às margens do rio Madeira e tem sua história de ocupação relacionada à construção da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré construída em meados do Século XIX (PORTO VELHO, 2008). É cortada por

duas rodovias federais, a BR-364, a mais importante delas, que liga São Paulo ao Acre e a BR-319 que liga o município a Manaus, no Amazonas.

Em anos recentes o município tem passado por grandes transformações na sua configuração territorial, em função dos diversos projetos de desenvolvimento econômico que vem sendo implantados, com destaque para a construção das Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, o que tem dinamizado a economia da região e atraído grupos populacionais de diversas regiões.

## **5.2. Modelo conceitual**

Por envolver diversas dimensões da realidade, duas categorias de análise, receptividade e vulnerabilidade, têm sido historicamente utilizadas para delinear os estudos de malária e a caracterização de áreas com alto potencial malarígeno, bem como possibilitar a compreensão desse processo endêmico-epidêmico em sua totalidade.

Sabroza (1995) define receptividade como um conjunto de características ambientais que permitem a reprodução dos parasitos e sua manutenção nas comunidades. Já o conceito de vulnerabilidade envolve dois aspectos, a vulnerabilidade populacional que corresponde a grupos populacionais específicos mais vulneráveis a certos riscos, dependendo de características e discriminações raciais, étnicas, de classe e de gênero ou ainda a inserção em territórios e setores econômicos particulares. E a vulnerabilidade institucional, que relaciona a ineficiência de uma sociedade e suas instituições em sua capacidade de controlar e mitigar riscos ocupacionais e ambientais (PORTO, 2007). Contudo, é a associação entre estas duas categorias de análise, receptividade e vulnerabilidade, que viabiliza a ocorrência da doença.

Diante da impossibilidade em analisar todas as dimensões envolvidas na transmissão da malária, esses dois conceitos foram utilizados para direcionar o

desenho do estudo e possibilitar um recorte analítico desta endemia. Para cada dimensão Receptividade, Vulnerabilidade Social e Vulnerabilidade Institucional foi construído um conjunto de indicadores que buscou refletir aspectos ambientais, sociais e dos serviços de saúde do território do município de Porto Velho que criam as condições adequadas para a transmissão doença.

A seguir serão apresentados os indicadores selecionados para compreender como a organização socioespacial do território de Porto Velho corrobora para a transmissão e manutenção da malária, no contexto atual. Contudo, é importante salientar que modelos são simplificações da realidade, por isso, de forma alguma eles podem ser interpretados sem a contextualização histórica e geográfica da área de estudo selecionada. Afinal, os indicadores sociais e de saúde bem como os modelos sejam ele estatísticos ou determinísticos fazem partições da realidade para estudá-la, porém, ao voltar à realidade é preciso incorporar os aspectos extraídos em sua construção, situando-os no espaço e no tempo (SOLIGO, 2012)

### **5.3. Banco de dados**

Foi realizada uma integração entre dados ambientais, sociais e de saúde, em um espaço celular de resolução espacial de 2km x 2km, no software Terraview 4.2.0 desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (INPE, 2011).

Segundo Câmara (2005) o espaço celular é uma estrutura matricial generalizada onde cada célula está associada a vários tipos de atributos. Em um espaço celular, a mesma célula está associada a diferentes informações, com ganhos significativos de manuseio dos dados, integrando dados vetoriais, matriciais e outros espaços celulares em um único plano de informação (Figura 5-2).

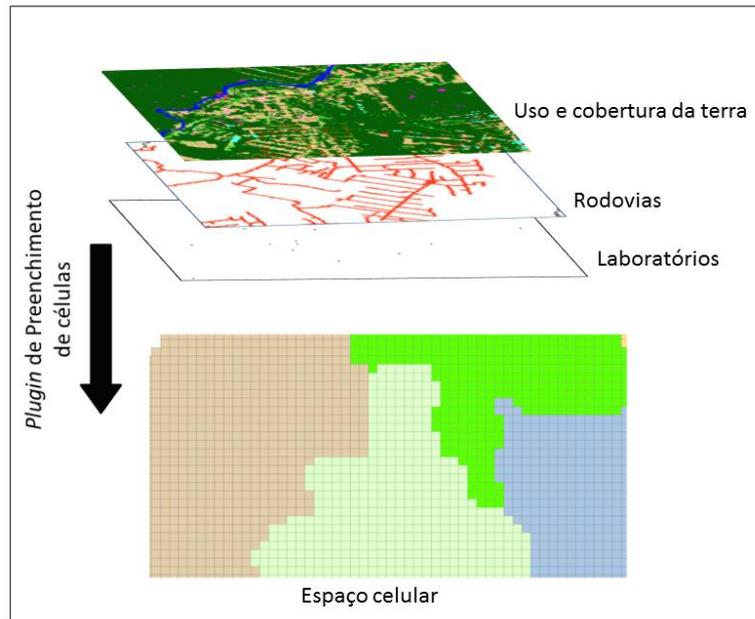


Figura 5-2– Integração de diferentes planos de informação em um espaço celular.

A transferência dos atributos dos dados sociais, ambientais e de saúde para a célula foi realizada mediante a utilização do *plugin* de preenchimento de células, que permite ao usuário escolher o operador mais adequado segundo a natureza do dado, se vetorial ou matricial. No APÊNDICE A segue a descrição de cada operador utilizado para inserção de dados dentro do espaço celular.

### 5.3.1. Construção e compatibilização de bases cartográficas

No Brasil, na maior parte das vezes, cada instituição define sua própria unidade de análise segundo critérios operacionais, o que cria alguns obstáculos quando há a necessidade de integrar bases de dados de fontes distintas (BARCELLOS; SANTOS, 1997).

Neste trabalho, por exemplo, foi necessário compatibilizar os setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com as localidades cadastradas no Sistema de Vigilância Epidemiológica da Malária, o

SIVEP-Malária. A integração entre essas duas bases de dados possibilitou que o Índice Parasitário Anual (IPA) fosse construído com dados populacionais atualizados.

Os dados do Censo demográfico Brasileiro e das contagens populacionais intercensitárias organizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) são coletados por domicílio e agregados em setores censitários. O setor censitário é a menor unidade territorial de agregação de dados do IBGE, caracterizado por ser uma área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas, ou seja, possibilita a cobertura por um recenseador, e em conjunto cobrem todo o território nacional (IBGE, 2011).

O SIVEP-Malária é o sistema de informação do Ministério da Saúde responsável por armazenar as notificações dos casos de malária em áreas endêmicas do Brasil (Amazônia Legal). Os dados estão disponíveis desde 2003 e o acesso é feito sob autorização do Programa de Controle da Malária do nível municipal, estadual ou Nacional.

Os dados SIVEP-Malária, estão organizados territorialmente por localidades. Na área rural as localidades correspondem a fazendas, garimpos, aldeias, assentamento agrícolas e comunidades ribeirinhas. Já na área urbana, as localidades, geralmente são os bairros do município (BRASIL, 2005).

Entretanto, no SIVEP-Malária do município de Porto Velho o número de localidades georreferenciadas é muito baixo, menos de 35% das 710 localidades cadastradas do município de Porto Velho estão mapeadas no sistema.

Para completar essa informação trabalhamos em parceria com o Instituto de Pesquisa em Patologias Tropicais (IPEPATRO) que já havia realizado trabalho de campo para georreferenciar parte das localidades faltantes. Em função da grande extensão do município e da existência de localidades de difícil acesso,

também foi utilizando mapas analógicos antigos pertencentes à Secretaria Municipal de Saúde de Porto Velho (SEMUSA). E por fim, foram organizadas reuniões com os supervisores do Centro de Controle de Zoonoses (CCZ) do município de Porto Velho, que mostraram a localização das localidades faltantes utilizando o software *GoogleEarth*.

Diante do esforço em melhorar a completude da informação, conseguimos que 92% das localidades cadastradas no SIVEP-malária fossem georreferenciadas. Cabe ressaltar que as localidades não identificadas não apresentavam elevado número de casos de malária. Portanto, o não mapeamento dos casos, destas localidades, não interferiu substancialmente na qualidade do banco de dados.

É importante ressaltar que alguns setores censitários, principalmente aqueles com número pequeno de população residente foram agrupados a fim de dar maior estabilidade estatística no cálculo do IPA. Isto porque quando o denominador é muito pequeno ocorrem flutuações aleatórias resultando em valores muito elevados na estimativa de risco (ASSUNÇÃO, 1998).

### **5.3.2. ÍNDICE PARASITÁRIO ANUAL (IPA) – VARIÁVEL DEPENDENTE**

O Índice Parasitário Anual (IPA) é o número de exames positivos para malária por mil habitantes. É o indicador utilizado pelo Plano Nacional de Controle da Malária (PNCM) para definir áreas de risco de transmissão e estabelecer áreas prioritárias para o controle da doença (BRASIL, 2005).

Sua construção depende do número de exames positivos e da população de uma determinada área multiplicado por um constante, usualmente é utilizada 1000.

$$\text{IPA} = \frac{\text{Número de exames positivos notificados em determinado espaço e tempo}}{\text{População residente em determinado espaço e tempo}} \times 1000$$

O IPA foi a variável independente selecionada para modelagem estatística dos determinantes sociais e ambientais da malária. O seu cálculo foi feito para o período 2010-2012, sendo selecionadas apenas as notificações que apresentaram resultado positivo e, cujo endereço de residência e município de infecção fosse o município de Porto Velho. Os dados são do SIVEP-Malária e foram cedidos pela Coordenação Estadual de Controle da Malária da Agência Estadual de Vigilância em Saúde - AGEVISA (ANEXO B).

A população de 2011, população de referência para o cálculo do IPA 2010-2012, foi estimada pelo método linear corrigido pelo método geométrico (APÊNDICE B), utilizando os dados da Contagem Populacional de 2007 e Censo Demográfico 2010 produzido pelo IBGE (IBGE, 2008; 2011).

Os casos de malária e os dados populacionais foram inseridos no espaço celular através do operador “soma ponderada pela área de intersecção” do *plugin* de células. Entretanto, foi utilizado um método dasimétrico de distribuição (MENNIS, 2003; KRUNIC, 2011), o qual possibilita distribuir a população e os casos de malária somente em áreas com potencial para ocupação humana, excluindo áreas cobertas por elementos naturais sendo estabelecido que os dados de malária e população não seriam alocados em células com mais de 99% da área coberta por vegetação e água.

### **5.3.3. Indicadores de receptividade**

#### **5.3.3.1. Valor médio da altitude**

A variável altitude é resultado do projeto TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, desenvolvido pela Divisão de Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que disponibiliza o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas para

todo o território nacional (VALERIANO e ALBUQUERQUE, 2010; VALERIANO e ROSSETI., 2011).

Os dados são elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo United State Geological Survey (USGS) e processados em duas etapas: 1) Refinamento dos dados SRTM e; 2) Derivação do Modelo Digital de Elevação (MDE). O refinamento consiste na interpolação dos dados por krigagem e a derivação no cálculo de variáveis topográficas. Detalhes do desenvolvimento metodológico estão descritos em Valeriano e Albuquerque (2010) e tanto o MDE quanto as variáveis topográficas são de acesso livre e estão disponíveis em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>.

A variável altitude foi inserida no espaço celular através do operador “Valor médio” do *plugin* de células descrito no APÊNDICE A.

#### **5.3.3.2. Distância mínima aos rios e distância mínima a rodovias**

A base hidrográfica e malha viária do município de Porto Velho foi cedida pelo Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM) do Estado de Rondônia. E os indicadores distância mínima a rios e distância mínima a rodovias foi calculado utilizando o operador “distância mínima” do *plugin* de células (APÊNDICE A). É importante ressaltar que a malha viária foi atualizada em 2010 pelo SIPAM.

#### **5.3.3.3. Valor médio da temperatura, chuva acumulada e umidade relativa do período seco**

Foram selecionadas três variáveis meteorológicas chuva acumulada, temperatura média e umidade relativa provenientes de 7 estações meteorológicas, dentre as quais 4 estão instaladas no município de Porto Velho, uma em Lábrea (AM), uma em Rio Branco (AC) e uma em Manicoré (AM). Os dados das estações localizadas no município de Porto Velho são disponibilizados pela Secretaria do Estado de Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) do Estado de Rondônia e estão disponíveis no site da Instituição

(SEDAM, 2014). Já os dados das demais estações disponibilizadas pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE (CPTEC, 2014).

Foi calculada a média, do período mais seco no município de Porto Velho (junho-setembro), entre 2011 e 2013. Apesar dos dados da SEDAM já estarem disponíveis desde meados de 2010, optou-se em utilizar o período 2011-2013 em função da maior consistência dos dados. A escolha pelo período mais seco foi uma tentativa de obter maior variabilidade espacial das variáveis selecionadas, pois se optássemos em colocar a média do período de transição entre o período seco e chuvoso as diferenças espaciais seriam ainda menores.

Os dados foram interpolados utilizando a técnica de krigagem ordinária, método que vem apresentando resultados satisfatórios para interpolação de dados meteorológicos (WANDERLEY, et. al, 2012). A krigagem se constitui em um processo de estimativa por médias móveis de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes considerados interdependentes por uma função denominada semivariograma. Diz-se krigagem ordinária quando o comportamento da média regionalizada é constante, o que implica não haver variação significativa em larga escala (CAMARGO et al. 2004).

Os mapas de temperatura, chuva acumulada e umidade relativa interpolados foram inseridos no espaço celular através do operador valor médio do *plugin* de células (APÊNDICE A).

#### **5.3.3.4. Percentual de área desmatada e percentual de incremento de desmatamento (2010 – 2012)**

O Projeto PRODES tem sido desenvolvido pelo INPE, desde 1988 e sua missão é monitorar a floresta Amazônica Brasileira por satélite. Este projeto se constitui em um sistema de monitoramento de floresta que através da classificação de imagens de satélite estima a taxa de desmatamento na Amazônia e mantém um banco de dados geográfico multitemporal (INPE,

2013). O PRODES mede taxas anuais de desmatamento por corte raso referente a 1 de agosto do ano anterior a 31 de julho do ano corrente, sendo capaz de detectar apenas áreas desmatadas de tamanho superior a 6,25 hectares (CÂMARA, et al., 2006).

Assim, para representar o desmatamento na região foram utilizados os dados da área total desmatada até o ano de 2012 e, o incremento do desmatamento ocorrido entre os anos 2010 e 2012 do Projeto PRODES. O dado foi inserido no espaço celular através do operador “porcentagem total de intersecção”.

#### **5.3.3.5. Percentual de classes de vegetação**

Foram utilizados dados de classificação de vegetação, disponibilizada pelo SIPAM. Contudo, não inserimos todas as classes no banco de dados celular. Foram agrupadas as classes “floresta ombrófila aberta” e “contato-encrave-floresta ombrófila aberta/savana” e inseridas pelo operador “porcentagem total de intersecção” do *plugin* de células. A “floresta ombrófila aberta” apresenta maior ocorrência no município de Porto Velho e um das características ecológicas do ambiente em que elas ocorrem é apresentar períodos secos maiores que 60 dias (IBGE,1992).

#### **5.3.3.6. Percentual de classes de solo**

A classificação de solo do município de Porto Velho foi disponibilizada pelo SIPAM-Rondônia e reagrupado em seu primeiro nível categórico segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo – SiBCS (EMBRAPA, 2006), sendo consideradas as seguintes classes: Latossolo, Plintossolo, Argissolo, Neossolo, Gleissolo, e Cambissolo. Estas classes de solo foram preenchidas pelo operador “percentual de cada classe” do *plugin* de células.

### **5.3.3.7. Percentual de classes de uso e cobertura da terra**

Os dados de uso e cobertura da terra utilizados são resultados do projeto TerraClass 2010, financiado pela FINEP, através de uma parceria entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), cujo objetivo foi mapear o uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal identificadas pelo projeto PRODES até 2010 (INPE, 2010). As classes de uso e cobertura da terra mapeada pelo Projeto TerraClass foram: Agricultura anual, área não observada, área urbana, mineração, mosaico de ocupações, outros, pasto com solo exposto, pasto limpo, pasto sujo, reflorestamento, regeneração com pasto, vegetação e vegetação secundária. Entretanto, para os interesses desta tese as classes pasto com solo exposto, pasto limpo, pasto sujo e regeneração com pasto foram agrupadas em apenas uma única classe: pasto. Assim, foram utilizadas as classes agricultura anual, área urbana, mineração, mosaico de ocupações, pasto, vegetação e vegetação secundária, as quais foram preenchidas na célula com o operador “percentual de cada classe” do *plugin* de células.

### **5.3.3.8. Percentual de áreas de interesse especial**

Estão incluídas dentro das áreas de interesse especial as Estações Ecológicas (ESEC), as Reservas Extrativistas (RESEX), as Florestas Estaduais de Rendimento Sustentável (FERS), Florestas Nacionais (FLONA), Áreas de Proteção Ambiental (APA) e as terras indígenas (TI). Com exceção das terras indígenas que foi disponibilizada pela Fundação Nacional do Índio (FUNAI) os demais dados são do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA), os quais foram agrupados formando apenas um plano de informação. Foi utilizado o operador “porcentagem total de intersecção” do *plugin* de células para inserção no banco de dados celular.

#### **5.3.4. Indicadores de vulnerabilidade social**

##### **5.3.4.1. Percentual de crescimento populacional**

O indicador Percentual de Crescimento Populacional foi calculado utilizando os dados por setor censitário da Contagem Populacional de 2007 e do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2008; IBGE, 2011). Os dados populacionais de 2007 e 2010 foram inseridos no espaço celular pelo operador “soma ponderada pela área” o que possibilitou o cálculo do percentual de crescimento do período para cada célula.

##### **5.3.4.2. Densidade demográfica**

O indicador de densidade demográfica representa a relação de população por área. Foi calculado através da divisão da população contida na célula pela área da mesma (4 km<sup>2</sup>). Os dados populacionais são do Censo Demográfico 2010 do IBGE foram inseridos no espaço celular pelo operador “soma ponderada pela área” do *plugin* de células.

##### **5.3.4.3. Distância mínima aos núcleos urbanos**

O município de Porto Velho apresenta além da área urbana da sede do município outros pequenos núcleos urbanos na área rural do município. Esse pequenos núcleos apresentam uma maior densidade populacional e a presença de equipamentos urbanos (comércio de primeira necessidade, escolas, igrejas e unidade básica de saúde) que dão suporte as localidade rurais de seu entorno. Esses núcleos urbanos foram identificados através do tipo de setor censitário, na classificação do IBGE, e possibilitaram a criação do indicador distancia mínima aos centros urbanos, através do operador “distância mínima”.

#### **5.3.4.4. Percentual de assentamentos rurais recentes**

Foram utilizados dados de assentamentos rurais provenientes do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Porém, foram selecionados apenas os assentamentos rurais de ocupação recente, sendo incluído apenas os assentamentos criados até 8 anos antes do período de análise da pesquisa. A decisão por utilizar apenas os assentamentos mais recentes se deve ao padrão de malária de fronteira, caracterizado por apresentar níveis epidêmicos de malária no início do processo de ocupação, seguida por redução cerca de 5 anos mais tarde e, alcançando níveis endêmicos 3 anos depois, em decorrência da urbanização (SAWYER et al. 1992; CASTRO, et al. 2006). O plano de informação foi inserido dentro do espaço celular através do operador “porcentagem total de intersecção”.

#### **5.3.4.5. Distância mínima aos garimpos**

O indicador distância mínima aos garimpos reflete tanto condições de receptividade quanto condições de vulnerabilidade social. Entretanto, optamos em apresentá-lo dentro dos indicadores de vulnerabilidade social por considerá-lo um indicador que reflete exposição humana e mobilidade populacional, decorrentes do processo de trabalho e da interação com outros assentamentos e núcleos urbanos como descreve Barbieri (2007). Os dados utilizados são pontuais, pertencem ao Serviço Geológico do Brasil – CRPM e o indicador foi calculado utilizando o operador “distância mínima” do *plugin* de células.

#### **5.3.5. Indicadores de vulnerabilidade institucional**

Para representar a dimensão de vulnerabilidade institucional foram utilizados os indicadores: Percentual de diagnóstico e tratamento oportuno, Distância mínima a laboratórios e Conexão com a área urbana de Porto Velho.

#### **5.3.5.1. Diagnóstico e tratamento oportuno**

A principal estratégia do Plano Nacional de Controle da Malária (PNCM) é realizar o diagnóstico precoce e o tratamento correto e oportuno a fim de se reduzir a letalidade e a gravidade dos casos, reduzir a incidência da doença, eliminar a transmissão em áreas urbanas e manter a ausência da doença em locais onde a transmissão já foi interrompida (BRASIL, 2010).

Desta forma, o indicador de diagnóstico e tratamento oportuno teve por objetivo analisar a sensibilidade e rapidez dos serviços de saúde em fazer o diagnóstico e tratamento dos casos de malária sendo construído calculando-se o percentual de notificações cujo diagnóstico e tratamento ocorreram em até 24 horas após o início dos primeiros sintomas.

As variáveis notificações dos exames positivos de malária e notificações dos pacientes que foram diagnosticados e receberam tratamento em menos de 24 horas foram inseridas no espaço celular pelo operador “soma ponderada pela área”.

#### **5.3.5.2. Distância mínima aos laboratórios**

O acesso aos laboratórios de diagnóstico de malária foi realizado calculando a distância mínima euclidiana entre o centro de cada célula e o laboratório mais próximo. Para isto foi utilizado o operador “distância mínima” do plugin de células. Entretanto, apenas uma parte dos laboratórios estava georreferenciada no SIVEP-Malária. Desta forma, foi necessário melhorar a qualidade da informação utilizando a equipe do laboratório de Epidemiologia do IPEPATRO/FIOCUZ-RO, que apresenta amplo conhecimento do território e do sistema de saúde do município de Porto Velho para mapear todos os laboratórios faltantes utilizando o software *GoogleEarth*.

### 5.3.5.3. Conexão com a área urbana de Porto Velho (GPM)

O indicador “Conexão com a área urbana de Porto Velho” foi elaborado utilizando a *Proximity Generalized Matrix* (GPM). A matriz de proximidade generalizada é um modelo espacial cujo objetivo é superar a noção de espaço euclidiano, expressando as relações espaciais no território a partir de uma perspectiva do espaço relativo, ou seja, a relação de um objeto espacial com outros objetos. Isto significa relacionar espacialmente dois objetos geográficos mesmo que eles não mantenham nenhuma vizinhança adjacente. A ideia central é combinar o critério de vizinhança baseado tanto na compreensão do espaço absoluto quanto do espaço relativo e dessa forma relacionar ações locais e à distância (AGUIAR, et al. 2003).

Neste trabalho foi construída a GPM aberta (AGUIAR, et al. 2003) a fim de se obter um indicador, mesmo que simplificado, de acesso aos serviços de saúde de média e alta complexidade que estão concentrados na sede do município de Porto Velho. A dificuldade de acesso aos serviços de saúde de média e alta complexidade pode ocasionar a evolução dos casos graves de malária para óbitos, principalmente, em gestantes, crianças e adultos não imunes (CHAGAS et al., 2009; GOMES et al., 2011).

Desta forma, a GPM possibilitou o cálculo da distância mínima entre o ponto centróide da sede do município de Porto Velho e o centro de cada célula. Para construção da GPM foi utilizada o ponto centróide da área urbana de Porto Velho e a base cartográfica de rodovias do SIPAM, depois de editada para que todas as intersecções estivessem devidamente conectadas.

A edição da malha viária foi realizada nos softwares *Arcgis 10.0* e *Spring 5.2.7* (INPE, 2012), já a rotina foi executada utilizando o pacote *aRT* (UFPR, 2013), que possibilita a integração entre o software R e a biblioteca *terralib*.

Quadro 5. 1 - Síntese dos indicadores ambientais e sociais, operador utilizado para o preenchimento das células e a fonte dos dados.

Dimensão	Indicador	Operador	Fonte dos dados
Receptividade	Valor médio da altitude	Valor médio	TOPODATA/INPE
	Distância mínima a rios	Distância mínima	SIPAM
	Temperatura média dos meses mais secos	Valor médio	SEDAM-Rondônia e CPETEC/INPE
	Umidade relativa média dos meses mais secos	Valor médio	SEDAM-Rondônia e CPETEC/INPE
	Média da chuva acumulada dos meses mais secos.	Valor médio	SEDAM-Rondônia e CPETEC/INPE.
	Percentual de área desmatada	Porcentagem total de intersecção	PRODES/INPE
	Percentual de incremento de desmatamento	Porcentagem total de intersecção	PRODES/INPE
	Percentual de classes de vegetação.	Porcentagem total de intersecção	SIPAM
	Percentual de classes de solo: Latossolo, Plintossolo, Argissolo, Neossolo, Gleissolo, e Cambissolo.	Percentual de cada classe	SIPAM
	Percentual de classes de uso e cobertura: classes agricultura anual, área urbana, mineração, mosaico de ocupações, pasto, vegetação e vegetação secundária.	Percentual de cada classe	TERRACLASS/INPE
	Percentual de áreas de interesse especial	Porcentagem total de intersecção	IBAMA e FUNAI
	Distância mínima a hidrelétricas	Distância mínima	-
Vulnerabilidade Social	Percentual de crescimento populacional	Soma ponderada pela área	IBGE
	Densidade demográfica	Soma ponderada pela área	IBGE
	Distância mínima a núcleos urbanos	Distância mínima	IBGE
	Percentual de assentamentos rurais recentes	Porcentagem total de intersecção	INCRA
	Distância mínima a garimpos	Distância mínima	Serviço Geológico do Brasil – CRPM
Vulnerabilidade Institucional	Percentual de diagnóstico e tratamento oportuno	Soma ponderada pela área	SIVEP-Malária
	Distância mínima a laboratórios	Distância mínima	IPEPATRO/Fiocruz-RO
	Conexão a área urbana de Porto Velho.	Generalized Proximity Matrix (GPM)	SIPAM (Dados de rodovias)

#### **5.4. Modelagem espacial dinâmica**

O desafio atual da representação de dados espaciais consiste na representação computacional da dinâmica dos processos territoriais, indo além da simples inserção de uma série temporal no banco de dados, mas, transformar estes sistemas essencialmente estáticos em ferramentas capazes de prover representações realistas de processos espaço temporais, isto, mediante a compreensão de fatores e leis que governam a dinâmica observada (PEDROSA, 2004; LANA, 2009).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) conseguem suprir de maneira satisfatória a questão da representação computacional de variáveis espaciais. Todavia, se configura como uma tecnologia estabelecida sobre concepções fortemente baseadas em uma visão estática da realidade. (CLARK, 1992; PEDROSA & CÂMARA, 2001).

Nesse sentido, o desenvolvimento dos modelos dinâmicos espaciais objetiva superar as limitações atuais da tecnologia de Geoprocessamento, caracterizado por ser uma representação estática do sistema da paisagem e por buscar entender as relações e mudanças no tempo dos sistemas ambientais (CLARK, 1992) .

Burrough (1998) define o modelo espacial dinâmico como uma representação matemática de um processo do mundo real cuja localização na superfície terrestre muda em resposta a variações de suas forças direcionadoras. Para Lambin (1994) apud Pedrosa (2004) modelos espaciais dinâmicos descrevem a evolução de padrões espaciais de um sistema ao longo do tempo e deve responder a questões “porque”, “quando” e “onde”, sendo capazes de descrever quantitativamente um fenômeno e prever sua evolução, integrando escalas temporal e espacial.

Uma das abordagens possíveis dentro da modelagem espacial dinâmica é a *Top-down*, a qual de forma geral descreve o comportamento de todo um

sistema através de dois argumentos: a quantidade de mudança e a função potencial, sendo muito utilizada em modelagem de uso e cobertura da terra (COSTA, et. al, 2010)

Usualmente, os modelos espaciais dinâmicos de abordagem *Top-down* apresentam uma estrutura dividida em: Componente de Demanda, a qual estabelece o quanto a cobertura muda em um determinado período do tempo; o Componente Potencial que determina a probabilidade de mudança em função da presença de forças direcionadoras de mudança; e o Componente de Alocação que possibilita especificar as áreas que mudaram em decorrência da demanda dada e das superfícies potenciais (VELDKAMP & FRESCO, 1996; VERBURGH et al., 2002; SOARES-FILHO et al, 2006; EASTMAN, et.al, 2005; AGUIAR, et al. 2014).

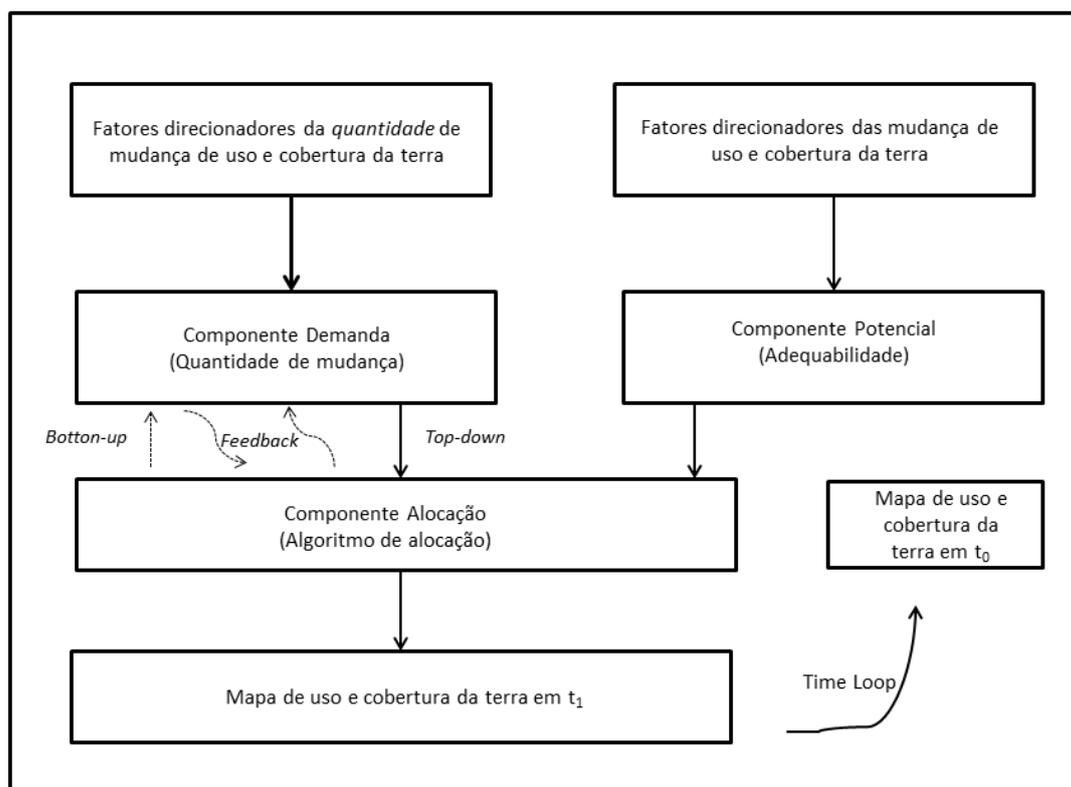


Figura 5-3– Estrutura genérica de modelagem espacialmente explícita dinâmica de modelos de uso e cobertura da terra

Fonte: Adaptado de VERBURG et al. (2006) por AGUIAR et al. (2011).

O Componente de Demanda é a parte não espacial do modelo que define a quantidade de mudança que será alocada em toda área, proporcionalmente ao potencial de cada célula (VERBURG et al., 2002; AGUIAR, et al. 2014). E pode ser calculada baseada na análise de tendências históricas, construção de cenários, ou modelos econômicos mais elaborados (VERBURG et al. 2002; AGUIAR, 2006).

Já o Componente Potencial fundamenta-se no estabelecimento de um conjunto de variáveis explicativas, relacionadas principalmente através de métodos empíricos, que possibilitem a predição de áreas potenciais para a mudança de cobertura da terra. Essas variáveis podem indicar o potencial de uma área em suportar as mudanças de cobertura da terra baseada nas características do território, sobretudo nos fatores biofísicos, como também podem tentar capturar o contexto histórico, econômico e geográfico apontando as forças direcionadoras das mudanças de cobertura da terra. (VELDKAMP et al., 2001; EASTMAN et.al, 2005)

E o Componente de Alocação é o mecanismo utilizado para distribuir a demanda em cada célula de acordo o seu potencial. Ele estabelece a competição através de regras de decisão, e permite o controle da quantidade mínima e máxima em cada célula bem como a definição da velocidade em que a mudança acontece. (VERBURG, et al, 2002; AGUIAR et. al, 2014).

#### **5.4.1. Modelo espacial dinâmico da malária**

O modelo espacial dinâmico dos determinantes ambientais e sociais da malária foi construído a partir da adaptação da plataforma de modelos de uso e cobertura da terra LuccME. O LuccME é uma plataforma computacional de código aberto desenvolvido para modelos espacialmente explícitos de mudança de uso e cobertura da terra. Foi desenvolvido pelo Centro de Ciências do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais (INPE) e implementado no TERRAME (AGUIAR et al., 2011). O TERRAME, por sua vez, se constitui em um ambiente de programação para modelagem de dinâmica espacial e também foi desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em parceria com a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). A plataforma apresenta uma estrutura comum a diversos modelos de uso e cobertura da terra com abordagem Top- down encontrados na literatura combinando componentes de Demanda, Potencial e Alocação.

A seguir serão descritos os parâmetros e análises realizadas para elaboração do modelo espacial dinâmico dos determinantes sociais e ambientais da malária.

#### **5.4.1.1. Componente de demanda**

No caso do modelo espacial dinâmico dos determinantes sociais e ambientais da malária, a demanda corresponde à quantidade de casos total que será alocada por ano na área de estudo. Desta forma, até o ano de 2013 foi inserido o número de casos notificados em residentes do município de Porto Velho. Já nos anos posteriores à 2013 a demanda foi calculada a partir da projeção, por um ajuste exponencial da tendência histórica do IPA da área rural do município de Porto Velho.

#### **5.4.1.2. Componente potencial**

Atualmente, dentro componente Potencial da Plataforma LuccME se tem implementado métodos empíricos para variáveis contínuas (regressão simples multivariada, regressão espacial) e para variáveis discretas (regressão logística), porém ele permite a incorporação de outros métodos (AGUIAR, et al 2011). É importante destacar que toda análise estatística do modelo é realizado

separadamente sendo inserido apenas os valores das regressões no Componente Potencial do LuccME.

Desta forma, a modelagem dos determinantes sociais e ambientais da malária foi realizada através regressão espacial utilizando os softwares R 3.0.2 (WU, 2014) e Geoda 1.6.2 (ASU, 2014) e os resultados da regressão espacial inseridos no Componente Potencial. A seguir são descritos os passos metodológicos para a modelagem estatística.

O modelo de regressão espacial foi elaborado a partir do modelo de regressão multivariado, o qual, por sua vez, foi construído depois de realizado uma análise exploratória das variáveis, com a padronização das unidades de medida das variáveis através da estandardização, verificado a existência de *outliers*, observado normalidade, feito uma análise descritiva das variáveis e observado a relação entre elas através da construção de uma matriz de correlação (APÊNDICE D).

A estandardização é um procedimento que visa compatibilizar variáveis que podem ter escalas e dispersões muito diferentes (KUTNER, et al, 2004). Ela corresponde a uma transformação para a média nula e desvio padrão unitário de cada variável original  $X$ . A nova variável  $Z$  é obtida através de:  $Z = \frac{X-\mu}{\sigma}$ , em que  $Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_p\}$ ,  $\mu$  é a média e  $\sigma$  é o desvio padrão.

Como variável dependente foi utilizada o IPA e como variável independente os indicadores sociais e ambientais. Foi utilizado critério de seleção de variáveis *stepwise*, caracterizado pela construção de uma sequência de modelos de regressão e o qual durante a construção é adicionado ou retirado uma variável preditora, dependendo da abordagem selecionada, se a técnica de seleção avançada (*forward stepwise*) ou retro seleção (*backward stepwise*) (KUTNER AL, 2004; MORRISON, 2006). Optou-se pela técnica *backward stepwise*, porém, no primeiro modelo não foram acrescentadas todas as variáveis e sim, aquelas que apresentaram maior correlação e cujo conhecimento sobre o

processo de transmissão da malária e sobre o território nos induziu a testá-las. Entretanto, no modelo final foram mantidas as variáveis que foram estatisticamente significativas ( $p$ -valor  $<0,05$ ) e maior coeficiente de correlação ( $R^2$ ).

A normalidade dos resíduos da regressão foi verificada pelo teste Jarque-Bera e a heterocedasticidade dos mesmos pelos testes Breusch-Pagan e Koenker-Basset (ANSELIN, et al. 2004; ANSELIN, 2005)

Para se verificar a existência de dependência espacial foi observado o Índice de Moran I dos erros da regressão clássica. Quando confirmada, passou-se a escolha do modelo de regressão mais adequado, seguindo os critérios de seleção definidos por Anselin et al. (2004) e Anselin (2005). É observada a significância estatística para os testes Multiplicador de Lagrange (lag) e Multiplicador de Lagrange (error). Se ambos forem significativos escolhe-se o LM robusto significativo e se ambos forem significativos, opta-se pelo do LM robusto.

As variáveis selecionadas no modelo final de regressão multivariada clássica foram inseridas no modelo selecionado e a adequação dos modelos foi analisada pelo Log da Máxima Verossimilhança (*Log likelihood*) e pelo critério de *Akaike* (AIC), os quais são índices de comparação mais adequados para modelos espaciais e utilizados para comparar modelos (ANSELIN, 2005). Quanto maior o Log da Verossimilhança e quanto menor valor de AIC mais adequado é o modelo.

Deve-se ressaltar que o modelo *Spatial Error* não está implementado no LuccME, entretanto ainda assim, o modelo foi testado a fim de se verificar o modelo de regressão para o conjunto dos dados e, propicia melhores condições de avaliar os resultados. Contudo Câmara et al. (2004), aponta que na prática a distinção entre os dois tipos de modelos de regressão espacial é difícil pois apesar da diferença em suas motivações eles são muito próximo em termos formais.

A regressão multivariada é uma técnica estatística que utiliza a relação entre duas ou mais variáveis quantitativas para estimar ou descrever o funcionamento de outra (KUTNER, et al, 2004) e é definida pela expressão matemática:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_p X_{ip} + \varepsilon$$

Onde:

$Y_i$  é o valor da variável resposta na  $i$ -ésima observação;

$\beta_0, \dots, \beta_p$  são coeficientes da regressão;

$X_{i1} \dots X_{ip}$  são os valores das variáveis preditoras na  $i$ -ésima observação;

$\varepsilon$  é um termo de erro aleatório com distribuição normal, média zero e variância constante.

O parâmetro  $\beta_0$  se refere ao intercepto no plano de regressão e o parâmetro  $\beta_1$  indica a mudança na resposta média de  $Y$  para cada unidade aumentada em  $X_{i1}$ , quando  $X_{i2}$  é mantido, se repetindo sucessivamente até  $\beta_p$ .

Esta técnica apresenta a limitação em não considerar a dependência espacial dos dados. Por isso, a necessidade em se aplicar o modelo de regressão espacial, o qual apresenta estrutura similar da regressão multivariada, porém, incorpora a autocorrelação espacial como um componente explicativa do modelo (ANSELIN, et al. 2004; CÂMARA et al., 2004).

Existem dois modelos alternativos de regressão espacial: *Auto Regressive Model* (SAR) ou *Spatial Lag* e o *Conditional Autoregressive* (CAR) ou *Spatial Error*. No *Spatial Lag* a dependência espacial é atribuída à variável dependente, mostrando que a variável resposta é afetada pelos valores da variável resposta nas áreas vizinhas. Já no modelo *Spatial Error* a dependência espacial é atribuída aos resíduos do modelo, mostrando que os efeitos

espaciais são um ruído, ou seja, é um fator que precisa ser removido (ANSELIN, et al. 2004; CÂMARA, et. al, 2004).

A matriz de vizinhança ( $W$ ) foi calculada pelo método rainha (queen), a qual determina como vizinhos as células que tem alguma borda ou ponto em comum. São medidas de distância entre duas áreas e assumem valores 1 (para zonas com fronteiras) e 0 (quando não há fronteira) (ANSELIN, 2005)

Quadro 5. 2 – Modelos de regressão espacial

Modelo de Regressão Espacial	Expressão matemática
<i>Auto Regressive Model (SAR) ou Spatial Lag</i>	$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon$ , em que: $Y$ é a variável dependente; $X$ são as variáveis independentes; $\rho$ = coeficiente espacial autoregressivo; $W$ é a matriz de vizinhança espacial ou matriz de ponderação espacial; $\beta$ = coeficientes de regressão; $\varepsilon$ = erros aleatórios com distribuição normal, média zero e variância constante;
<i>Conditional Autoregressive (CAR) ou Spatial Error</i>	$Y = X\beta + \varepsilon$ , em que: $Y$ é a variável dependente; $X$ são as variáveis independentes; $\beta$ = coeficientes de regressão; $\varepsilon = \delta W\varepsilon + \xi$ $W\varepsilon$ são os erros com efeito espacial; $\delta$ =coeficiente autoregressivo; $\xi$ são os erros aleatórios com média zero e variância constante.

O município de Porto Velho apresenta uma ampla diversidade de paisagens e diferentes processos atuantes em toda extensão do município. Em decorrência disso, foi construído um modelo a partir das 9 regiões de saúde que são expressões territoriais das atividades da Secretaria Municipal de Saúde (SEMUSA). Entretanto, em função da similaridade de processos de regiões

vizinhas algumas delas foram agrupadas e a análise estatística entre IPA e os indicadores ambientais e sociais foram realizados para cada uma delas.

#### 5.4.1.3. COMPONENTE DE ALOCAÇÃO

A sintaxe e a semântica de cada um dos parâmetros do Componente de Alocação do Modelo Espacial Dinâmico da Malária são descritos no Quadro 5.

3

Quadro 5. 3 – Sintaxe e semântica dos parâmetros do Componente de Alocação do Modelo Espacial Dinâmico da Malária (MEDM) .

Categoria	Sintaxe (*em lua)	Semântica	Parâmetros MEDM
Alocação da demanda	<i>maxDifference</i>	Máximo de erro de alocação da demanda permitido.	100
Ajuste das iterações	<i>maxIteration</i>	Número máximo de iterações para cada passo de tempo do modelo.	5000
	<i>initialElasticity</i>	Valor inicial da elasticidade.	0.1
	<i>minElasticity</i>	Valor mínimo da elasticidade.	0.001
	<i>maxElasticity</i>	Valor máximo de elasticidade.	1.5
Direção da mudança	<i>Static</i>	Indica se a variável pode aumentar ou reduzir em cada célula ou somente na direção da demanda.	0
Intervalo de valor absoluto permitida em cada célula	<i>minValue</i>	Valor mínimo do IPA permitido na célula (Valores entre 0 e 1, sendo recomendado 0).	0
	<i>maxValue</i>	Valor máximo do IPA permitido na célula (Valores entre 0 e 1, sendo recomendado 1)	1.0

Intervalo de mudança permitida em cada célula	<i>minChange</i>	Valor mínimo de mudança do IPA permitida, no passo de tempo do modelo, até atingir a saturação. (Valores entre 0 e 1, sendo recomendado 0).	0
	<i>maxChange</i>	Valor máximo de mudança do IPA permitida, no passo de tempo do modelo, até atingir a saturação. (Valores entre 0 e 1, sendo recomendado 1).	1
	<i>changeLimiarValue</i>	Refere-se a um limiar que controla a velocidade da mudança. Depois de atingido esse limiar a velocidade de mudança é modificada. (Valores entre 0 e 1, sendo recomendado 1).	1
	<i>maxChangeAboveLimiar</i>	Mudança máxima permitida em uma célula depois da saturação. (Valores entre 0 e 1, sendo recomendado 1)	0.1

Adaptado de Aguiar et. al (2014).

A elasticidade é a capacidade de um determinado uso em ser mais relutante à mudança. É utilizado, por exemplo, quando se deseja conter o desmatamento em áreas de preservação ambiental (VERBURG, et al., 2002). No caso do modelo de malária, esse parâmetro foi mantido igual a 0.1, o que significa que quase todas as mudanças são permitidas.

#### 5.4.1.4. Construção de novos componentes

Os componentes de potencial disponibilizados atualmente pelo LuccME relacionam o mapa de uso e cobertura da terra atual com o mapa da superfície potencial através de uma álgebra de mapas, mais especificamente uma subtração entre eles. Esta subtração da célula extrai as áreas que já foram desmatadas e reduz a quantidade de área da célula para a alocação de

demanda nos anos posteriores, considerando que a área total da célula é o máximo que pode ser desmatado. No modelo de malária manter essa relação com o mapa anterior não faz sentido. Isto porque, a população de uma célula que contraiu malária em um determinado ano não está imune à doença nos anos posteriores. Por esta razão, foi construído um novo componente, *Potential\_infectious\_disease*, o qual esta relação com o mapa anterior foi excluída, sendo utilizando somente o mapa do potencial da célula e, permitindo desta forma que a população da célula continue igualmente exposta anualmente.

Nos componentes de alocação disponíveis, a demanda é alocada em função da área da célula. No caso do modelo de malária, a demanda não está relacionada à área e, sim a casos de malária que serão alocados na população contida em cada célula. Neste contexto, foi implementado um novo componente, denominado *Location\_infectious\_disease* que faz a leitura da população contida em cada célula (valor variável) e não de sua área, que é fixa.

#### **5.4.2. VALIDAÇÃO DO MODELO**

Foi utilizado o método de validação de ajuste de múltiplas resoluções, o qual estabelece o grau de similaridade entre o mapa simulado e o mapa real em diferentes resoluções, permitindo visualizar se o padrão espacial é correspondente.

O método de validação de ajuste de múltipla resolução utilizado para validar o modelo de malária foi baseado em Constanza (1989) e, utiliza janelas móveis (Figura 5-4) para comparar os erros entre a diferença entre o mapa real inicial e o mapa real final e a diferença entre o mapa inicial e o mapa simulado, expandindo gradualmente a resolução de comparação.

## Cena 1

## Cena 2

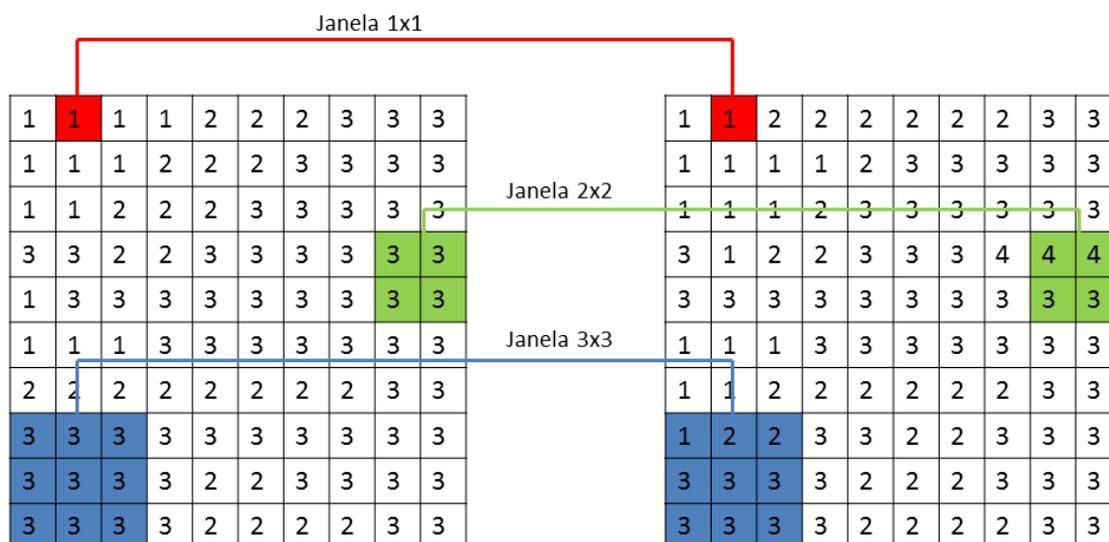


Figura 5-4 – Exemplo de validação múltipla resolução extraída de Constanza (1989).

Formalmente seu cálculo é expresso por:  $V = \frac{MR_{inicial} - MR_{final}}{MR_{inicial} - MS_{simulado}}$

Em que  $V$  é o índice de concordância,  $MR_{inicial}$  é o mapa real inicial,  $MR_{final}$  é o mapa real final e  $MS_{simulado}$  é o mapa simulado.

O ano inicial foi o período 2010-2012 e o ano de validação foi 2013. Estabeleceu-se um intervalo de confiança de 95%.

### 5.5. CENÁRIOS

A elaboração de cenários é uma metodologia capaz de estabelecer descrições plausíveis e consistentes de situações futuras possíveis, destacando os fatores envolvidos entre a situação atual e o cenário futuro, mas, sobretudo identificando caminhos possíveis, incertezas, divergências e antecipando riscos (WRIGHT et al., 2006).

Neste trabalho, o modelo foi utilizado para simular cenários de áreas potenciais para o risco de malária. Os cenários foram elaborados a partir da análise da tendência histórica da ocorrência da malária no município de Porto Velho e da análise documental das metas e objetivos do Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária - PNCM (BRASIL, 2003), bem como análise de documentos relacionados ao Plano de Compensação das Usinas Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, onde são estabelecidas metas e diretrizes para o controle da malária no município de Porto Velho.

Foram analisados três documentos principais: Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária (BRASIL, 2003), o Plano Complementar de Ação e Controle da Malária nas áreas de influências direta e indireta da UHE Santo Antônio no município de Porto Velho, estado de Rondônia (SEMUSA, 2012) e o Plano de diretrizes técnicas para o plano de ação de controle da malária nas áreas de influência direta e indireta da UHE de Jirau, no município de Porto Velho, Estado de Rondônia, com vista à emissão do atestado de condições sanitárias (BRASIL, 2008).

Dentre diversos compromissos e diretrizes assumidos pelo PNCM e pelos Planos de Compensação das Hidrelétricas, estão o diagnóstico e tratamento rápido e a ampliação da rede laboratorial. A ampliação da rede laboratorial é destacada nos planos de compensação de Jirau e de Santo Antônio em decorrência, principalmente do aumento da demanda pelos serviços de saúde ocasionada pelo processo migratório intenso.

O Plano Complementar de Ação e Controle da Malária nas áreas de influências direta e indireta da UHE Santo Antônio chega a estabelecer a meta de aumento em 10% da rede laboratorial até 2015 (SEMUSA, 2012) e o Plano de Diretrizes Técnicas para o Plano de Ação de Controle da Malária nas áreas de influência direta e indireta da UHE de Jirau aponta a necessidade de instalação de laboratório por região de saúde (BRASIL, 2008).

Para representar as metas e diretrizes do controle da malária no município de Porto Velho criamos duas variáveis dinâmicas para serem inseridas na simulação dos cenários. Lembrando que variáveis dinâmicas são variáveis que são atualizadas no modelo a partir de um determinado momento no tempo de simulação.

A primeira variável dinâmica inserida no modelo foi o indicador distância mínima a laboratórios. Este indicador foi recalculado através da criação de um outro plano de informação supondo que haveria a ampliação de 10% da rede laboratorial na área de influência direta e indireta da UHE de Santo Antônio, que compreende as regiões 1, 2, 3, 5, 8 e 9 e a ampliação de mais 10 laboratórios nas regiões 4, 6 e 7 como consta nas Diretrizes do Plano de Compensação na Área de Influência da UHE de Jirau e de Santo Antônio (BRASIL, 2008; SEMUSA, 2012). Importante ressaltar que os novos laboratórios foram instalados próximos às localidades.

A segunda variável dinâmica inserida na construção dos cenários foi o indicador de diagnóstico e tratamento oportuno. Supôs-se que a partir de 2015, diante de investimentos em capacitação profissional e acesso aos laboratórios todo o município de Porto Velho conseguiria diagnosticar e tratar mais de 50% das notificações em menos de 24 horas.

Desta forma, modelo de espacial dinâmico da malária simulou três cenários, em passos anuais, do período 2010-2012 até o ano de 2020 sendo um cenário otimista, um cenário intermediário e um cenário pessimista.

O cenário mais otimista, também denominado “Eliminação da malária” propôs que em 2020 o município de Porto Velho alcançaria a fase de eliminação da doença, quando o IPA do município seria reduzido a menos de 10 por mil habitantes, índice considerado baixo pelo PNCM (BRASIL, 2008). Essa redução seria atribuída à melhoria dos serviços de saúde representada através das variáveis dinâmicas. E o cálculo da demanda realizado por uma função

exponencial da série histórica até alcançar o IPA menor que 10 por mil habitantes.

O cenário intermediário ou “Cenário Realista”, pois nos parece o cenário mais provável de ocorrer, também considera a redução da malária através de uma função exponencial, porém, sem alcançar em 2020, a meta de eliminação da doença como estima o cenário otimista. É considerada a melhoria dos serviços de saúde através da inserção das variáveis dinâmicas, porém, considerando que a redução não é tão rápida, pois, quanto mais baixo o nível endêmico da doença mais difícil manter a tendência de redução, predominando a tendência de estabilização do nível endêmico. Neste cenário, a área rural do município de Porto Velho apresentaria em 2020 um IPA médio de 49,99 por mil habitantes, índice considerado intermediário pelo PNCM.

E por fim o Cenário pessimista, denominado também “Continuação da tendência histórica”, o qual foi construído através da projeção exponencial da tendência histórica e alcançando um IPA de 90 por mil habitantes em 2020. Neste cenário não utilizamos as variáveis dinâmicas citadas anteriormente, o que significa que neste contexto não se prevê melhorias no acesso e qualidade dos serviços de atendimento aos pacientes com malária.

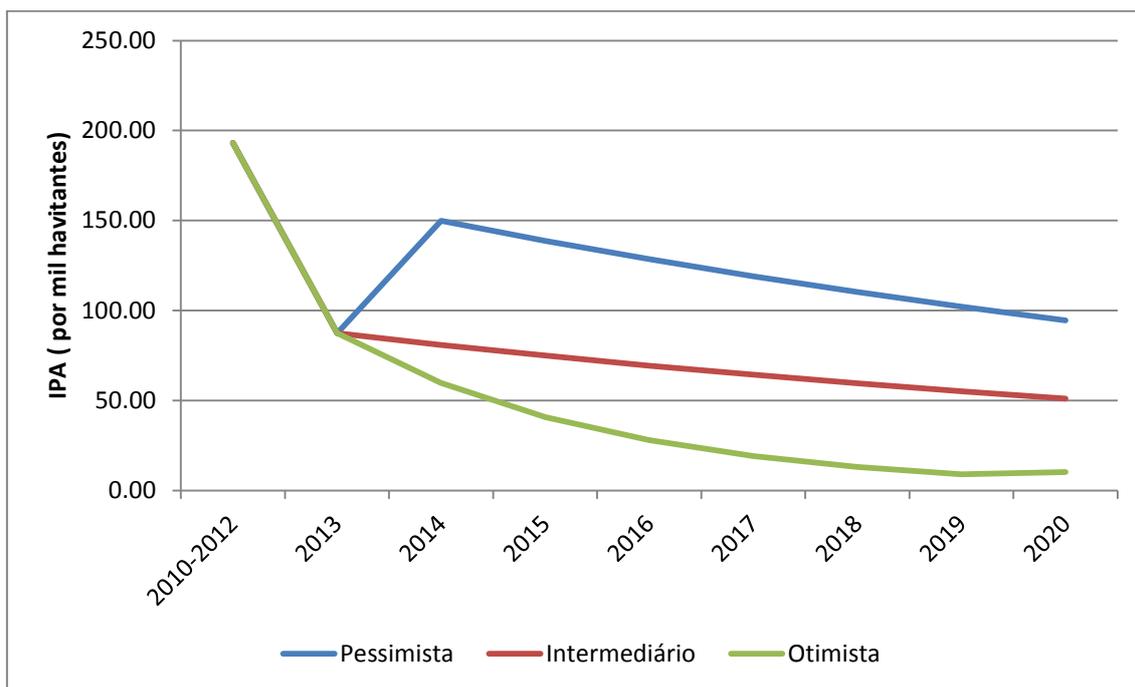


Figura 5-5-.Demanda do modelo espacial dinâmico da malária. O período 2010-2012 e o ano 2013 são dados reais, enquanto a partir de 2014 os dados foram estimados por ajuste exponencial da serie histórica (2008 – 2013).

Cabe ressaltar que a base populacional foi atualizada ano a ano durante a simulação dos cenários, as quais entraram também como variáveis dinâmicas. A projeção populacional utilizada nos cenários é descrita no APÊNDICE B.

### 5.6. Fluxos de transmissão da malária

A mobilidade espacial é um dos mais importantes determinantes sociais da malária. Entretanto, o modelo espacial dinâmico da malária não conseguiu representá-la, em seu banco de dados celular. Isto por que a representação dos fluxos de transmissão da doença envolve duas dimensões: direção (origem e destino) e intensidade (quantidade de ocorrências de um mesmo fluxo). Desta forma optou-se em fazer uma análise separada do papel da mobilidade

espacial na transmissão da malária e discutir os achados com os resultados do modelo e dos cenários.

Foram elaborados mapas de fluxos entre local de residência do paciente diagnosticado com malária (origem) e o provável local de infecção (destino) de residentes no município de Porto Velho. Os fluxos foram representados por grafos, os quais são uma representação matemática de um conjunto de pontos e um conjunto de linhas que se conectam em pares, cujos pontos são denominados vértices e cujas conexões são denominadas arestas (NEWMAN, 2003).

Neste trabalho, os vértices representam as localidades rurais do município de Porto Velho, e as arestas o fluxo de pessoas que se infectaram por malária no deslocamento entre essas localidades. Para melhor apresentação dos dados, optamos em usar os grafos ponderados, o qual apresenta um valor numérico associado a cada face que neste caso se refere à quantidade de pessoas que se infectaram por malária naquela aresta.

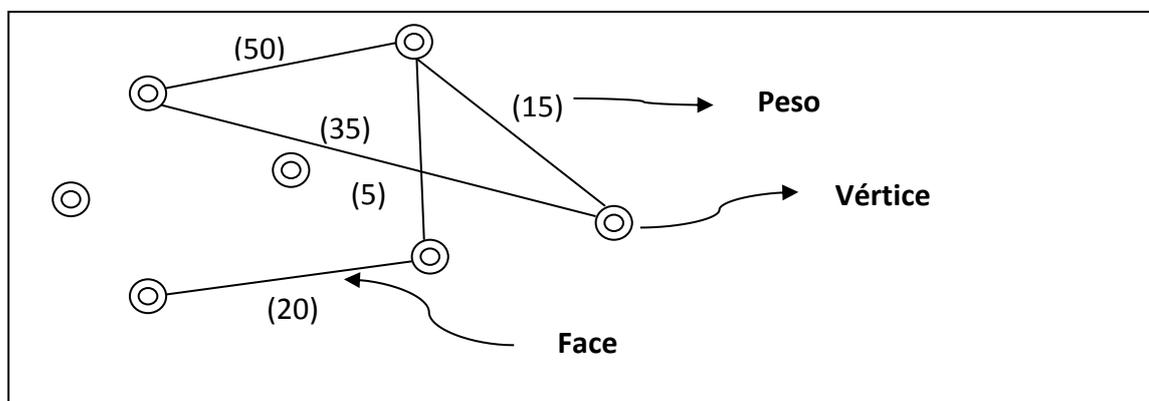


Figura 5-6- Representação de um grafo ponderado.  
Fonte: adaptado de Newman (2003).

Os dados de malária utilizados são provenientes do Sistema de Informação da Malária, o SIVEP-Malária e do Sistema de Agravos de Notificação Compulsória (SINAN), do Ministério da Saúde, o período de análise dos dados é 2010-2012.

Os dados demográficos são provenientes do Censo Demográfico 2000 e 2010, da Contagem Populacional de 2007 e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os casos de malária foram classificados em casos autóctones, casos alóctones e casos migrantes. Considerou-se casos autóctones, aqueles casos cujo local de infecção é município de residência, ou seja, o município de Porto Velho, casos alóctones ou importados aqueles cuja infecção ocorreu em outro município e, casos migrantes aqueles que se infectaram em Porto Velho, porém, residiam em outro município (VALDES, 2010).

Para viabilizar a apresentação dos dados foram mapeados somente os dados cujo local de residência fosse diferente do local de infecção e aquelas cuja frequência fosse maior ou igual a 5 ocorrências. Além disso, os dados das localidades pertencentes à área urbana foram agrupados em um único ponto centróide, denominado urbano.

Foi utilizado o software *Terraview 4.2.0* e o *plugin de fluxos*, ambos de acesso livre e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

## 6 RESULTADOS

### 6.1. Perfil epidemiológico

O risco de adoecer por malária no município de Porto Velho tem apresentado tendência à redução ao longo dos anos, seguindo a mesma tendência observada para o estado de Rondônia (Figura 6-1) e para a Região Amazônica como um todo (BRASIL, 2013).

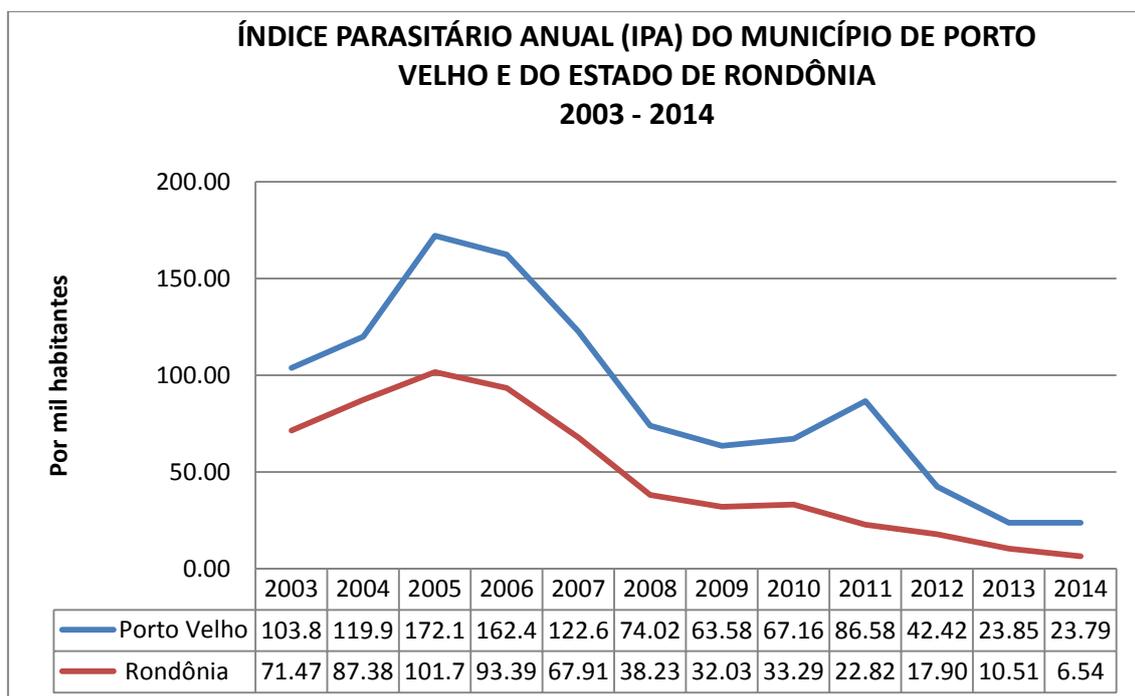


Figura 6-1- Índice Parasitário Anual (IPA) do município de Porto Velho e do Estado de Rondônia 2003 – 2014.

Fonte: Ministério da Saúde/SIVEP-Malária (2015). \*Dados sujeitos a revisão. O dado do ano de 2014 foi tabulado em 05/01/2015, logo o IPA está subestimado, pois, novas notificações entrarão no SIVEP-Malária.

O IPA do município de Porto Velho se manteve acima da média estadual durante todo período analisado. Em 2005, o município apresentou o maior IPA da série histórica, 172.1 por mil habitantes, que significa um risco 1,7 vezes maior que o IPA estadual. Entretanto, os anos seguintes foram marcados por

decréscimo do indicador, com visível estabilização entre os anos de 2008 e 2010.

Em 2011, foi observado um pequeno aumento do IPA, porém, redução expressiva caracterizou os anos seguintes. Contudo, cabe ressaltar que o aumento do IPA em 2011 está relacionado a casos importados de outros municípios e não a um aumento da população infectada no próprio município de residência.

Em 2012, o IPA do município de Porto Velho caiu pela metade passando de 86,58 por mil habitantes para 42,42 por mil habitantes. Todavia, ainda assim se manteve acima da média estadual que foi de 17,90 por mil habitantes.

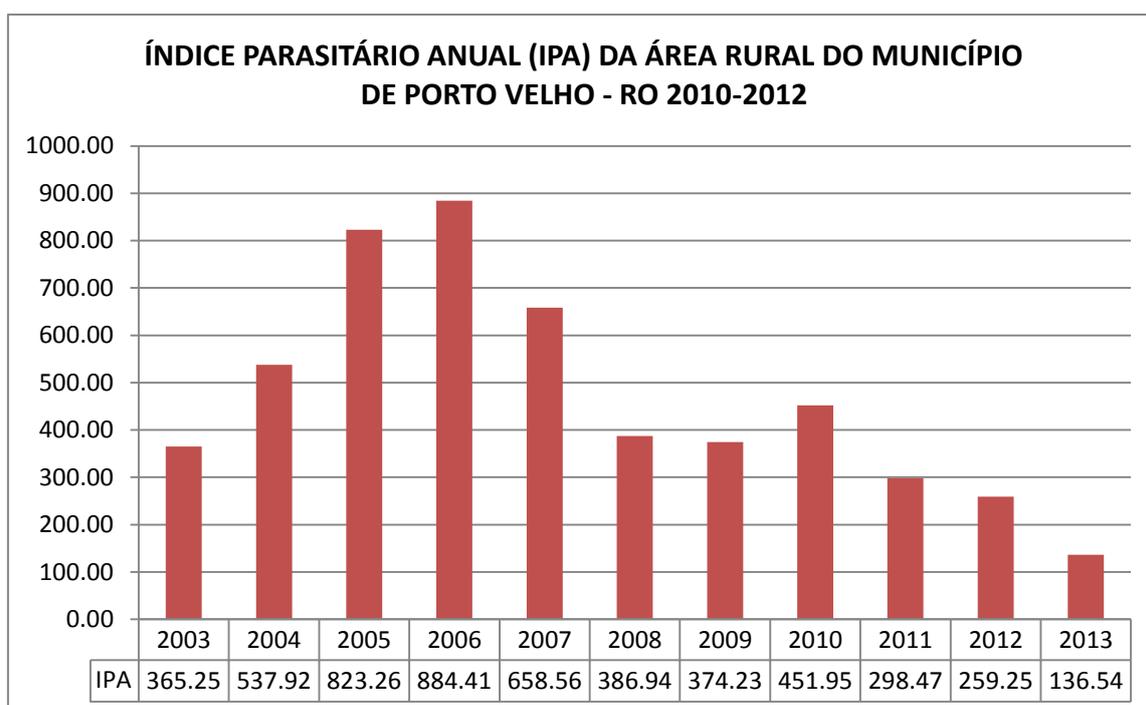


Figura 6-2– Índice Parasitário Anual (IPA) da área rural do município de Porto Velho (RO), 2010 -2012.

Fonte: Ministério da Saúde/SIVEP-Malária (2015).\*Dados sujeitos a revisão.

É necessário salientar que o risco para adoecer por malária ocorre de forma diferenciada na área urbana e na área rural do município. A Figura 6-2

apresenta o IPA da área rural do município de Porto Velho e deixa explícito que o risco é muito mais elevado na área rural comparado o município como um todo, sem excluir a área urbana (Figura 6-1). Em 2006, o IPA da área rural registrou seu valor mais alto (884,41 por mil habitantes) e obteve um risco 5 vezes maior que o IPA do município como um todo. Nos últimos anos da série apesar de ser observado decréscimo o risco de adoecer por malária na área rural de Porto Velho continuou sendo muito superior. Em 2010, o risco de adoecer por malária na área rural foi quase 7 vezes maior que no município como um todo, também considerando a área urbana.

No recorte temporal de análise deste trabalho, 2010-2012, foram diagnosticadas 116685 lâminas positivas para malária no estado de Rondônia, sendo 74,44% destas (86864) de residentes do município de Porto Velho, dos quais 73.55% (63889) eram autóctones.

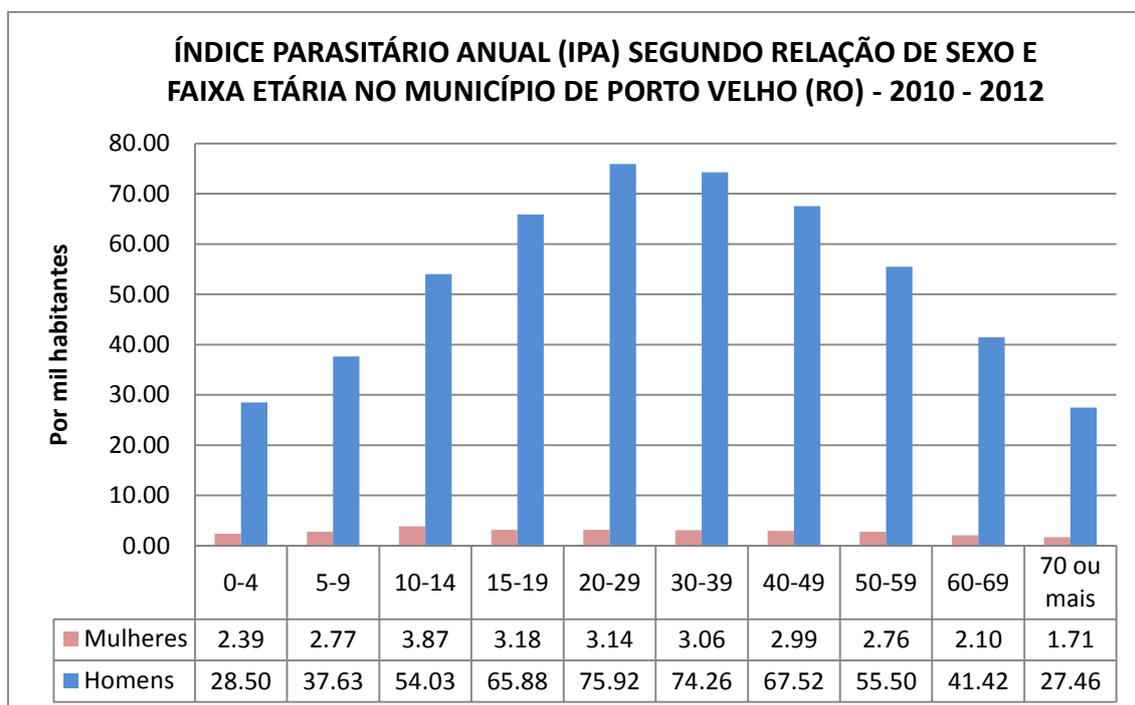


Figura 6-3- Índice Parasitário Anual (IPA) segundo relação de sexo e faixa etária no município de Porto Velho (RO), 2010 – 2012.

Fonte: Fonte: Ministério da Saúde/SVEP-Malária (2015). Dados sujeitos a revisão.

A Figura 6-3 apresenta a distribuição do IPA segundo relação de sexo e faixa etária mostrando que o município de Porto Velho possui o padrão clássico esperado para a malária, cuja maior ocorrência da doença é observada em indivíduos adultos e do sexo masculino.

Tabela 6-1 Proporção de lâminas positivas por espécie, no município de Porto Velho – RO, período 2010-2012

Espécie	Lâminas positivas	Percentual (%)
Vivax	60179	94.20
Falciparum	2908	4.55
Malarie	118	0.18
Mista	684	1.07
Total	63889	100.00

No Brasil, ocorre a transmissão de três espécies de parasitos da malária: *Plasmodium vivax*, *Plasmodium falciparum* e *Plasmodium malariae*, com o predomínio das infecções causadas pelo *Plasmodium vivax*. A Tabela 6-1 apresenta a proporção de lâminas positivas por espécie no período 2010-2012, mostrando que 94,20% das infecções foram causadas pelo *P. vivax*, 4,55% de *P. falciparum*, 0.18% de *Malarie* e 1.07% de malária mista.

Tabela 6-2– Proporção de lâminas positivas, no período 2010 – 2012, no município de Porto Velho segundo distribuição urbano/rural e local de residência/provável local de infecção.

	Urbano	Rural	Total
Local de residência	56.98% (36403)	43.02% (27486)	100%
Provável local de infecção	27.76% (17736)	72.24% (46153)	100%

A Tabela 6-2 apresenta a proporção de lâminas positivas, no período 2010 – 2012, no município de Porto Velho segundo distribuição urbano/rural e local de residência/provável local de infecção e aponta a existência de dois padrões de transmissão da malária no município de Porto Velho: a malária rural e a malária urbana. Foi observado que 57% das notificações eram de residentes da área rural e 43% da área urbana. Entretanto, quando se observa o provável local de infecção, tem-se que 72% dos indivíduos diagnosticados com malária se infectaram na área rural e os 28% restante na área urbana.

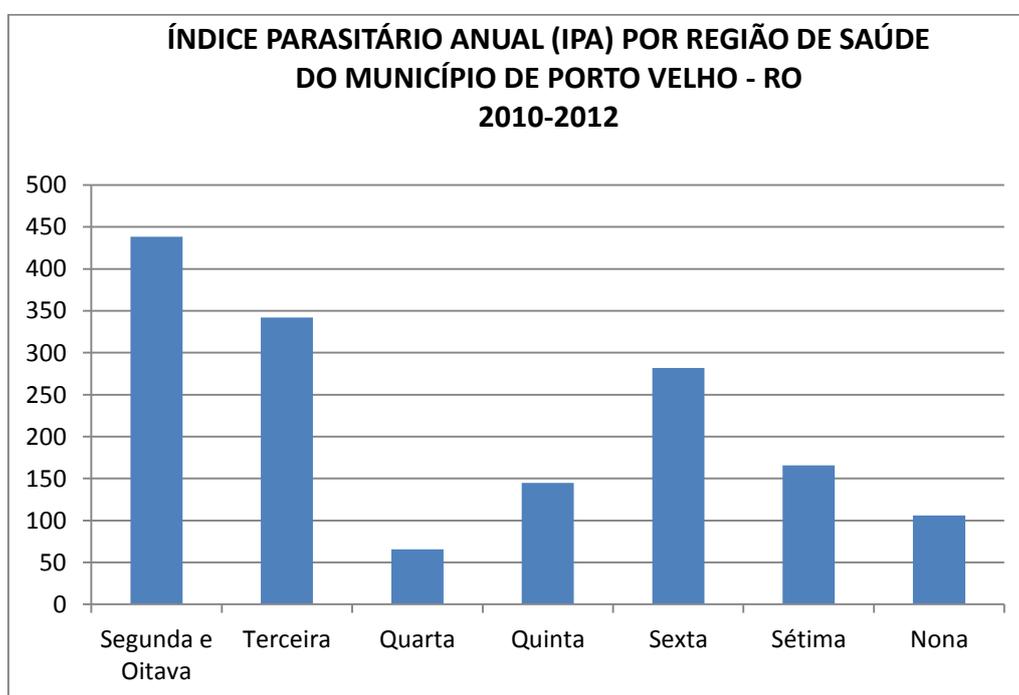


Figura 6-4- Índice Parasitário Anual (IPA) por Região de Saúde da área rural do município de Porto Velho (RO) – 2010-2012.

Fonte: Fonte: Ministério da Saúde/SVEP-Malária (2015). Dados sujeitos a revisão.

O risco de adoecer por malária é bastante heterogêneo até mesmo dentro da área rural do município de Porto Velho. A Figura 6-4 apresenta o IPA das regiões de saúde da área rural e possibilita identificar que a Segunda e Oitava Regiões, seguida da Terceira e das Sexta, as quais são as regiões com o IPA mais alto do triênio 2010-2012, respectivamente 438,17 por mil habitantes,

341,88 por mil habitantes e 281,95 por mil habitantes, risco muito superior ao IPA médio da área rural para o mesmo período que foi de 193,05 por mil habitantes.

A Figura 6-5 apresenta a distribuição espacial do IPA no período 2010-2012 no município de Porto Velho e aponta que o risco de adoecer por malária é maior principalmente na área rural do entorno da área urbana de Porto Velho e nas proximidades da Hidrelétrica de Jirau, as quais apresentaram IPA acima de 300 por mil habitantes

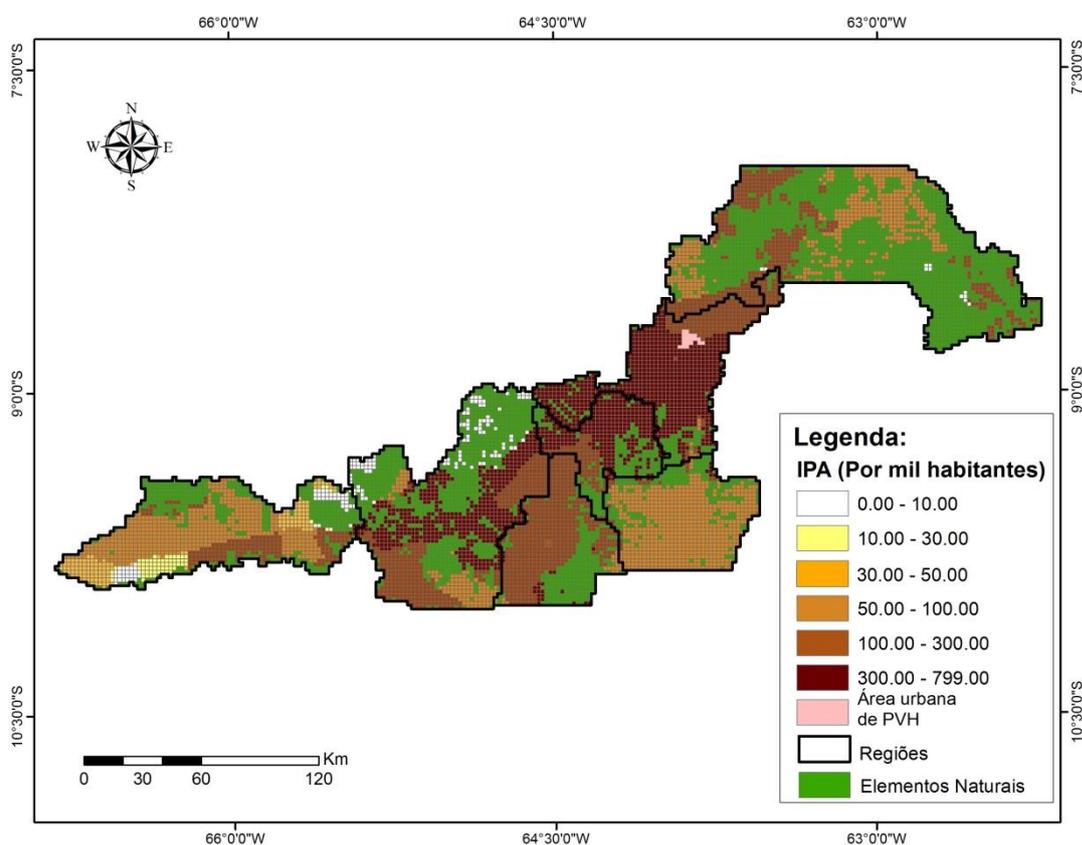


Figura 6-5– Índice Parasitário Anual (IPA) da área rural do município de Porto Velho – RO, 2010 – 2012

## **6.2. CARACTERIZAÇÃO DO TERRITÓRIO**

As variáveis sociais e ambientais utilizadas neste trabalho foram selecionadas a fim de serem relacionadas, através de um modelo estatístico, à ocorrência da malária. Entretanto, muitas delas não apresentaram relação estatística com a doença, mas, nem por isso deixaram de ser igualmente importantes no desenvolvimento deste trabalho, por que nos permitiu compreender a forma de organização socioespacial do território de Porto Velho, identificando particularidades regionais, que somado ao conhecimento adquirido por visitas em campo, conversas com pessoas que trabalham e vivem no município, e leituras de trabalhos desenvolvidos anteriormente, nos permitiu interpretar o padrão espacial da malária de forma mais completa, inserindo-os em contexto histórico e geográfico.

Nesse sentido, antes de apresentarmos os resultados da modelagem estatística e dos cenários simulados, será elaborada uma sucinta caracterização do território, por região de saúde, utilizando os indicadores construídos no trabalho e incorporando os principais processos históricos e socioespaciais responsáveis pela atual configuração territorial do município.

### **6.2.1. Segunda e oitava regiões**

A Segunda e a Oitava região de saúde do município de Porto Velho foram analisadas, em conjunto, em decorrência da proximidade com a área urbana do município de Porto Velho.

A Segunda Região compreende a área periférica da área urbana de Porto Velho localizada à margem direita do rio Madeira. Enquanto a Oitava Região está localizada à margem esquerda do rio, iniciando nas proximidades da balsa da cidade de Porto Velho seguindo até o projeto de Assentamento Joana D' Arc. (Figura 6-6).

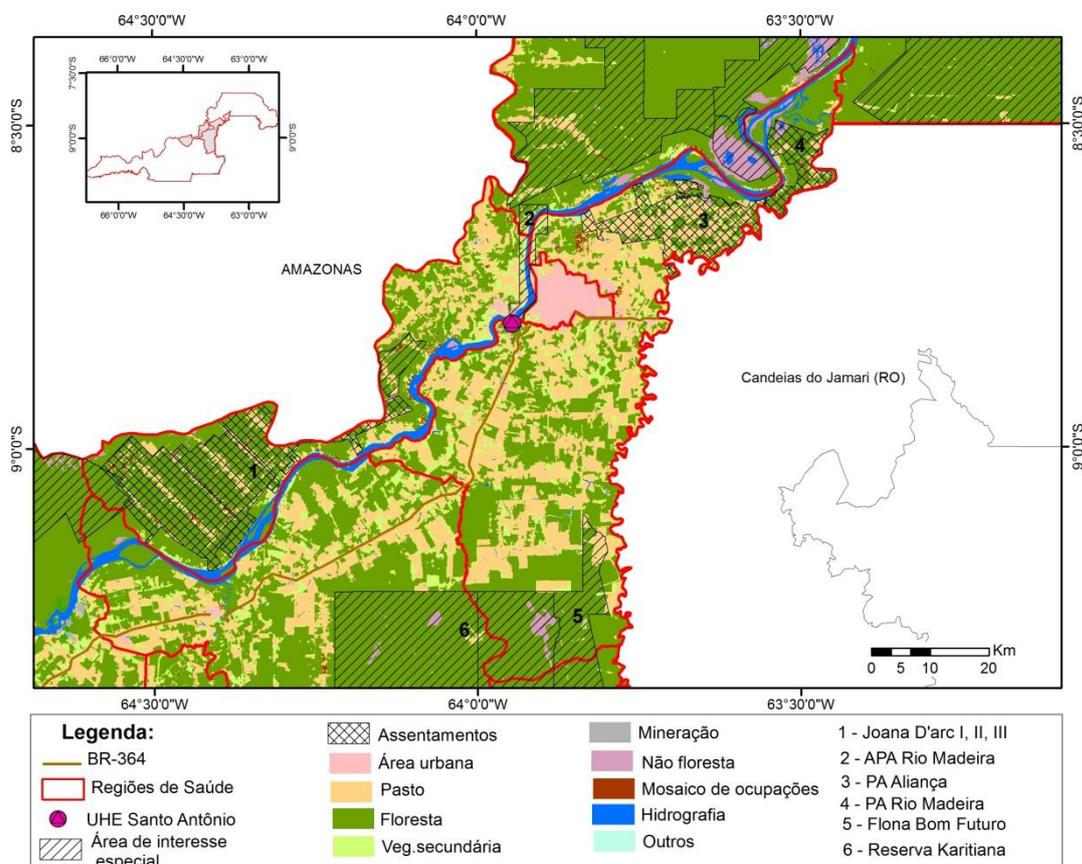


Figura 6-6– Uso e cobertura da terra na Segunda e Oitava Região de Saúde de Porto Velho (RO) - 2010

O processo de ocupação se iniciou nos anos de 1980 com a chegada de imigrantes oriundos principalmente de São Paulo, Paraná e Espírito Santo em busca de acesso à terra para a produção agropecuária (SOUZA; MANIESI, 2012; OLIVEIRA, et al., 2012). Entretanto, nos anos de 1990 houve a intensificação do crescimento da região pela colonização agrícola do Estado de Rondônia e, no início dos anos 2000 foi observada a imigração de pessoas oriundas da expropriação de outras frentes agrícolas do próprio estado e, dos expropriados da área urbana de Porto Velho em decorrência da intensificação da luta do uso do solo (SOUZA; MANIESI, 2012).

Em 2010, a Segunda e Oitava Região, juntas, apresentavam uma população de 8852 habitantes. O mapa do crescimento populacional do município de

Porto Velho (Figura C. 20 – Apêndice C) mostra que a região vem sendo caracterizada por baixo crescimento e, em determinadas áreas pela redução da população. A exceção é uma pequena área periurbana no limite da Quinta Região, que obteve um alto crescimento populacional, crescimento este possivelmente associado à expansão urbana de Porto Velho.

O mapa de uso e cobertura da terra (Figura 6-6) aponta como uso do solo predominante a classe pastagem com pequenas áreas classificadas como mosaico de ocupações, as quais são áreas de agricultura familiar cobertas por produção agrícola de baixa intensidade. Segundo Souza et al. (2012) são produzidos na região cupuaçu, acerola, caju, hortaliças, mandioca e flores tropicais, sendo as hortaliças apenas para subsistência das famílias e o cultivo das flores uma atividade que tem provocado a perda do modo de vida local.

É uma das áreas mais desmatadas do município (Figura C. 17 – Apêndice C), resultante de mudanças de uso e cobertura da terra ocorrida ao longo destes mais de 30 anos de ocupação da região. De acordo com Souza e Maniesi (2012) a substituição da floresta foi realizada inicialmente para o cultivo, em seguida para o pastoril e por fim convertido em mineração de areia e área urbana ou criação de loteamentos para chácaras destinadas ao lazer.

O desmatamento detectado entre 2010 e 2012 (Figura C. 1– Apêndice C), ficou restrito à uma pequena área localizada próxima à Hidrelétrica de Santo Antônio e nas proximidades do assentamento Joana D’Arc. Por outro lado, é observado expressivo crescimento de vegetação secundária na região (Figura C. 18 – Apêndice C).

Segundo o Plano Diretor Municipal de Porto Velho (PORTO VELHO, 2008) essa região é classificada como Macro Zona de Expansão Urbana, caracterizada como uma área dedicada à futura expansão do município de Porto Velho. Aparentemente contraditória à classificação dado pelo Zoneamento Socioeconômico-Ecológico do Estado de Rondônia (RONDÔNIA,

2015) que caracteriza a maior parte da Região 2 e Região 8 na classe 1. 2, descrita abaixo:

1.2 - Áreas com médio potencial social, onde predomina a cobertura florestal natural, em processo acelerado de ocupação, com conversão da floresta. A ocupação muitas vezes não é controlada. Serão implementados nestas áreas políticas públicas que priorizem a preservação de pelo menos 40% da vegetação natural, nas áreas convertidas é necessário estímulo de técnicas avançadas de agricultura e agropecuária, que envolvam o manejo sustentável RONDÔNIA (2015)..

Sobre essa aparente contradição Souza et al. (2012) apontam que está relacionada à dois momentos históricos distintos da ação estatal. No primeiro momento, que se estende do início da década de 1970 ao final da década de 1990, em que a configuração espacial era conduzida pelo capital gerado pela atividade agropecuária e no segundo momento, a partir do final da década de 1990, quando se verificou uma redução da influência do capital gerado pela atividade agropecuária, frente ao avanço do capital gerado pelas atividades econômicas da zona urbana de Porto Velho.

Na região também está localizado alguns atrativos turísticos como o Balneário Areia Branca, Cachoeirinha e a Cachoeira de Teotônio, que nos finais de semana recebem banhistas, principalmente moradores da área urbana de Porto Velho.

Na Oitava Região, na margem esquerda do rio Madeira, estão os assentamentos rurais Joana D'Arc I, II e III. Os assentamentos distam cerca de 100 km da área urbana de Porto Velho e, nesta região são as áreas de mais difícil acesso à área urbana de Porto Velho, como pode ser verificado no mapa de conexão à área urbana de Porto Velho (Figura C. 14 – Apêndice C).

O assentamento Joana D'Arc se originou em 1982 com a chegada de migrantes de diversas partes do país, entretanto foi regularizado somente 18 anos mais tarde (VERGOTTI, 2013). O solo do assentamento é totalmente

formado pela classe Gleissolo (Figura C. 11 – Apêndice C), que dentre outras características são solos permanentemente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados (EMBRAPA, 2006). Além disso, apresentam baixa fertilidade e, por isso ao longo dos anos, no assentamento, foram incorporadas técnicas de manejo capazes de superar as dificuldades ambientais. Atualmente, a produção de maior valor agregado do assentamento está baseada principalmente na produção da farinha de mandioca que é totalmente mecanizada (OLIVEIRA et al, 2012; VERGOTTI, 2013).

É observada a presença de diversos garimpos, tanto a leste da área urbana de Porto Velho quanto a Oeste, principalmente às margens do rio Madeira (Figura C. 13 – Apêndice C). Entretanto, a região é bem servida de laboratórios para diagnóstico de malária, estando quase toda ela à menos de 15 km de distância de alguma unidade laboratorial (Figura C. 22 – Apêndice C).

### **6.2.2. Terceira região**

A Terceira Região está localizada entre o km 40 e o km 105 da BR-364, em direção ao estado do Acre (Figura 6-7) e é caracterizada por ser a região menos populosa, com 3111 habitantes.

O núcleo urbano dessa região é a localidade de Jacy-Paraná que concentra o comércio e os serviços oferecidos à população local.

O processo de ocupação da região iniciou com a construção de Estrada de Ferro Madeira-Mamoré, em 1907, que ligava Porto Velho a Guajará-Mirim e que possibilitou a criação de pontos de apoio ao longo do caminho (SILVA-FILHO, 1995). A localidade se transformou ao longo do tempo, trazendo as marcas dos ciclos econômicos que caracterizaram a ocupação da Amazônia Ocidental (BECKER, 2009), primeiro veio a ferrovia, em seguida a extração da seringa, os garimpos, principalmente com a extração da cassiterita, a extração

madeira, a expansão da pecuária e recentemente as hidrelétricas (CAVALCANTE et al., 2012).

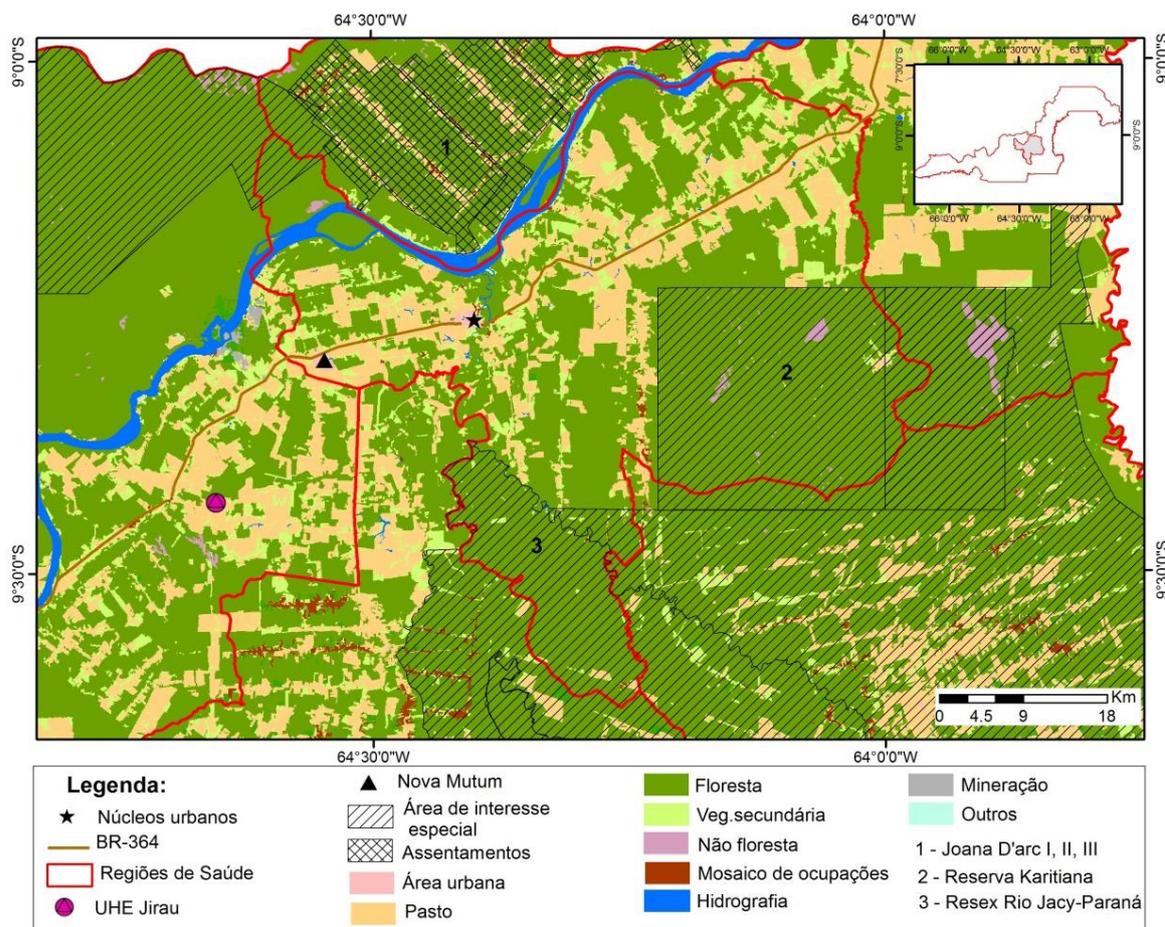


Figura 6-7– Uso e Cobertura da terra na Terceira Região de saúde do município de Porto Velho (RO) - 2010

Na região está localizada a Reserva Indígena Karitiana, que atualmente está demarcada e livre de invasões. Entretanto, em um passado não muito longínquo foi alvo de exploração madeira e de mineradoras (VELDEN, 2005). Atualmente, é cercada por fazendas de gado ao norte da Reserva, mas, o perímetro restante ainda é coberto por floresta como pode ser visualizado na (Figura 6-7).

Diante da presença de diversos atores sociais, a Terceira Região é caracterizada por ser um território de conflitos em que o interesse de grandes grupos econômicos se contrapõe a populações tradicionais ribeirinhas, tribos indígenas, seringueiros e garimpeiros além de todos aqueles que se aventuram a migrar para a região na busca de oportunidades de trabalho (CALVALCANTE, 2012).

A instalação das hidrelétricas alterou a dinâmica socioespacial da Terceira Região trazendo impactos positivos e negativos. É visível o fortalecimento do setor de serviços principalmente hotéis, restaurantes e bares, além, das novas oportunidades de emprego que foram estabelecidos de forma direta e indireta pelas hidrelétricas. Entretanto, o expressivo crescimento populacional observado (Figura C. 20 – Apêndice C) aumentou a demanda por serviços públicos, principalmente relacionados à saúde e educação que por sua vez, não foram ampliados na mesma proporção (ASSUNÇÃO, 2011). Soma-se a isso o crescimento da violência, uso de drogas e prostituição características de áreas receptoras de grandes projetos de desenvolvimento com grande atração de mão de obra (ALMEIDA, 2000; ASSUNÇÃO, 2011)

Na Terceira Região foi instalada a localidade de Nova Mutum com a finalidade de abrigar funcionários da Usina Hidrelétrica de Jirau e parte da população de Mutum Paraná, localidade totalmente removida para a implantação da Usina Hidrelétrica de Jirau.

A maior taxa de crescimento populacional foi observada nas proximidades da localidade de Jacy-Paraná. Entretanto em algumas localidades vizinhas foi observada redução da população (Figura C. 20 – Apêndice C). Isto, porque localidades inteiras foram desapropriadas para a instalação da Usina Hidrelétrica de Jirau (ASSUNÇÃO, 2011; CAVALCANTE et al., 2012). Além disso, outra questão a se considerar é o deslocamento de pessoas de localidades economicamente menos dinâmicas para as proximidades de Jacy-Paraná.

Em relação ao acesso e a rapidez do diagnóstico e tratamento da malária na Terceira Região verifica-se que a região apresenta 8 laboratórios, sendo três deles localizados na localidade de Jacy-Paraná. O acesso aos laboratórios se torna mais difícil à medida que se aproxima da Reserva Indígena Karitiana. (Figura C. 22 – Apêndice C).

### **6.2.3. Quarta região**

A Quarta região está localizada entre a Balsa do Abunã e o Distrito de Nova Califórnia (Figura 6-8), sendo uma das regiões menos conectadas à área urbana de Porto Velho (Figura C. 14 – Apêndice C).

A região é a mais populosa da área rural de Porto Velho (15504 habitantes), possui quatro núcleos urbanos Extrema, Nova Califórnia, Vista Alegre do Abunã e Fortaleza do Abunã (Figura 6-8).

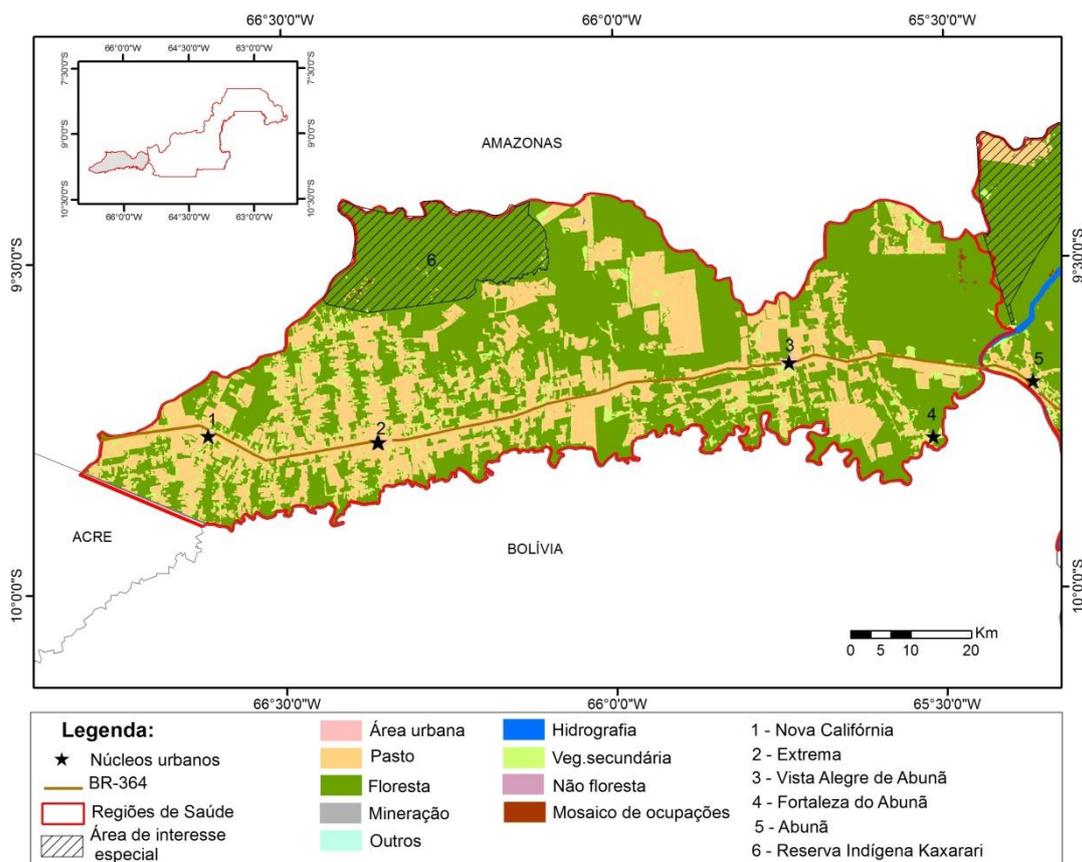


Figura 6-8– Uso e cobertura da terra na Quarta Região de saúde do município de Porto Velho (RO) – 2010

Nas proximidades das localidades de Extrema e Nova Califórnia estão as áreas de maior densidade populacional (Figura C. 21 – Apêndice C) e também aquelas de maior crescimento populacional observado entre 2007 e 2010 no município (Figura C. 20 – Apêndice C).

A Quarta Região é uma das áreas menos conectadas à área urbana de Porto Velho (Figura C. 14 – Apêndice C), mantendo historicamente relações socioespaciais mais intensas com Rio Branco (AC), em função da proximidade e facilidade de acesso pela BR-364. Pela falta de integração com a sede de Porto Velho, os núcleos urbanos que compõem a Ponta do Abunã vêm demonstrando profundo interesse em obter emancipação (MATIAS, 1998; SANTANA, 2012).

A região viveu seu período de maior dinamismo econômico no auge da extração da borracha, principalmente no segundo período, 1939-1945, momento em que empresas estrangeiras passaram a explorar a região através do sistema de aviamento, resultando no segundo surto do ciclo da borracha. Entretanto, após 1950 com a desestruturação deste sistema e com a nova política governamental para a Região Amazônica, toda a região foi diretamente afetada, perdendo importância econômica e população para áreas economicamente mais dinâmicas. Aqueles que permaneceram na região começaram a trabalhar como diaristas em fazendas ou em madeireiras (SILVA, 2010; ASSUNÇÃO, 2012).

O uso do solo predominante é a pastagem (Figura 6-8), refletindo a atuação do Estado, desde os anos de 1970, quando a atividade foi iniciada para subsistência pelos migrantes. Mas que, sobretudo, em anos mais recentes vem adquirindo importância com a inserção do agronegócio, voltado para a criação de gado bovino de corte e de leite (BATISTA, 2014).

No entorno da localidade de Fortaleza do Abunã atividade um pouco diferenciada vem sendo exercida. A partir dos anos de 1980, a região começou a receber investimentos no setor hoteleiro e, ao longo dos anos vêm se destacando pelo alto potencial turístico (SILVA, 2010).

Ao norte da Quarta Região está localizada a Reserva Indígena Kaxarari e do Abunã e Fortaleza do Abunã (Figura 6-8).

Estas populações indígenas tiveram suas terras demarcadas em 1986. Vivem da agricultura de subsistência, da coleta de frutas silvestres e eventualmente trabalham como diaristas ou peões das fazendas e seringas estabelecidos nas proximidades de sua área (ALVES, 2009).

A área possui 8 laboratórios sendo bem assistida principalmente nas áreas próximas aos núcleos urbanos (Figura C. 22 – Apêndice C).

#### 6.2.4. Quinta região

A Quinta Região compreende todo território à jusante do rio Madeira, iniciando na localidade de Cachoeira de Santo Antônio e na localidade Demarcação (Figura 6-9). A região apresenta quatro núcleos urbanos: São Carlos, Nazaré, Calama e Demarcação, cujo acesso dá-se principalmente por meio fluvial e por isso é uma das áreas de mais difícil acesso do município, sendo uma das áreas menos conectadas à sede municipal (Figura C. 14 – Apêndice C).

É a região mais preservada ambientalmente do município de Porto Velho onde estão localizadas as Esec Cuniã I, Esec Cuniã II, Resex Lago do Cuniã, FERS Rio Machado, FERS Rio Madeira e Flona Jacundá (Figura 6-9).

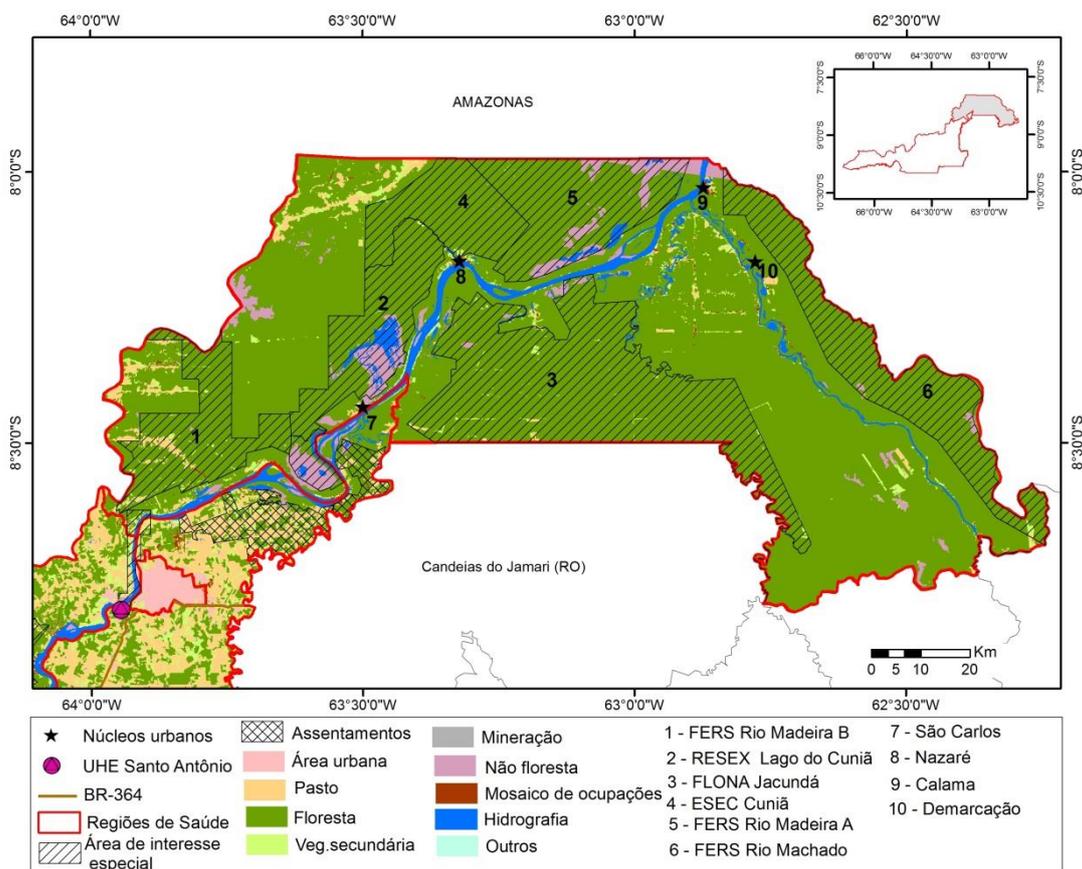


Figura 6-9– Uso e cobertura da terra na Quinta Região de saúde do município de Porto Velho (RO) - 2010

Em 2010, possuía uma população total de 5458 habitantes, baixa densidade populacional (Figura C. 21 – Apêndice C) e crescimento populacional acentuado apenas em torno dos núcleos urbanos de Calama e Demarcação (Figura C. 20 – Apêndice C).

É habitada principalmente por descendentes de seringueiros que atualmente vivem do funcionalismo público, da pesca e de agricultura de subsistência baseada no cultivo do feijão de corda, mandioca, milho e melancia. Todos os outros produtos são provenientes da área urbana de Porto Velho e chegam às localidades através do rio Madeira (NAPRA, 2010; PINHEIRO et. al, 2012).

Existem 16 laboratórios de diagnóstico e tratamento da malária na região, entretanto serviços de maior complexidade são de difícil acesso, pois a viagem entre a área urbana de Porto Velho e a Quinta Região pode demorar cerca de 10 horas ou mais.

#### **6.2.5. Sexta região**

A Sexta Região compreende a área que se inicia no Km 105 da BR-364, sentido Acre e vai até a balsa do Abunã, sendo o sul da região limítrofe ao município de Nova Mamoré (Figura 6-10).

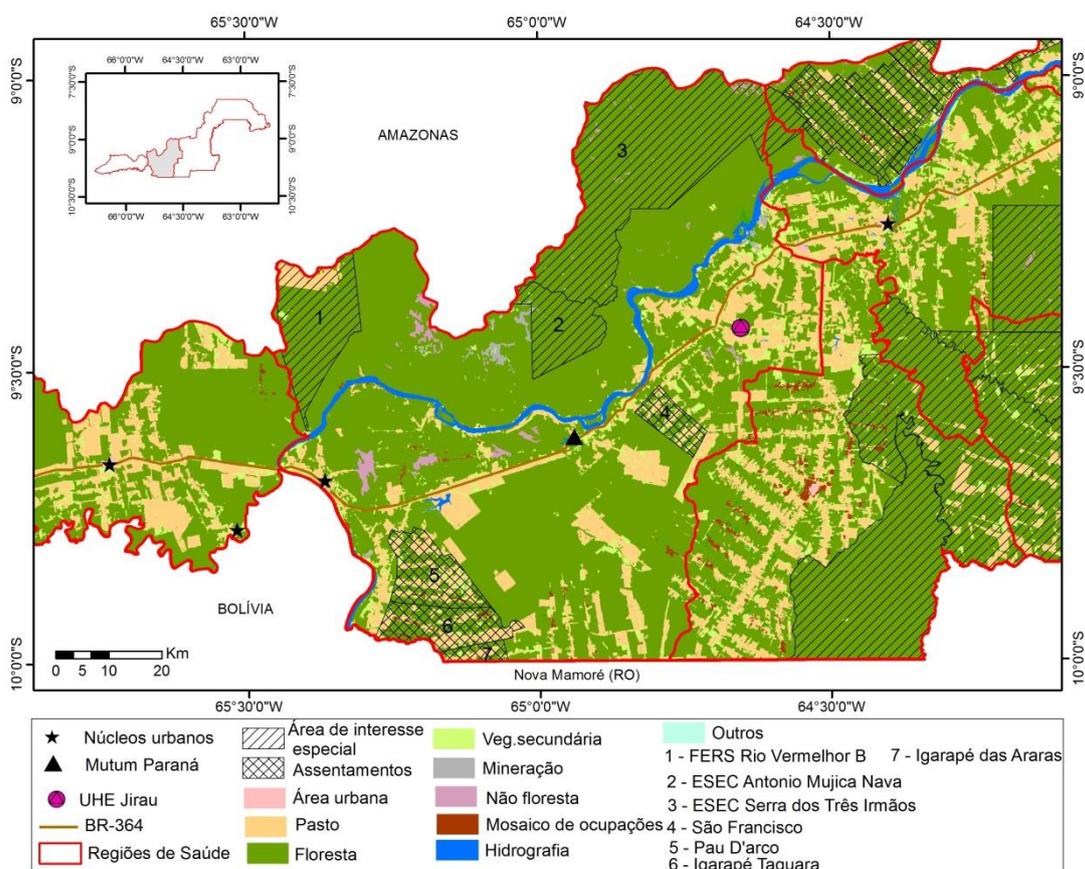


Figura 6-10– Uso e cobertura da terra na Sexta Região do município de Porto Velho (RO) – 2010

O processo de ocupação da região reproduz os ciclos de desenvolvimento econômico da Amazônia, o qual se iniciou durante a construção da ferrovia Madeira Mamoré. Algumas localidades como Abunã e Mutum-Paraná exerceram importante papel no segundo ciclo da borracha, atuando como entreposto comercial e, a partir da década de 1970 a região passou a ser explorada por garimpeiros e grandes mineradoras que estavam a procura principalmente de cassiterita. Porém, com o fechamento das áreas garimpeiras, nos anos de 1980, devido aos grandes impactos ambientais, a região passou a ser alvo da política agrícola voltado para a colonização e desenvolvimento do Estado de Rondônia (FOTOPOULOS, 2008).

Contudo, ainda hoje é a região com maior concentração de garimpos do município (Figura C. 13 – Apêndice C), onde divide o espaço com os assentamentos já consolidados voltados principalmente para a pecuária (Figura 6-10). Mas, que desde 2008, com a implantação da Usina Hidrelétrica de Jirau vem sofrendo profundas transformações em sua dinâmica socioespacial (CAVALCANTE et al. 2012).

Em 2010, a população da região era de 5211 habitantes e possuía dois núcleos urbanos, Abunã e Mutum Paraná (Figura 6-10). Entretanto, desde o início das obras da Usina Hidrelétrica de Jirau toda a localidade de Mutum-Paraná foi removida para a localidade de Nova Mutum, localizada na Terceira Região, o que justifica o decréscimo populacional observado entre 2007 e 2010 no entorno da BR-364 (Figura C. 20). Importante ressaltar que várias outras localidades do entorno de Mutum-Paraná também foram removidas.

Apesar da redução populacional observada, principalmente nas proximidades da BR-364, ao sul da Sexta Região foi observado alto crescimento populacional nos projetos de assentamento rural Pau D’Arco, Igarapé Taquara e Igarapé das Araras (Figura C. 20) quase divisa com a Bolívia onde também há a presença de diversos garimpos (Figura C. 13 – Apêndice C).

O solo da classe gleissolo é encontrado próximo ao núcleo urbano de Abunã e na divisa com a Oitava Região, próximo ao conjunto de assentamentos Joana D’Arc (Figura C. 2 - Apêndice C). A parte norte da Sexta Região é a área menos ocupada e por isso mais preservada ambientalmente, onde estão localizadas a FERS Rio Vermelho B, ESEC Serra dos Três Irmãos e a ESEC Antônio Mujica Nava (Figura 6-10).

A região apresenta 7 laboratórios e o acesso é melhor nas proximidades da Usina Hidrelétrica de Jirau (Figura C. 22 – Apêndice C).

## 6.2.6. Sétima região

A Sétima Região corresponde a parte centro-sul do município de Porto Velho, localizado entre a Sexta e Nona região, sendo limítrofe ao município de Nova Mamoré (Figura 6-11).

Em 2010, a região apresentava uma população de aproximadamente 8330 habitantes sendo o principal povoado a União dos Bandeirantes. A área é de ocupação recente, possui menos de 15 anos, e foi iniciada através da ocupação irregular de terras para extração de madeira (CAVALCANTE, et. al 2012).

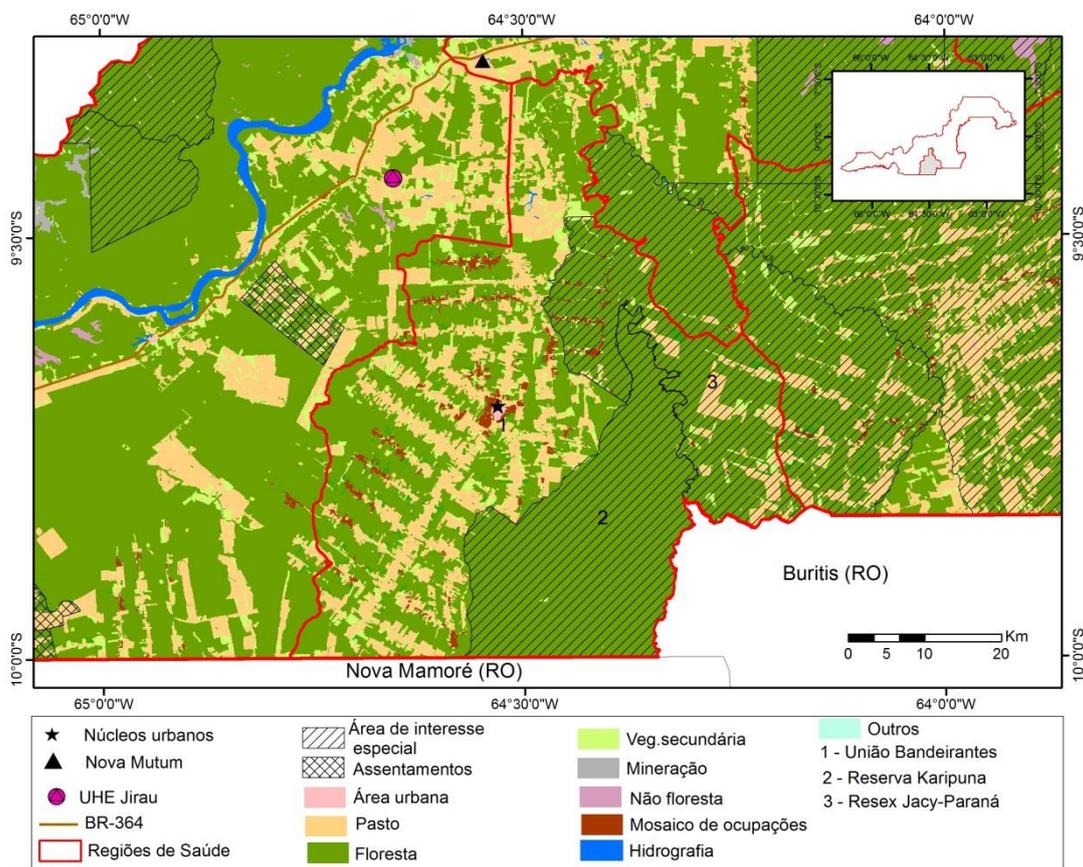


Figura 6-11– Uso e cobertura da terra na Sétima Região de Saúde do município de Porto Velho (RO) - 2010

A região apresenta grande parte do seu território ambientalmente preservado, coberto pela Reserva Indígena Karipuna e a Resex Jacy-Paraná (Figura 6-11). Entretanto, é importante ressaltar que a Resex Jacy-Paraná foi extinta pelo Decreto Legislativo nº 143/14 aprovado pela Assembleia Legislativa de Rondônia em 11 de fevereiro de 2014.

A Sétima Região 21 o maior percentual de desmatamento entre 2010-2012 (Figura C. 3– Apêndice C), provavelmente resultado do expressivo crescimento populacional observado entre 2007 e 2010 (Figura C. 20 – Apêndice C), da exploração madeireira e da expansão da fronteira agrícola na região, principalmente da expansão da soja. Os conflitos sociais são comuns na região, principalmente entre grandes fazendeiros, madeireiras, grileiros e população indígena. (RONDONIA, 2015; BATISTA, 2014).

Apesar do crescimento da oferta de serviços públicos, por exemplo, a energia elétrica perene foi instalada em 2010, através do programa do Governo Federal “Luz para Todos”, a região ainda é carente de alguns serviços públicos (BATISTA, 2014), sendo assim uma das áreas de mais difícil acesso aos laboratórios de diagnóstico de malária (Figura C. 22 – Apêndice C).

### **6.2.7. Nona região**

O processo de ocupação da Nona Região se iniciou nos anos de 1970 e 1980 com o incentivo da política agrária na Amazônia e principalmente em Rondônia, quando a região recebeu migrantes de diversas partes do país. Entretanto, é a partir do ano 2000 que o processo migratório na região se intensificou com a chegada de migrantes de outras áreas do próprio estado em busca de terras, ora por que a produção de suas áreas de origem eram insuficientes para o sustento familiar, ora porque não foram contemplados com terras pelo INCRA (SOUZA et. al, 2010).

A Nona Região apresentava, em 2010, uma população de 5.045 habitantes, e, em sua maior parte apresentou crescimento populacional positivo, entre 5% e 15% de crescimento anual (Figura C. 20 – Apêndice C). A região apresenta difícil conexão com a área urbana de Porto Velho (Figura C. 14 – Apêndice C) e por isso, o acesso ao comércio e serviços mais especializados são realizados em municípios vizinhos como Buritis (RO) e Alto Paraíso (RO).

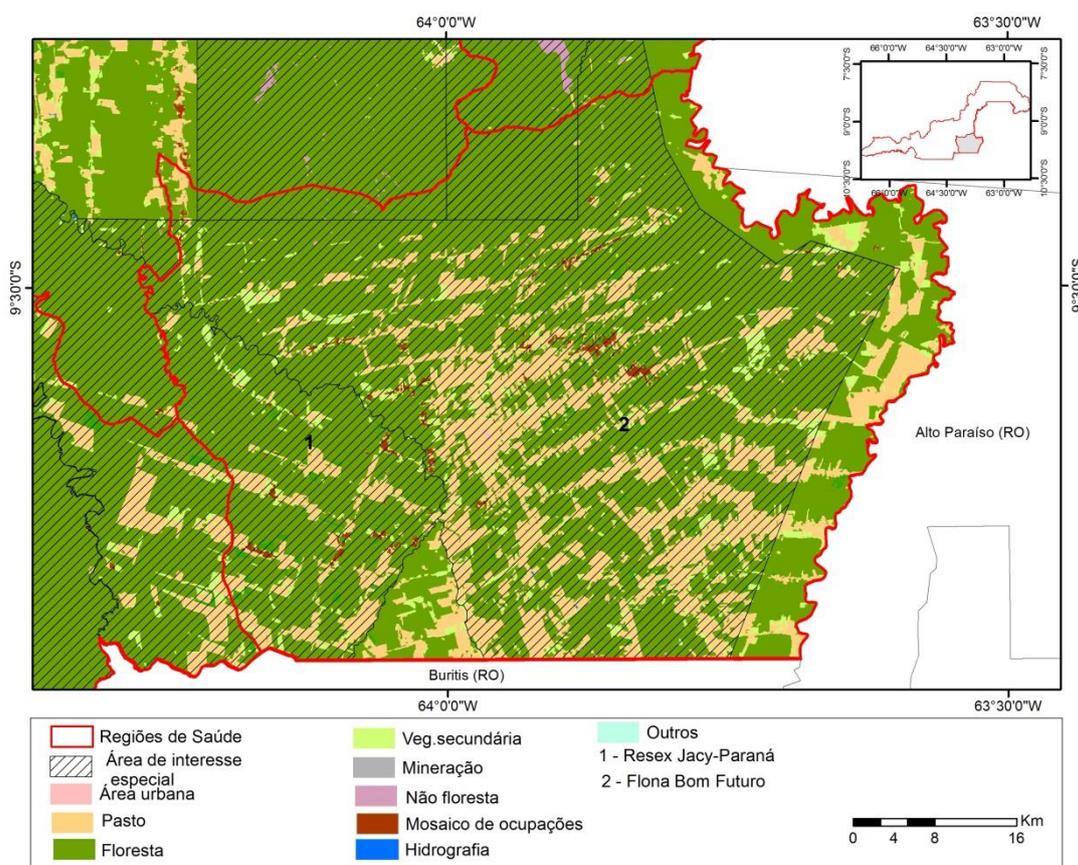


Figura 6-12– Uso e cobertura da terra na Nona Região de Saúde do município de Porto Velho (RO) - 2010

A principal atividade econômica da região é a pecuária, como observado no mapa de uso e cobertura da terra, que apresenta a classe pastagem como o uso da terra predominante (Figura 6-12). Já em relação à atividade agrícola a cultura principal é a produção do café, sendo a produção de arroz, milho e feijão restritas à subsistência familiar (SOUZA, et al, 2010).

Na Nona Região está localizada parte da antiga Reserva Jacy-Paraná e a Floresta Nacional Bom Futuro, a qual cobre praticamente todo o território da região. Entretanto, apesar da delimitação das áreas de interesse especial, a região apresentou um dos maiores incrementos de desmatamento do município (Figura C. 4– Apêndice C), resultantes principalmente da expansão agrícola.

Na região não é visualizado nenhum assentamento rural. Contudo se deve considerar que o início de regularização fundiária começou a se estabelecer somente recentemente (ASCOM, 2014).

Em geral, a região é carente de infraestrutura, principalmente por que maior parte do seu território é classificada como área de interesse especial. e, por esta razão, até a criação da Lei 12.249/2010 era ilegal receber qualquer tipo de investimento em infraestrutura.

A Lei 12.249 reduziu a área da Floresta Nacional Bom Futuro de 280 mil hectares para 97 mil hectares e autorizou a União a doar ao Estado de Rondônia os imóveis rurais inseridos na área não incluída como FLONA, para que possibilitasse a regularização fundiária de diversos posseiros que reivindicavam a legalização de sua situação (BRASIL, 2010).

Neste contexto, diante da recente implantação de infraestrutura na região, o acesso à rede laboratorial de diagnóstico de malária constitui-se em um dos mais difíceis do município (Figura C. 22 – Apêndice C). Em toda região estão instalados apenas dois laboratórios.

### **6.3. Modelagem estatística – regressão espacial**

A seguir serão apresentados, em forma de tabelas, os resultados por região dos modelos das regressões multivariadas clássicas, os testes para verificar normalidade (Jarque-bera), heterocedasticidade (Breusch-Pagan e Koenker-Bassett), dependência espacial (Moran's error) e ajudar na escolha do modelo

de regressão espacial (Testes de Lagrange). E por fim, os resultados das regressões espaciais (*Spatial Lag*) regionalizadas, as quais foram inseridas no submodelo potencial do LuccME, a fim de possibilitar a construção do modelo espacial dinâmico da malária e a simulação dos cenários.

Tabela 6-3– Regressão Múltipla Clássica da Segunda e Oitava Regiões

Variável Dependente - IPA				
R-squared : 0.582009 F-statistic : 431.509				
Adjusted R-squared : 0.597789 Prob(F-statistic): 0.00000				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -994.1				
Log da Verossimilhança = 501.05				
Variáveis	Coefficiente	Std.Error	t-Statistic	Probabilidade (p<0.05)
Constante	11.15095	0.3723398	29.94833	0.00000
T_oportuno	-0.07561018	0.004105961	-18.41473	0.00000
Temp_media	0.3835966	0.01596705	24.02426	0.00000
Dist_Hidre	-7.704252e-006	3.208645e-007	-24.01092	0.00000
Diagnóstico de normalidade e heterocedasticidade dos erros				
Testes	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Jarque-Bera	2	336.1437	0.00000	
Breusch-Pagan	3	38.4551	0.00000	
Koenker-Bassett	3	19.3542	0.00000	
Diagnóstico para dependência espacial				
Testes	MI/DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Moran's I (error)	0.7609	40.9424	0.00000	
Lagrange Multiplier (lag)	1	1558.9308	0.00000	
Robust LM (lag)	1	20.0797	0.00000	
Lagrange Multiplier (error)	1	1621.4008	0.00000	
Robust LM (error)	1	82.5496	0.00000	
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	1641.4804	0.00000	

Tabela 6-4- Regressão Espacial (Spatial Lag) da Segunda e Oitava Regiões

Variável Dependente IPA				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -2152.22				
Log da Verossimilhança = 1081.11				
Variável	Coeficiente	Std.Error	z-value	Probabilidade ( p<0.05)
Coeficiente espacial	0.8914662	0.01442565	61.7973	0.00000
Constante	1.28191	0.2327013	5.508823	0.00000
T_oportuno	-0.0184786	0.00228422	-8.089679	0.00000
Temp_media	0.03606319	0.009033192	3.992297	0.00007
Dist_Hidre	-9.535784e-007	1.85634e-007	-5.136874	0.00000
Diagnóstico da heterocedasticidade dos erros				
	DF	Valor	Probabilidade ( p<0.05)	
Breusch-Pagan	3	161.8088	0.00000	
	DF	Valor	Probabilidade ( p<0.05)	
Teste da Razão da Verossimilhança	1	1160.1215	0.00000	

Os resultados do modelo da regressão clássica da Segunda e Oitava Regiões, apresentados na Tabela 6-3, mostraram que as variáveis preditoras foram “Diagnóstico e Tratamento Oportuno” (T\_oportuno), “Distância Mínima as Hidrelétricas” (Dist\_hidre) e “Temperatura Média” (Temp\_media). Com exceção do indicador “Temperatura média”, todas as variáveis tiveram uma relação inversa com o IPA e juntas foram capazes de explicar 59% da ocorrência da malária ( $R^2 = 0,59$ ).

O Índice de Moran I ( $I=0,76$ ) dos resíduos da regressão clássica e a análise dos testes de Lagrange mostraram que o modelo apresenta dependência espacial e, o modelo mais adequado é o *Spatial Error*, apesar de utilizarmos o *Spatial Lag*, pois como descrito anteriormente, o LuccME possui apenas o modelo *Spatial Lag* implementado. Entretanto, isso não prejudica os resultados do modelo tendo em vista que os testes de Lagrange foram significativos para ambos os modelos e que as variáveis inseridas estão relacionadas ao valor destas variáveis na vizinhança.

Os resultados da regressão espacial da Segunda e Oitava Regiões são apresentados na Tabela 6-4 mostram que todas as variáveis inseridas no modelo foram estatisticamente significativas ( $p$ -valor  $< 0.05$ ). Além disso, o valor de AIC do modelo de regressão espacial *Spatial Lag* mostra que o modelo apresentou melhor ajuste em relação ao modelo de regressão clássica. Lembrando que quanto menor o valor de AIC mais adequado é o modelo

Dentre as variáveis inseridas no modelo, chama a atenção o comportamento da variável temperatura (Temp\_media) que apresentou correlação de 0,47 com o IPA (APÊNDICE D) e corroborou para o bom ajuste do modelo.

Tabela 6-5- Regressão Múltipla Clássica da Terceira Região

Variável Dependente - IPA				
R-squared: 0.527075 F-statistic : 172.376				
Adjusted R-squared: 0.524017 Prob(F-statistic): 172.376				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -955.895				
Log da Verossimilhança = -939.302				
Variável	Coeficiente	Std.Error	t-Statistic	Probabilidade ( $p < 0.05$ )
Constante	1.788742	0.08834504	20.24722	0.00000
T_oportuno	-0.05730846	0.004395368	-13.03838	0.00000
Per_inter_especial	0.1397406	0.01857384	7.523521	0.00000
GPM	-1.187997e-005	6.362008e-007	-18.67331	0.00000
Diagnóstico de normalidade e heterocedasticidade dos erros				
Teste	DF	Valor	Probabilidade ( $p < 0.05$ )	
Jarque-Bera	2	11.5460	0.00311	
Breusch-Pagan	3	29.4212	0.00000	
Koenker-Bassett	3	42.2141	0.00000	
Diagnóstico para dependência espacial				
Teste	MI/DF	Valor	Probabilidade ( $p < 0.05$ )	
Moran's I(error)	0.8664	31.4084	0.00000	
Lagrange Multiplier (lag)	1	839.5068	0.00000	
Robust LM (lag)	1	9.5039	0.00000	
Lagrange Multiplier (error)	1	935.7839	0.00000	
Robust LM (error)	1	105.7809	0.00000	
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	945.2878	0.00000	

Tabela 6-6- Regressão Espacial (Spatial Lag) da Terceira Região

Variável Dependente - IPA				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -1771.82				
Log da Verossimilhança = 890.912				
Variável	Coeficiente	Std.Error	z-value	Probabilidade (p<0.05)
Coeficiente espacial	0.884185	0.01732247	51.04267	0.00000
Constante	0.2872898	0.04496041	6.389839	0.00000
T_oportuno	-0.01065182	0.00190413	-5.594064	0.00000
Per_inter_especial	0.03120765	0.007367483	4.235863	0.00002
GPM	- 1.403643e-006	3.020897e-007	-4.646444	0.00000
Diagnóstico da heterocedasticidade dos erros				
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Breusch-Pagan	3	81.5298	0.00000	
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Teste da Razão da Verossimilhança	1	817.9287	0	

A Tabela 6-5 apresenta os resultados da regressão clássica da Terceira Região, mostrando que os indicadores “Diagnóstico e Tratamento Oportuno” (T\_oportuno), “Percentual de Áreas de Interesse Especial” (Per\_inter\_especial) e a “Conexão à Área Urbana” (GPM) foram as variáveis que melhor explicaram o padrão espacial da malária. O modelo apresentou  $R^2 = 0,52$ .

A dependência espacial foi detectada através do Índice de Moran dos resíduos da regressão clássica ( $I = 0,86$ ) e através dos testes de Lagrange verificado que o modelo mais adequado é o *Spatial Error*. Apesar do modelo *Spatial Lag* também apresentar significância estatística.

O modelo *Spatial Lag* para a Terceira Região (Tabela 6-6) apresentou um valor de AIC=-1771.82 enquanto o modelo de regressão clássica apresentou AIC= -955.895, mais uma vez mostrando que o modelo de regressão espacial apresentou melhor ajuste para os dados observados.

Tabela 6-7- Regressão Múltipla Clássica da Quarta Região

Variável Dependente - IPA				
R-squared: 0.246279 F-statistic : 106.847				
Adjusted R-squared: 0.243974 Prob(F-statistic): 0				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -2765.57				
Log da Verossimilhança = 1386.79				
Variável	Coefficiente	Std.Error	t-Statistic	Probabilidade (p<0.05)
Constante	0.2910783	0.01436006	20.26999	0.00000
Altitude_m	-0.001488104	9.252158e-005	-16.08385	0.00000
Per_inter_especial	0.08395093	0.01433632	5.855821	0.00000
Dist_nucleo_urbano	1.442432e-006	1.971145e-007	7.317737	0.00000
Diagnóstico de normalidade e heterocedasticidade dos erros				
Testes	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Jarque-Bera	2	129.1837	0.00000	
Testes	DF	VALUE	Probabilidade (p<0.05)	
Breusch-Pagan	3	239.5564	0.00000	
Koenker-Bassett	3	177.5919	0.00000	
Diagnóstico para dependência espacial				
Testes	MI/DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Moran's I(error)	0.8200	47.0975	0.00000	
Lagrange Multiplier (lag)	1	2134.3206	0.00000	
Robust LM (lag)	1	48.6485	0.00000	
Lagrange Multiplier (error)	1	2156.3544	0.00000	
Robust LM (error)	1	70.6823	0.00000	
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	2205.0029	0.00000	

Tabela 6-8- Regressão Espacial (Spatial Lag) da Quarta Região

Variável Dependente - IPA				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -4597.22				
Log da Verossimilhança = 2303.61				
Variável	Coeficiente	Std.Error	z-value	Probabilidade (p<0.05)
Coeficiente espacial	0.9442095	0.008840816	106.8012	0.00000
Constante	0.02210557	0.005412184	4.084408	0.00004
Altitude_m	-0.0001151745	3.305321e-005	-3.484518	0.00049
Per_inter_especial	0.02830822	0.005229601	5.413073	0.00000
Diagnóstico da heterocedasticidade dos erros				
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Breusch-Pagan	2	254.7625	0.00000	
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Teste da Razão da Verossimilhança	1	1833.6459	0.00000	

O modelo da regressão clássica da Quarta Região apresentado na Tabela 6-7 apresentou baixo poder explicativo para a ocorrência da malária. O modelo incorporou os indicadores “Altimetria média” (Altitude\_m) e “Percentual de áreas de interesse especial (Per\_inter\_especial) e “Distância mínima a núcleos urbanos” (Dist\_nucleo\_urbano) que juntas explicaram somente 24% da ocorrência da doença ( $R^2=0,24$ ). O modelo apresentou dependência espacial, o Índice de Moran dos resíduos da regressão foi igual a 0,82 e, o modelo que melhor se ajustou aos dados também é o *Spatial Error*.

A Tabela 6-8 apresenta os resultados da regressão espacial (*Spatial Lag*), mostrando apenas que as duas variáveis inseridas no modelo (Altitude média e Percentual de áreas de interesse especial) foram estatisticamente significativas (p-valor <0.05). O valor de AIC mostrou que o modelo de *Spatial Lag* apresentou melhor ajuste em relação à regressão clássica.

Tabela 6-9– Regressão Múltipla Clássica da Quinta Região

Variável Dependente - IPA				
R-squared: 0.628354 F-statistic : 394.364				
Adjusted R-squared: 0.626761 Prob(F-statistic): 0				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -3115.04				
Log da Verossimilhança = 1562.52				
Variável	Coeficiente	Std.Error	t-Statistic	Probabilidade (p<0.05)
Constante	0.2908174	0.005032755	57.78494	0.00000
Dist_assent	-0.003558123	0.0006747063	-5.273588	0.00000
Dens_demo	0.0637993	0.002895574	22.03339	0.00000
Dist_lab	1.582044e-006	1.174299e-007	13.47224	0.00000
Dist_garimpo	-1.628505e-006	5.756524e-008	-28.28972	0.00000
Diagnóstico de normalidade e heterocedasticidade dos erros				
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Jarque-Bera	2	901.9409	0.00000	
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Breusch-Pagan	4	89.4168	0.00000	
Koenker-Bassett	4	26.7088	0.0002	
Diagnóstico para dependência espacial				
Teste	MI/DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Moran's I(error)	0.6800	31.4828	0.00000	
Lagrange Multiplier (lag)	1	1048.3895	0.00000	
Robust LM (lag)	1	117.0200	0.00000	
Lagrange Multiplier (error)	1	965.7275	0.00000	
Robust LM (error)	1	34.3581	0.00000	
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	1082.7476	0.00000	

Tabela 6-10- Regressão Espacial (Spatial Lag) da Quinta Região

Variável Dependente IPA				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -4233.15				
Log da Verossimilhança = 2122.57				
Variável	Coeficiente	Std.Error	z-value	Probabilidade (p<0.05)
Coeficiente espacial	0.8215532	0.01432852	57.33693	0.00000
Constante	0.05561647	0.004571651	12.16551	0.00000
Dist_assent	-0.001148445	0.0003298268	-3.481964	0.00000
Dens_demo	0.01409198	0.00161564	8.722223	0.00000
Dist_lab	3.869101e-007	6.104642e-008	6.337966	0.00000
Dist_garimpo	-2.64277e-007	3.603223e-008	-7.334461	0.00000
Diagnóstico da heterocedasticidade dos erros				
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Breusch-Pagan	4	161.2756	0.00000	
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Teste da Razão da Verossimilhança	1	1120.1108	0.00000	

As variáveis preditoras do modelo da regressão clássica da Quinta Região foram explicados pelas variáveis “distância mínima à garimpos” (Dist\_garimpo), “distância mínima aos laboratórios” (Dist\_lab) e o “Log da densidade demográfica” (Dens\_demo) e “distância mínima aos assentamentos rurais” (Dist\_assent), sendo capaz de explicar 62% do IPA. O modelo para esta região também apresentou dependência espacial ( $I=0,68$ ) sendo o modelo *Spatial Lag* o mais adequado (Tabela 6-9).

A Tabela 6-10 apresenta os resultados do modelo *Spatial Lag*, mostrando que as variáveis inseridas foram estatisticamente significativas (p-valor <0.05) e apresentou menor valor de AIC quando comparado ao AIC do modelo de regressão clássica, demonstrando se ajustar melhor aos dados.

Tabela 6-11– Regressão Múltipla Clássica da Sexta Região

Variável Dependente - IPA				
R-squared: 0.539718 F-statistic : 641.988				
Adjusted R-squared: 0.538877 Prob(F-statistic): 0				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -1234.65				
Log da Verossimilhança = 620.326				
Variável	Coeficiente	Std.Error	t-Statistic	Probabilidade (p<0.05)
Constante	0.7525884	0.01346664	55.88538	0.00000
Dist_hidre	-2.244432e-006	1.632764e-007	-13.74621	0.00000
Dist_nucleo_urb	-1.271975e-005	3.804344e-007	-33.4348	0.00000
Diagnóstico de normalidade e heterocedasticidade dos erros				
Testes	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Jarque-Bera	2	14.4859	0.00072	
Breusch-Pagan	2	21.4508	0.00002	
Koenker-Bassett	2	28.3137	0.00000	
Diagnóstico para dependência espacial				
Testes	MI/DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Moran's I(error)	0.7802	43.0689	0.00000	
Lagrange Multiplier (lag)	1	1830.3060	0.00000	
Robust LM (lag)	1	24.4316	0.00000	
Lagrange Multiplier (error)	1	1820.7790	0.00000	
Robust LM (error)	1	14.9046	0.00011	
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	1845.2106	0.00000	

Tabela 6-12 - Regressão Espacial (Spatial Lag) da Sexta Região

Variável Dependente IPA				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -2723.04				
Log da Verossimilhança = 1365.52				
Variável	Coefficiente	Std.Error	z-value	Probabilidade (p<0.05)
Coefficiente espacial	0.8854244	0.01202197	73.65053	0.00000
Constante	0.08446263	0.01046853	8.068244	0.00000
Dist_Hidre	-2.368937e-007	7.709221e-008	-3.072861	0.00212
Dist_nucleo_urb	-1.503833e-006	2.250024e-007	-6.683633	0.00000
Diagnóstico da heterocedasticidade dos erros				
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Breusch-Pagan	2	38.6245	0.00000	
Teste da Razão da Verossimilhança	1	1490.3894	0.00000	

Os resultados do modelo de regressão clássica da Sexta Região são apresentados na Tabela 6-11, qual aponta como variáveis preditoras apenas os indicadores de “distância mínima aos núcleos urbanos” (Dist\_nucleo\_urb) e “distância mínima a hidrelétricas” (Dist\_hidre), apresentando  $R^2=0,53$ . O modelo apresentou dependência espacial (Moran error=0,78) e o modelo *Spatial Lag* foi o modelo que apresentou melhor ajuste, evidenciando que as variáveis inseridas estão relacionadas ao valor da vizinhança.

Os resultados da regressão espacial foram apresentados na Tabela 6-12. As duas variáveis inseridas apresentaram significância estatística (p-valor<0,05) e o valor de AIC do modelo *Spatial Lag* foi inferior do AIC da regressão clássica mostrando que considerar a estrutura espacial melhora o poder explicativo do modelo. Além disso, o Teste da Razão da Verossimilhança, que compara o modelo de regressão clássica com o modelo de regressão espacial, confirma a significância do coeficiente espacial autoregressivo.

Tabela 6-13- Regressão Múltipla Clássica da Sétima Região

Variável Dependente - IPA				
R-squared: 0.624380 F-statistic : 389.802				
Adjusted R-squared: 0.622779 Prob(F-statistic): 0				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -1544.54				
Log da Verossimilhança = 775.269				
Variável	Coeficiente	Std.Error	t-Statistic	Probabilidade (p<0.05)
Constante	3.340522	0.1270813	26.28649	0.00000
T_oportuno	-0.1571326	0.006440377	-24.39805	0.00000
Per_inter_especial	0.08796357	0.01354825	6.492614	0.00000
Diagnóstico de normalidade e heterocedasticidade dos erros				
Testes	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Jarque-Bera	2	2237.5911	0.00000	
Breusch-Pagan	2	488.3258	0.00000	
Koenker-Bassett	2	78.983	0.00000	
Diagnóstico para dependência espacial				
Testes	MI/DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Moran's I(error)	0.5566	21.7822	0.00000	
Lagrange Multiplier (lag)	1	330.8806	0.00000	
Robust LM (lag)	1	33.9341	0.00000	
Lagrange Multiplier (error)	1	456.7699	0.00000	
Robust LM (error)	1	159.8233	0.00000	
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	490.7039	0.00000	

Tabela 6-14– Regressão Espacial (Spatial Lag) da Sétima Região

Variável Dependente IPA				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -1807.37				
Log da Verossimilhança = 907.687				
Variável	Coeficiente	Std.Error	z-value	Probabilidade (p<0.05)
Coeficiente espacial	0.5747695	0.0320093	17.95633	0.00000
Constante	1.823568	0.1232882	14.7911	0.00000
T_oportuno	-0.08728785	0.00599579	-14.55818	0.00000
Per_inter_especial	0.07761136	0.009926	7.819	0.00000
Diagnóstico da heterocedasticidade dos erros				
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Breusch-Pagan	2	1262.3889	0.00000	
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Teste da Razão da Verossimilhança	1	264.8367	0.00000	

O modelo de regressão multivariada clássica da Sétima Região (Tabela 6-13) apresentou apenas duas variáveis preditoras: “diagnóstico e tratamento oportuno” (T\_oportuno) e “Percentual de áreas de interesse especial” (Per\_inter\_especial) com poder explicativo de 62% do IPA. O índice de Moran dos resíduos verificou dependência espacial (Moran error = 0,55) e análise dos testes de Lagrange apontou que o modelo *Spatial Lag* é o mais adequado para os dados observados.

Os resultados do modelo *Spatial Lag* são apresentado na Tabela 6-14, e análise do valor de AIC mostrou melhor ajuste do modelo *Spatial Lag* em relação a regressão múltipla clássica.

Tabela 6-15- Regressão Múltipla Clássica da Nona Região

Variável	Coefficient	Std.Error	t-Statistic	Probabilidade (p<0.05)
Constante	0.868298	0.1149231	7.555471	0.00000
Per_solo_glei	0.1644964	0.02177062	7.555891	0.00000
Per_inter_especial	0.1904201	0.02258153	8.432558	0.00000
Dist_assent	-0.1587593	0.02372315	-6.692168	0.00000

Variável Dependente - IPA  
R-squared: 0.228132 F-statistic: 67.8799  
Adjusted R-squared: 0.224771 Prob(F-statistic): 0  
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -1812.38  
Log da Verossimilhança = 910.188

Diagnóstico de normalidade e heterocedasticidade dos erros

Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)
Jarque-Bera	2	101496.09	0.00000
Breusch-Pagan	3	2749.3924	0.00000
Koenker-Bassett	3	92.0211	0.00000

Diagnóstico para dependência espacial

Testes	MI/DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)
Moran's I(error)	0.8525	39.6168	0.00000
Lagrange Multiplier (lag)	1	1503.5832	0.00000
Robust LM (lag)	1	30.1471	0.00000
Lagrange Multiplier (error)	1	1516.724	0.00000
Robust LM (error)	1	43.288	0.00000
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	1546.8712	0.00000

Tabela 6-16– Regressão Espacial (Spatial Lag) da Nona Região

Variável Dependente IPA				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -3132.32				
Log da Verossimilhança = 1570.16				
Variable	Coefficient	Std.Error	z-value	Probabilidade (p<0.05)
W_IPA	0.9280527	0.01157704	80.16323	0.00000
Constante	0.006445665	0.00147684	4.364513	0.00001
Per_solo_glei	0.01881843	0.00738213	2.549186	0.0108
Per_inter_especial	0.08127922	0.00894361	9.08797	0.00000
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Breusch-Pagan	2	1095.7861	0.00000	
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Teste da Razão da Verossimilhança	1	1363.587	0.00000	

O modelo de regressão múltipla clássica da Nona Região (Tabela 6-15) apresentou os indicadores “Percentual de áreas de interesse especial” (Per\_inter\_especial) e Percentual de solo da classe gleissolo (Per\_solo\_glei) como variáveis preditoras. Entretanto, o modelo não apresentou alto poder explicativo ( $R^2 = 0,22$ ) para a ocorrência da malária. Foi verificada dependência espacial (Moran error = 0,85) e que o modelo *Spatial Error* é o que melhor se ajusta aos dados. Apesar da análise dos testes de Lagrange também apresentar significância estatística para o modelo *Spatial Lag*.

A Tabela 6-16 apresenta os resultados da regressão espacial *Spatial Lag* da Nona Região apontando como variáveis preditoras as variáveis Per\_solo\_glei e Per\_inter\_especial. A variável Dist\_assent foi excluída do modelo final por não ter apresentado significância estatística.

O valor de AIC e o Teste de Razão da Verossimilhança mostraram que a incorporação da estrutura espacial do modelo melhora o ajuste do modelo no conjunto de dados.

É importante ressaltar que em todos os modelos de regressão clássica regionalizados foram analisadas normalidade e homocedasticidade dos resíduos através dos testes Jarque Bera (normalidade), Breush-Pagan e Koenker-Basset (heterocedasticidade). Em nenhum dos modelos regionais as premissas de normalidade e homocedasticidade dos resíduos foram cumpridas. Nos testes Jarque-Bera a hipótese de distribuição normal foi rejeitada e os testes de Breusch-Pagan e Koenker-Basset rejeitaram a hipótese de homocedasticidade, ambos em a um nível de significância de 5% ( $p < 0.05$ ).

Mesmo não cumprindo as premissas de normalidade e homocedasticidade, prosseguimos com a verificação da dependência espacial e análise de regressão. Isto, por que segundo Kutner (2004) o não cumprimento dessas premissas não é problemático quando o  $n$  é grande. Além disso, segundo o autor, o modelo de regressão é suficientemente robusto e o mais indicado para análises preditivas.

## 6.4. Validação

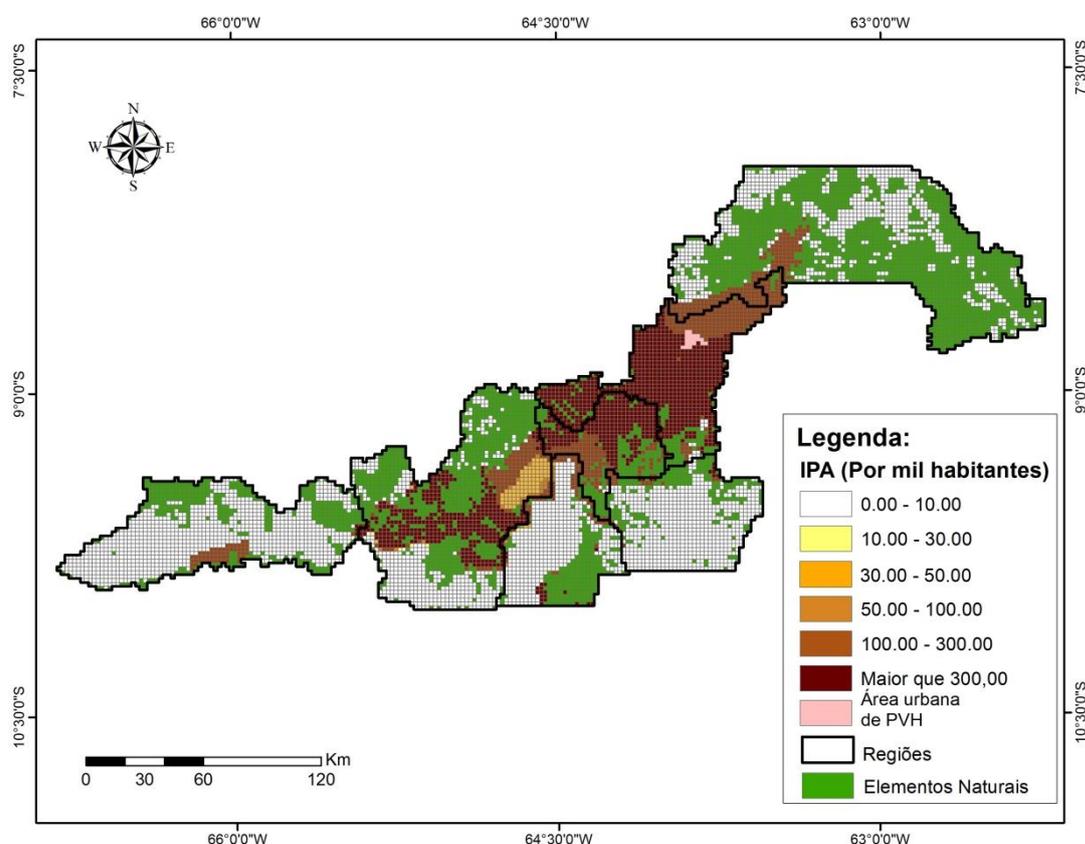


Figura 6-13- Simulação do Índice Parasitário Anual (IPA) do ano de 2013 no município de Porto Velho (RO)

A análise visual do mapa simulado de 2013 (Figura 6-13) e do mapa real do mesmo ano (Figura 6-14) mostrou que eles apresentaram padrão espacial similar. Entretanto, o modelo errou ao superestimar o IPA nas áreas de IPA mais elevado e a subestimar o IPA em áreas cujo IPA era mais baixo. A simulação foi adequada ao mostrar a área periférica da área urbana de Porto Velho como uma das áreas de maior risco para o adoecimento de malária. Contudo, o modelo errou principalmente ao superestimar o IPA no entorno da Usina Hidrelétrica de Jirau localizada na Sexta Região.

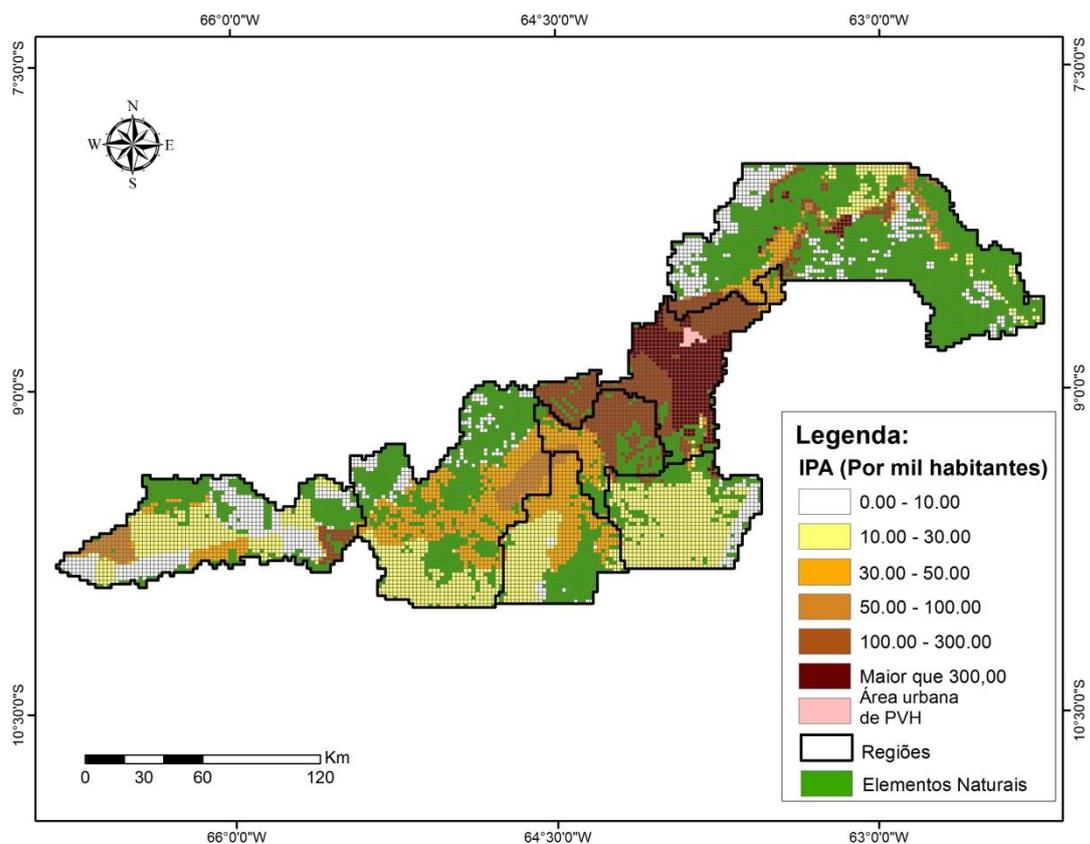


Figura 6-14– Mapa real do Índice Parasitário Anual (IPA) do município de Porto Velho (RO) – 2013

Tabela 6-17– Grau de similaridade (%) entre o mapa do IPA simulado 2013 e o mapa do IPA real 2013, calculado pelo método de validação multiresolução.

Janela	IPA < 200 por mil habitantes	IPA > que 200 por mil habitantes	Todo município
1	82.24	26.27	40.28
2	82.66	27.53	41.22
3	84.06	27.73	42.22
4	84.07	28.87	43.61
5	84.41	29.36	43.27
6	85.90	30.90	44.28
7	80.35	31.51	44.10
8	88.81	31.70	46.96

9	87.91	31.45	45.14
10	91.23	33.10	46.87
11	91.27	34.12	48.61
12	90.99	34.96	48.68
13	87.70	36.03	47.34
14	83.22	36.24	47.05
15	82.59	37.47	50.47
16	80.59	37.08	51.28
17	85.58	37.35	52.93
18	86.14	37.03	53.23
19	87.31	36.84	53.72
20	87.36	36.78	52.06

A Tabela 6-17 apresenta os resultados do grau de similaridade entre o mapa simulado e o mapa real de 2013 obtidos pelo método de validação multiresolução, separando o percentual de similaridade do município como um todo e dividido entre áreas com IPA acima de 200 por mil habitantes e áreas com menos de 200 por mil habitantes. A separação entre as áreas de IPA mais baixo e as de IPA mais alto foi realizada a fim de testar onde o modelo acertava e errava mais.

Os resultados da validação do município como um todo, mostrou que a janela 11 (cena 11x11) apresentou 48.61% de acerto em um intervalo de confiança de 95%. Entretanto, quando analisadas as áreas com IPA maior que 200 por mil habitantes e IPA menor 200 por mil habitantes foi observada relevante discrepância no grau de similaridade. As áreas com IPA maior que 200 por mil habitantes apresentou, para a mesma janela (cena 11x11), um percentual de acerto de 34.12%, enquanto as áreas com IPA menor que 200 por mil obteve 91.27% de acerto.

Os resultados da validação, pelo método multiresolução, fortalece e demonstrada numericamente o que já era possível observar na visualização dos mapas (Figura 6-13;Figura 6-14), que o modelo consegue representar o padrão espacial da doença, porém excede na estimativa do risco nas áreas com IPA muito elevados.

## 6.5. Cenários

O modelo espacial dinâmico da malária foi utilizado para gerar três cenários até o ano 2020. A diferença entre eles está relacionada à velocidade com que a redução do IPA iria se estabelecer no município de Porto Velho, o acesso aos serviços de saúde e melhoria na rapidez do diagnóstico e início do tratamento para malária.

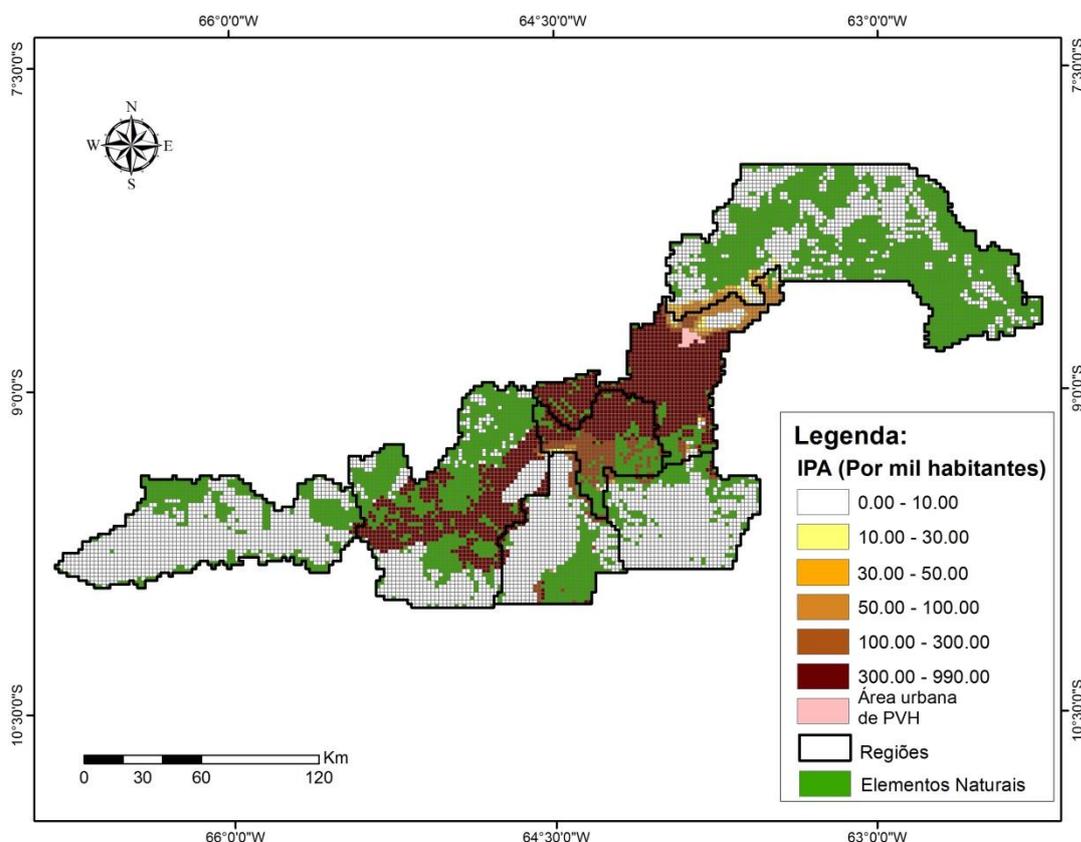


Figura 6-15- Simulação do Índice Parasitário Anual (IPA) na construção de um “Cenário Pessimista” para 2020

A Figura 6-15 apresenta o resultado da simulação do “Cenário Pessimista”, que previu um IPA, em 2020, de 90 por mil habitantes para a área rural de Porto Velho, sem nenhuma ampliação da rede laboratorial e no percentual de pessoas diagnosticadas e tratadas em menos de 24 horas.

O padrão espacial do “Cenário Pessimista” apresentou alto IPA no entorno da área urbana, seguindo em direção à Terceira Região no sentido da BR-364 e permanecendo elevado no entorno da Usina Hidrelétrica de Jirau, na Sexta Região. O que chama a atenção é que mesmo dentro de um cenário pessimista as áreas menos dinâmicas como a Quarta, Quinta, Sétima e Nona Região alcançaria em 2020 um IPA inferior à 10 por mil habitantes.

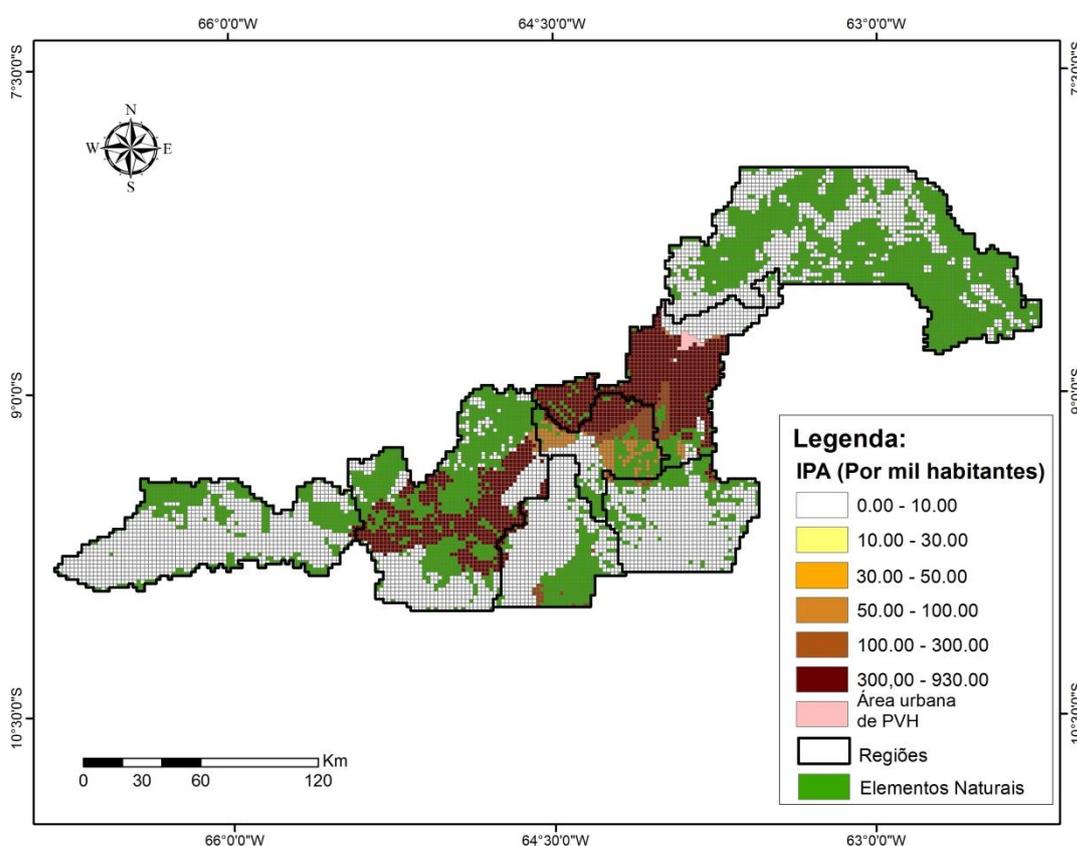


Figura 6-16- Simulação do Índice Parasitário Anual (IPA) na construção de um “Cenário Intermediário” para 2020

A Figura 6-16 corresponde a simulação do “Cenário Intermediário”, ou também apelidado de “Cenário Mais Realista”. Isto, por que considera uma redução da malária mais rápida aquela considerada no “Cenário Pessimista”, porém, um pouco mais lenta que o “Cenário Otimista”. Este cenário pressupõe que em

2020 o IPA da área rural de Porto Velho alcançaria o patamar de 50 por mil habitantes, através da ampliação em 10% da rede laboratorial e, considerando que cerca de 50% dos pacientes conseguiriam ser diagnosticados e tratados em menos de 24 horas.

Comparando o padrão espacial do “Cenário Pessimista” com o “Cenário Intermediário” é possível observar que eles se diferenciaram apenas em duas áreas, ao norte da área urbana, nos limites da Quinta Região e na Terceira Região. Em ambas as áreas houve expressiva redução do IPA, inclusive com a redução em menos de 10 por mil do IPA ao norte da Segunda e Oitava Região e à oeste da Terceira Região. Entretanto, o IPA permaneceu alto nas proximidades da área urbana de Porto Velho e no entorno da Usina Hidrelétrica de Jirau.

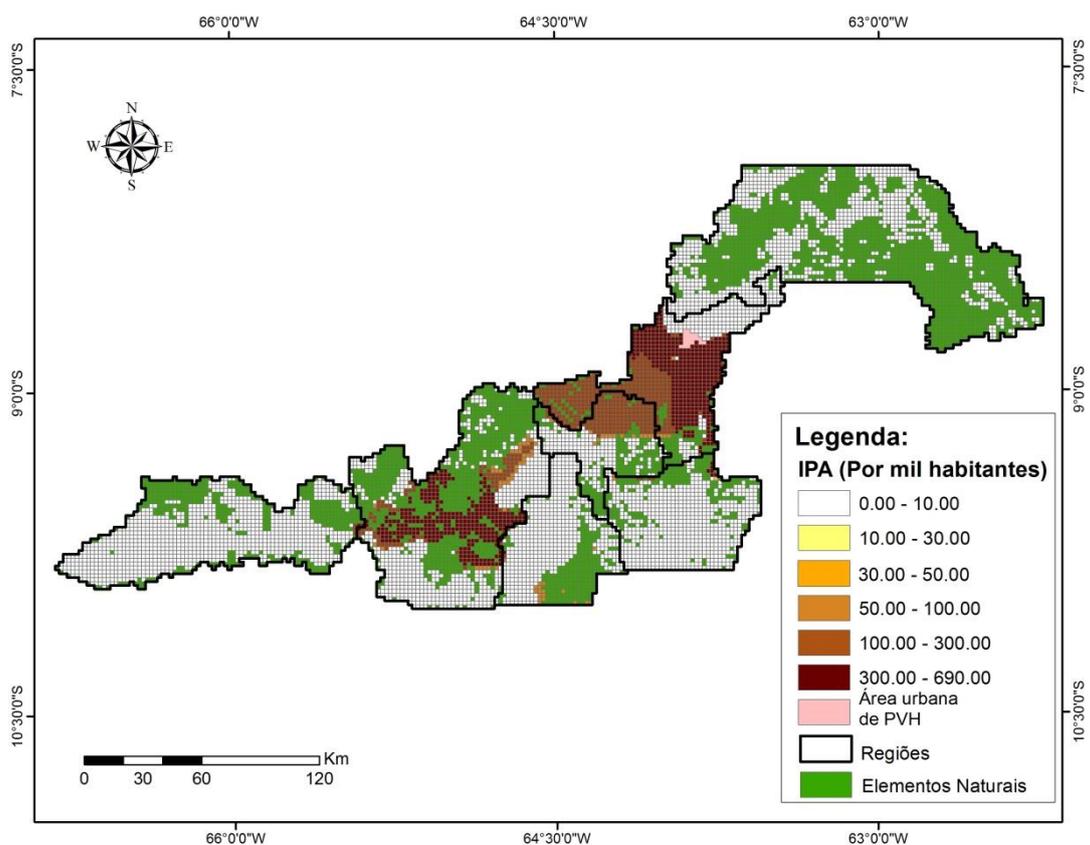


Figura 6-17- Simulação do Índice Parasitário Anual (IPA) na construção de um “Cenário Otimista” para 2020

O resultado da simulação do “Cenário Otimista”, em 2020, é representado pela Figura 6-17 o qual estabeleceu uma redução do IPA para valores inferiores a 10 por mil habitantes, diante da ampliação EM 10% dos laboratórios de diagnóstico de malária e considerando que 50% dos casos seriam diagnosticados e tratados em menos de 24 horas.

Foi observada redução do IPA em todo o município quando comparado ao “Cenário Intermediário”. Entretanto, mudança do padrão espacial em relação ao “Cenário Intermediário” foi maior nas proximidades do assentamento Joana D’Arc localizado na Oitava Região e na Terceira Região nas proximidades da Reseva Karitiana que chegou a alcançar IPA menor do que 10 por mil.

#### **6.6. O papel da mobilidade na transmissão da malária**

Em 2000, o município de Porto Velho apresentava uma população de 334661 habitantes. Em 2007 passou para 369.345 e, em 2010 para 428.527 habitantes, o que corresponde a um crescimento geométrico de 1,42% ao ano para o primeiro período e, de 5,07% no segundo período, bem superior ao crescimento populacional médio do Estado de Rondônia, respectivamente de 0,75% ao ano entre 2000 e 2007 e de 2,43% ao ano entre 2007 e 2010.

Os dados de migração da PNAD mostraram que 82810 pessoas residiam em Porto Velho há menos de 10 anos ininterrupto, ou seja, aproximadamente 90% do crescimento observado entre 2000 e 2010 ocorreram em decorrência do fluxo migratório (Tabela 6-18).

Tabela 6-18- Pessoas que residiam em Porto Velho há menos de 10 anos ininterruptos, segundo o tempo de residência

	Número de Pessoas	Percentual (%)
Menos de 1 ano	19 582	23.65
1 a 2 anos	26 589	32.11
3 a 5 anos	18 380	22.20
6 a 9 anos	18 258	22.05
Total	82 810	100.00

Com relação à origem dos fluxos de imigração é observado que são provenientes principalmente dos estados do Maranhão – MA (6,58%), Pará – PA (6,65%), São Paulo – SP (6,80%), Mato Grosso – MT (7,59%), Acre – AC (10.23%) e Amazonas – AM (13,60%).

Entre 2010 e 2012, foram notificados no Estado de Rondônia 63.899 lâminas positivas entre os residentes do município de Porto Velho. Dentre essas notificações foi observado que 92% dos casos são autóctones e 8% alóctones.

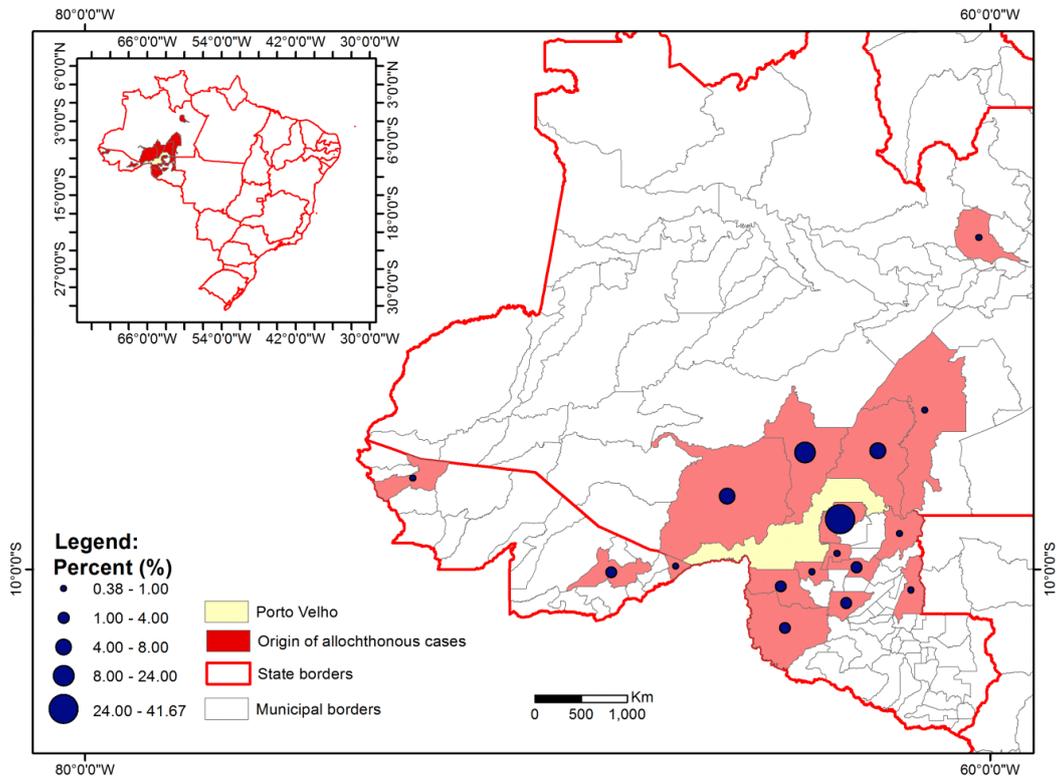


Figura 6-18- Percentual de casos alóctones no município de Porto Velho (RO) 2010 - 2012

Dentre os casos alóctones, 81% ficaram concentrados nos municípios vizinhos, limítrofes a Porto Velho. O município de Candeias do Jamari, que dista 20 km da área urbana de Porto Velho e, o município de Canutama, no estado do Amazonas, localizado às margens do rio Purus foram responsáveis pela maior parte dos casos alóctone, respectivamente 42% e 24% dos casos. A Figura 6-18 apresenta os municípios que notificaram mais de 20 casos alóctones. Os demais casos alóctones foram distribuídos entre outros 104 municípios dos estados de Rondônia, Amazonas e Acre.

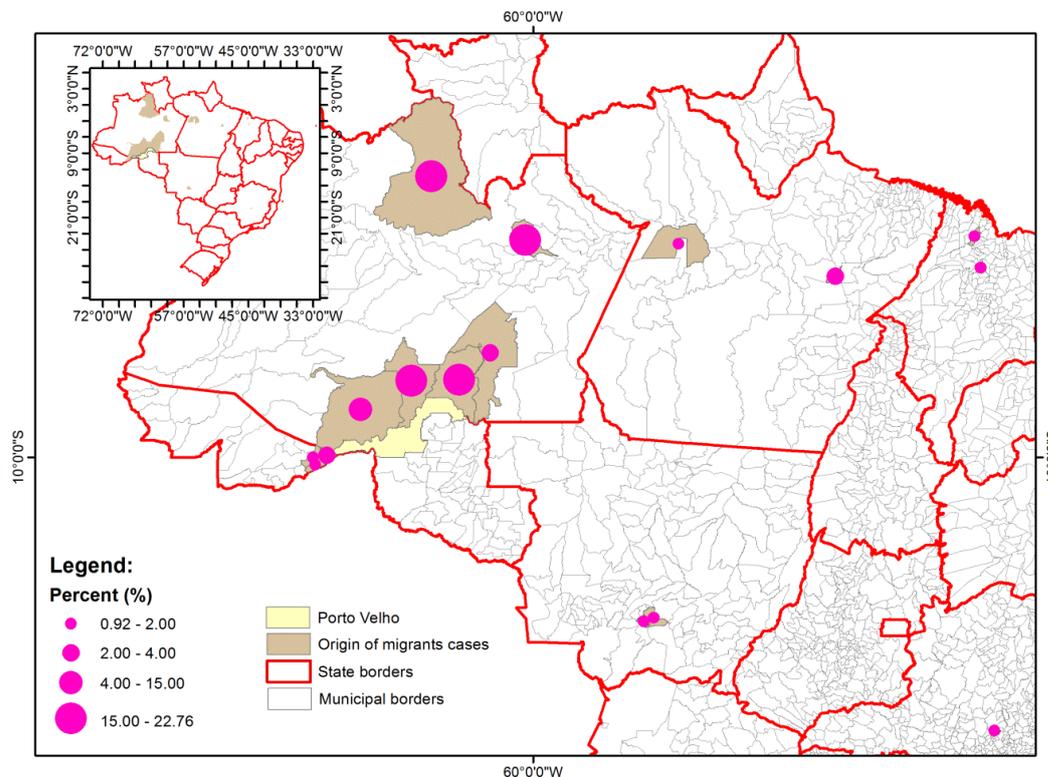


Figura 6-19– Percentual de casos migrantes no município de Porto Velho (RO)2010 - 2012

No que diz respeito aos casos migrantes notificados na Amazônia Legal (área endêmica), foi observado que os municípios de origem eram todos localizados no estado do Amazonas - AM. Juntos os municípios de Canutama (AM), Manaus (AM), Barcelos (AM) e Humaitá (AM) corresponderam a aproximadamente 78% dos casos notificados no período 2010-2012. Na Figura 6-19 estão representados somente os municípios que notificaram mais do que 20 casos migrantes. Assim, o restante dos casos migrantes (610 casos migrantes) foi distribuído entre 187 municípios.

O município de Porto Velho apresentou o maior percentual de casos migrantes de áreas não endêmicas em todo o Brasil, 17.45% das notificações registraram como município de infecção o município de Porto Velho, percentual três vezes

maior que o segundo mais frequente, o município de Manaus, capital do estado do Amazonas (4.98%).

A análise intramunicipal dos fluxos entre local de residência e provável local de infecção entre as localidades do município de Porto Velho, aponta os seguintes fluxos como os de maior importância epidemiológica: 1) Acampamento Caldeirão – Usina de Jirau 2) Jacy Paraná – Usina de Jirau 3) Área urbana de Porto Velho e Bacia Leiteira 4) Área urbana de Porto Velho - Belmonte 5) Área urbana de PVH - Balneário Areia Branca (Figura 6-20; Figura 6-21).

Dois importantes padrões de transmissão da malária são identificados nesse no mapa Figura 6-21. O primeiro reflete a mobilidade pendular direcionada pela organização do trabalho, em que trabalhadores da usina hidrelétrica de Jirau residentes na área urbana ou em acampamentos da empresa se infectaram na construção da usina. E o segundo padrão reflete a transmissão da malária ocorrendo em sítios e balneários existentes na área rural, próximas à área urbana do município de Porto Velho.

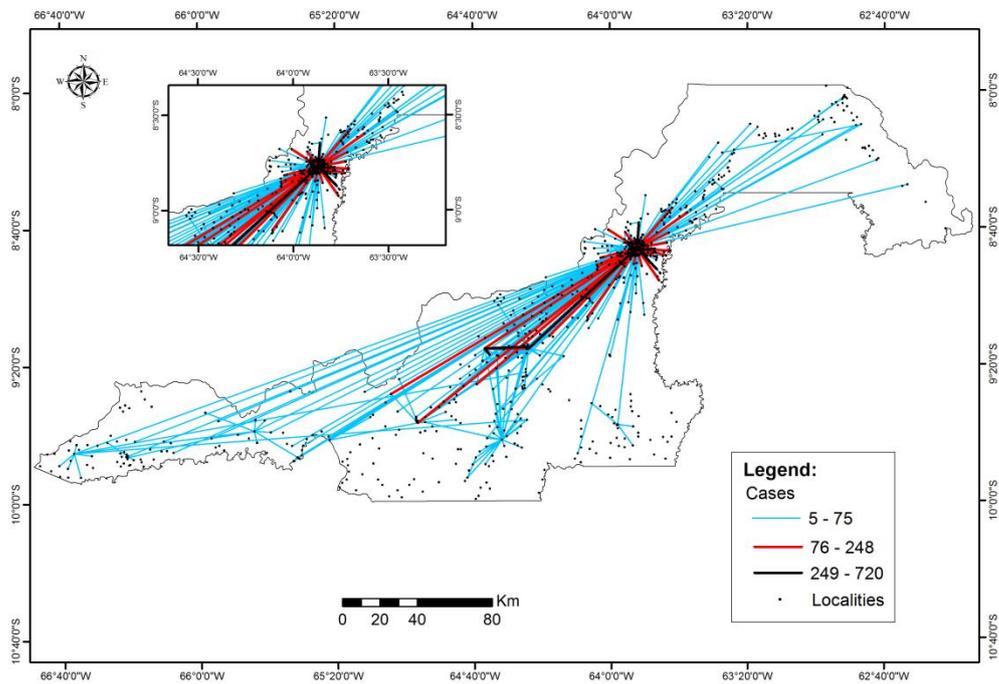


Figura 6-20- Fluxos entre localidade de residência e provável local de infecção no município de Porto Velho (RO) – 2010 - 2012

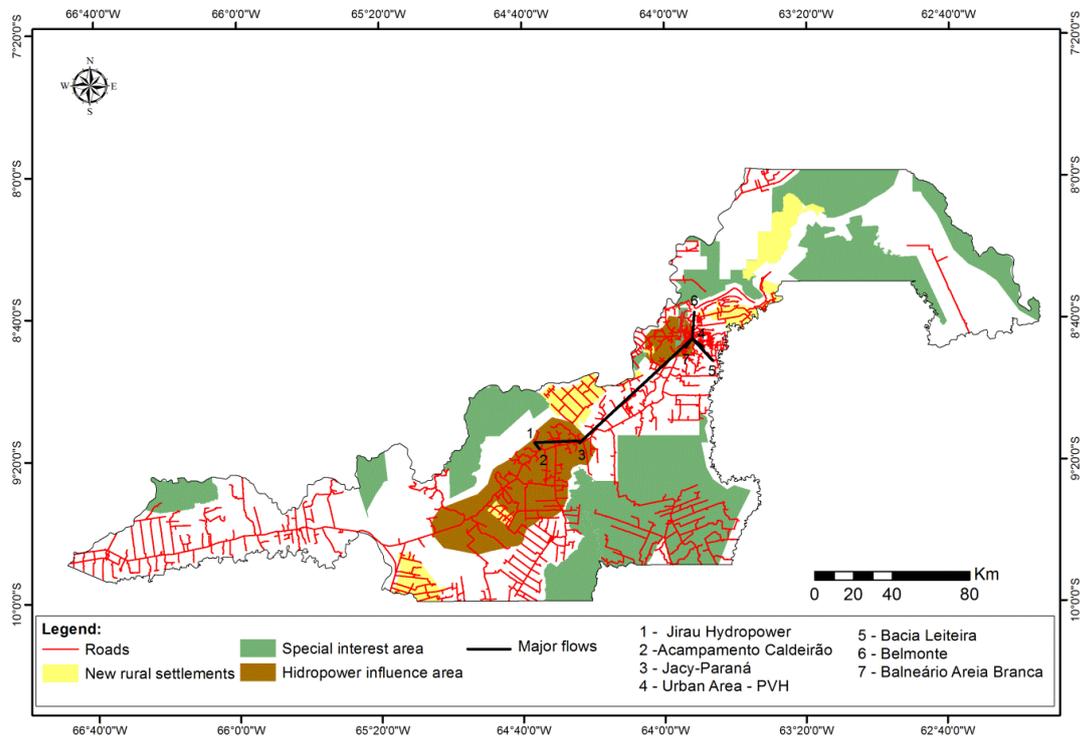


Figura 6-21 - Principais fluxos de transmissão de malária entre localidade de residência e provável local de infecção no município de Porto Velho – Rondônia (2010 – 2012)

## 6.7. Malária de fronteira

A fim de testar uma de nossas hipóteses iniciais de que atualmente o padrão “Malária de Fronteira” não consegue mais explicar a ocorrência da malária na Amazônia, principalmente em áreas de ocupação consolidadas, como é o caso do Estado de Rondônia, decidimos testar como seria o comportamento da regressão multivariada clássica e da regressão espacial (*Spacial Lag*) inserindo os indicadores que caracterizam o comportamento da malária de fronteira. Assim, foram selecionados os indicadores “Percentual de incremento de desmatamento ocorrido entre 2010-2012” (Per\_incr\_desmat), “Percentual de Crescimento Populacional” (Per\_cres) e “Distância mínima dos assentamentos rurais” (Dist\_assent).

Tabela 6-19- Modelo Malária de Fronteira - Regressão Múltipla Clássica

Variável	Coefficiente	Std.Error	t-Statistic	Probabilidade (p<0.05)
Constant	0.3090213	0.005779186	53.47143	0.00000
Per_incr_desmat	-0.02296924	0.04305316	-0.5335089	0.59376
Per_cres	-0.00111831	0.000137431	-8.13723	0.00000
Dist_assent	-0.01067121	0.00115291	-9.255894	0.00000

Variável dependente: IPA  
R-squared: 0.026985 F-statistic: 51.0752  
Adjusted R-squared: 0.026456 Prob(F-statistic): 0  
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -940.603  
Log da Verossimilhança = 474.301

Testes	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)
Jarque-Bera	2	859.725	0.00000
Breusch-Pagan	3	292.4308	0.00000
Koenker-Bassett	3	301.776	0.00000

Diagnóstico de normalidade e heterocedasticidade dos erros

Testes	MI/DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)
Moran's I (error)	0.9442	120.7146	0.00000
Lagrange Multiplier (lag)	1	14573.0039	0.00000
Robust LM (lag)	1	131.5437	0.00000
Lagrange Multiplier	1	14520.5234	0.00000

Diagnóstico para dependência espacial

Robust LM (error)	1	79.0632	0.00000
Lagrange Multiplier	2	14652.0671	0.00000

O resultado da regressão multivariada do modelo Malária de Fronteira é apresentado na Tabela 6-19. O modelo apresentou baixo poder explicativo para a ocorrência da malária no município de Porto Velho registrando  $R^2 = 0,026$ . Além disso, as três variáveis inseridas no modelo apresentaram relação inversa com o IPA. Foi observado dependência espacial ( $I$  de Moran = 0,94) e análise dos testes de Lagrange apontou o modelo *Spatial Lag* como mais adequado.

Tabela 6-20– Modelo Malária de Fronteira - Regressão Espacial (Spatial Lag)

Variável Dependente IPA				
Critério da Informação de Akaike (AIC) = -17222.4				
Log da Verossimilhança = 8616.21				
Variable	Coefficient	Std.Error	z-value	Probabilidade (p<0.05)
Coeficiente espacial	0.9655494	0.00232072	416.0556	0.00000
Constante	0.01131279	0.00129165	8.758391	0.00000
Per_incr_desmat	-0.00535135	0.00837459	-0.6389987	0.52282
Per_cres	-0.00046798	0.00022427	-2.086742	0.03691
Dist_assent	-0.00012037	2.73E-05	-4.40617	0.00001
Diagnóstico heterocedasticidade dos erros				
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Breusch-Pagan	3	1.3859	0.70884	
Teste	DF	Valor	Probabilidade (p<0.05)	
Teste da Razão da Verossimilhança	1	16283.8246	0.00000	

O modelo *Spatial Lag* é apresentado na Tabela 6-20. O índice de AIC do modelo *Spatial Lag* foi de -17222 inferior ao AIC da regressão clássica, -940,603 apontando melhor ajuste do modelo *Spatial Lag* ao conjunto de dados observados. Contudo, o que chama a atenção é o comportamento do indicador

Percentual de Incremento de Desmatamento (Per\_incr\_desmat), que não apresentou significância estatística ( $p=0,59376$ ) para explicar a ocorrência da malária em Porto Velho.

No modelo de regressão clássica, os teste de normalidade (Jarque Bera) e heterocedasticidade (Breusch-Pagan e Koenker-Basset) dos resíduos do modelo rejeitaram a hipótese de normalidade e homocedasticidade. Entretanto, no modelo de regressão espacial (*Spatial Lag*) o teste Breusch-Pagan aceitou a hipótese nula de homocedasticidade ( $p\text{-valor} = 0.70884$ ). E o teste da Razão da Verossimilhança confirma a significância do coeficiente espacial autoregressivo.



## **7 DISCUSSÃO**

### **7.1. Padrões e processos de ocorrência da malária**

É expressiva a redução da ocorrência da malária ao longo dos anos no estado de Rondônia e no município de Porto Velho. Entretanto, a doença continua se constituindo em um grave problema de saúde pública no município devido ao alto número de novos casos produzidos anualmente (Figura 6-1).

O município de Porto Velho apresentou o perfil epidemiológico esperado para a malária. A maior frequência da doença foi observada na área rural (Figura 6-2) e o IPA foi maior em homens na fase adulta (Figura 6-3). Esse padrão é associado ao processo de urbanização que elimina as condições de receptividade necessárias para manutenção do vetor (TADEI, et al., 1998) e porque indivíduos do sexo masculino possuem maior mobilidade territorial, relacionada principalmente ao processo de trabalho. (WANDERLEY et. al, 1985).

O risco de transmissão de malária em quase toda a área rural do município de Porto Velho, no período 2010-2012, apresentou alto risco para a doença (IPA > 50 por mil habitantes). Entretanto, algumas áreas apresentam maior importância epidemiológica, por terem apresentado IPA cerca de dez vezes mais alto do que áreas classificadas como de alto risco pelo Ministério da Saúde (Figura 6-5). Estas áreas estão localizadas principalmente na área rural periférica à área urbana de Porto Velho (Segunda e Oitava Regiões) e no eixo da BR-364 que perpassa pela Terceira Região até o em torno da UHE de Jirau.

Apesar de a doença ser transmitida mais frequentemente na área rural, também há transmissão na área urbana. Porém, atenção especial deve ser dada ao alto percentual de residentes da área urbana que se infectaram na área rural, levantando a importância que a mobilidade territorial exerce na transmissão da malária no município de Porto Velho (Tabela 6-2).

As variáveis selecionadas nos modelos de regressão espacial da malária variaram para cada região de saúde, mostrando a complexidade e as particularidades do território que criam diferentes riscos para o adoecimento por malária. Deve-se ressaltar que nem todos os processos envolvidos na transmissão da malária puderam ser captados pelos indicadores, porém a descrição das características e processos socioespaciais do território nos permitiu levantar questões que nos ajudaram a compreender o padrão espacial da malária neste território.

O modelo de regressão espacial para a Segunda e Oitava Regiões, área com um dos mais altos IPA do município, explicou o padrão espacial da malária através dos indicadores “Percentual de tratamento oportuno”, “Distância mínima às hidrelétricas” e “Temperatura média” (Tabela 6-4). No interior da região, a temperatura média do período mais seco variou entre 22 °C a 24 °C. Apesar da variação não ser tão elevada por ser período de inverno no Hemisfério Sul e de toda a complexidade que envolve a relação entre malária e temperatura, é sabido que o aumento da temperatura dentro dos limites 20 °C – 33 °C acelera o ciclo de vida do vetor e do ciclo esporogônico (REY, 2002; ROMI et al., 2012).

Para compreender a determinação<sup>1</sup> social e ambiental da malária nesta região é essencial considerar a pressão que a expansão urbana exerce sobre ela, principalmente, depois da chegada das usinas hidrelétricas que produziu crescimento populacional da população urbana e acelerou o processo de

---

<sup>1</sup> O conceito de determinação em saúde teve sua origem nos anos de 1970 e 1980 no desenvolvimento da Epidemiologia Social e da Reforma Sanitária com o objetivo de contrapor a Epidemiologia dos fatores de risco, de cunho biologicista e elaborada principalmente através de métodos estatísticos. Segundo Nogueira (2010) os estudos de determinação social da saúde devem envolver a caracterização da saúde e da doença mediante fenômenos que são próprios dos modos de convivência do homem, um ente que trabalha e desfruta da vida compartilhada com os outros, um ente político. Tal determinação pode ser de natureza inteiramente qualitativa, na medida em que procura caracterizar socialmente a saúde e a doença em sua complexidade histórica concreta.

especulação imobiliária, convertendo terras da área periférica em loteamentos urbanos ou chácaras (VILELLA, 2008).

A Terceira e a Sexta Regiões foram áreas também caracterizadas por um alto valor do IPA (Figura 6-4 e Figura 6-5). Essas duas regiões além de apresentarem um histórico de ocupações semelhante, são áreas diretamente impactadas pelas transformações territoriais resultantes da instalação das usinas hidrelétricas.

No modelo de regressão espacial da Terceira Região foram inseridos os indicadores “Percentual de Tratamento Oportuno”, “Conexão à área urbana de Porto Velho (GPM)” e “Percentual de áreas de interesse especial”. Já no modelo da regressão espacial da Sexta Região às variáveis preditoras foram “Distância mínima às hidrelétricas” e “Distância mínima a núcleos urbanos”.

É importante ressaltar, porém, os diferentes comportamentos do indicador “Percentual de tratamento oportuno” nas duas regiões. Enquanto na Terceira Região, o indicador se mostrou inversamente correlacionado à ocorrência da malária, o mesmo não aconteceu na Sexta Região. Pelo contrario, este indicador apresentou relação positiva com a malária, ou seja, sugerindo que áreas com maior ocorrência da doença apresentam diagnóstico e início do tratamento mais rápido (Apêndice D).

Esta aparente contradição pode ser explicada da seguinte maneira. Principalmente nos canteiros de obra da UHE de Jirau, localizada na Sexta Região, houve forte esforço da empreiteira responsável pela obra e também da vigilância epidemiológica local para controlar a endemia. A distribuição espacial do indicador “Percentual de Tratamento Oportuno” possibilita verificar que nas proximidades da UHE de Jirau o percentual de diagnósticos e tratamentos iniciados em menos de 24 horas do início dos primeiros sintomas foi maior do em outras áreas dentro da Sexta Região. Ainda sobre o comportamento indicador “Percentual de Tratamento Oportuno” é necessário considerar que ele não apresenta grande heterogeneidade espacial. Em todo o município de

Porto Velho o indicador variou entre 15% e 26%, o que pode ser considerado baixo, mostrando que o município apresenta dificuldade em eliminar rapidamente a fonte de infecção.

Apesar, do indicador “Distância mínima aos garimpos” não ter apresentado significância estatística na Sexta Região, a compreensão do padrão espacial da malária nesta região não pode ser analisada sem considerar a importância desse determinante socioambiental. Historicamente, a região apresenta função garimpeira, que apesar de ter perdido dinamismo econômico nos últimos anos permanece como uma “rugosidade”<sup>2</sup> no território num processo de interação com as novas funções que a região vem assumindo (CAVALCANTE, 2012).

A Quarta Região apresentou um dos mais baixos IPA do município de Porto Velho. Entretanto, os indicadores selecionados (“Altimetria média”, “Percentual de interesse especial”) apresentaram baixo poder explicativo para compreender a determinação do padrão espacial doença (Tabela 6-7). A amplitude altimétrica na região varia entre 110 e 332 metros. A relação inversa observada entre o IPA e o indicador “Altimetria média” confirma a redução do risco à medida que aumenta a altimetria, tendo em vista a redução da densidade anofelina (CONSOLI et al., 1994; BODKER, et. al (2003). Na mesma direção segue o comportamento do IPA em relação às áreas de interesse especial, o que no caso da Quarta Região se refere à Reserva Indígena Kaxarari, expressando a maior vulnerabilidade à malária desse grupo populacional específico.

A explicação para a Quarta Região apresentar o IPA mais baixo do município pode estar relacionada à expansão do agronegócio nesta região, cuja principal função econômica é a atividade pecuária realizada em grandes latifúndios em

---

<sup>2</sup> Rugosidades é um termo utilizado por Milton Santos (2008) para expressar as marcas do passado no presente, passado este, materializado nas “formas” do território. Entendendo “forma” como o aspecto visível dos elementos que compõe o território e que por sua vez reflete as divisões do trabalho que se dão de maneira sucessiva, sobreposta e concomitante.

torno da BR-364. Isto porque a atividade pecuária é uma atividade que exige pouca mão de obra para ser gerenciada, corroborando assim para a redução do número de vulneráveis ao adoecimento por malária (BARATA, 1998).

O modelo de regressão espacial da Quinta Região apontou os indicadores “Distância mínima aos assentamentos rurais”, “Densidade demográfica”, “Distância mínima a laboratórios” e “Distância mínima à garimpos” como variáveis explicativas para o IPA.

O assentamento rural presente na região, é a Reserva Extrativista Cuniã, cuja ocupação e atividades desenvolvidas são trabalhadas dentro dos preceitos de sustentabilidade envolvendo a gestão participativa das populações tradicionais (NAPRA, 2012 OU 2010). O IPA na Quinta Região é mais elevado na divisa com a Segunda e Oitava Regiões onde há a maior densidade demográfica e onde está localizado o único garimpo desta região. O acesso a esta região é o mais difícil do município. Além disso, algumas áreas distam cerca de 30 km de alguma unidade laboratorial de diagnóstico de malária (Figura C. 22 – Apêndice C).

Nos modelos de regressão clássica e regressão espacial da Sétima Região foram utilizados os indicadores “Percentual de Tratamento Oportuno” e “Percentual de áreas de interesse especial” (Tabela 6-13). Já na Nona Região atuaram como variável preditoras as variáveis “Percentual de Gleissolo” e “Percentual de áreas de interesse especial” (Tabela 6-16). Chama atenção o fato de essas áreas apresentarem as maiores taxas de desmatamento do município e nem por isso ser observado relação estatística significativa com a ocorrência da malária.

Esse resultado pode inicialmente criar “estranheza”, tendo em vista que diversos dos estudos que analisaram os fatores sociais e ambientais da malária (e. g., CASTRO, et al. 2006; VITTOR, et al, 2009; OLSON, et al, 2010) apontaram o desmatamento como principal determinante da doença. Contudo, diante da nova configuração territorial que se consolida na Amazônia Brasileira,

principalmente na Macrorregião Região definida por BECKER (2009) como o Arco de Povoamento<sup>3</sup>, essa relação parece não se estabelecer mais como no século passado. A nosso ver, o desmatamento que atua na ocorrência da malária é aquele cujo objetivo principal é a incorporação de novas terras para criação principalmente de assentamento rurais financiados pela ação estatal. Porém, as características do desmatamento atual nas áreas de ocupação mais antigas e consolidadas da Amazônia, como é o caso do município de Porto Velho, não estão relacionadas à incorporação de novas áreas, mas se expandindo nas bordas das áreas já desmatadas, concentrando em células com mais de 50% de suas áreas desmatadas e com o objetivo de intensificar a atividade agropecuária (BECKER, 2009; AGUIAR, 2006).

Os resultados deste trabalho seguem a mesma direção dos resultados encontrados por Hahn et. al (2014), o qual não verificou associação estatística entre desmatamento e malária na escala municipal na Amazônia. Contudo, é importante ressaltar que a relação entre malária e desmatamento foi analisada apenas na escala intra-municipal, sendo necessário elaborar estudos em outras escalas para averiguar a permanência ou não deste determinante socioambiental, na produção da malária.

A ocorrência do desmatamento em áreas já bastante desmatadas foi observada tanto na Sétima quanto na Nona Região. Entretanto, o avanço do desmatamento Resex Jacy-Paraná e Flona Bom Futuro, na Nona Região foi mais evidente, o que é de se esperar, tendo em vista que o que restou de floresta no município de Porto Velho são áreas de interesse especial (Figura 6-12).

---

<sup>3</sup> Uma das três macrorregiões da Amazônia definidas por Berta Becker (2005), a qual é mais conhecida como “arco do fogo” e, onde estão as cidades, as maiores densidades populacionais da Amazônia, as estradas e o cerne da economia. Inclui os estados do Mato Grosso, Rondônia, Tocantins e partes do Sudeste e Nordeste do Pará, do Sudeste do Acre e do Sul do Amapá.

Em relação à Sétima e Nona Regiões não foi observado associação estatística com assentamentos rurais do INCRA. Entretanto, se deve considerar que o indicador “Distância mínima a assentamentos rurais” apresenta uma limitação. O dado se refere a assentamentos que passaram por regularização fundiária pelo INCRA, uma vez que não há base de dados secundária disponível para identificação de posseiros, por exemplo. Então, apesar de termos selecionado os assentamentos mais recentes nem sempre a data se refere ao início do processo de ocupação.

Os diferentes padrões e processos de ocupação do município de Porto Velho refletiram particularidades no processo de transmissão da malária. Contudo, alguns destes processos são na verdade processos regionais de ocupação da Amazônia, como por exemplo, a expansão do agronegócio, a mecanização da agricultura, o processo de urbanização e a expansão da indústria barrageira, que por sua vez se materializaram na escala local impactando diferentemente a produção deste processo endêmico-epidêmico.

Além, disso todos os processos supracitados são processos pelos quais a região sudeste do Brasil, especialmente o estado de São Paulo passou nos anos de 1950 a 1970 e que foi descrita e relacionada à redução da malária por Barata (1998).

Esta autora analisou a historicidade de ocorrência de malária no estado de São Paulo através das mudanças de uso e cobertura da terra e dos esforços de implantação de políticas de saúde capazes de controlar e eliminar a doença. Barata (1998) dividiu a evolução da transmissão da doença no estado de São Paulo, em três fases: 1930 – 1950, de 1950 a 1970 e de 1970 à 1990.

Entre 1930-1950 a população paulista era predominantemente rural, e a maior parte da população economicamente ativa se encontrava engajada nas atividades agrícolas. Somado à expansão da fronteira agrícola no estado, construção de estradas de rodagem e de outras obras de infraestrutura em

conjunto com grandes correntes migratórias favorecia a ocorrência da malária (BARATA, 1998).

Estas condições descritas por Barata (1998) são muito semelhantes aos processos socioespaciais verificados desde o fim dos anos de 1970 e anos de 1980, na Amazônia Brasileira (BECKER, 2005), os quais produziram níveis epidêmicos da doença e caracterizaram o padrão de malária de fronteira.

Já o período de 1950 a 1970, no estado de São Paulo, é descrito pela autora como de expressiva redução da malária associada tanto às mudanças de uso e cobertura da terra quanto dos esforços para erradicação da doença.

...área de ocupação territorial, completa restando de floresta original apenas as áreas de interesse especial, caracterizada pela transformação do perfil urbano-rural, pela tecnificação do espaço rural através da mecanização agrícola, a redução de migração inter-regional, o aumento da migração intraregional e a transformação dos colonos em trabalhadores volantes (BARATA, 1998).

O parágrafo acima facilmente poderia ser utilizado para caracterizar os processos socioespaciais que identificamos, na atualidade no município de Porto Velho e, que são descritos por BECKER (2009) como sendo a nova configuração da Amazônia no século XXI, principalmente na macrorregião do Arco do Povoamento. Além disso, o perfil epidemiológico da malária em Porto Velho, no estado de Rondônia e na Amazônia vem apresentando expressivo decréscimo seguindo a mesma tendência observada no Sudeste do país no passado.

Em relação à tendência de evolução do uso da terra na Amazônia, Becker (2009) sugere comportamento semelhante àquele já verificado na dinâmica demográfica àqueles consolidados no Centro-sul do país, principalmente na área de ocupação mais antiga da Amazônia.

Diante da previsão desta autora, o que esperar do perfil epidemiológico da malária para os próximos anos? Seguiria o padrão observado a partir de 1970 no estado de São Paulo?

No estado de São Paulo, a partir de 1970 a mecanização agrícola tornou-se mais acentuada que no período anterior, o trabalho temporário tornou-se predominante, o decréscimo da população rural se generalizou tanto que em 1980 havia apenas 5% de população rural, modificando as condições para a ocorrência da malária. Assim, os casos autóctones tornaram-se raros (menos de cem por ano) sendo a ocorrência deles decorrentes de casos importados que reintroduziram a doença. A malária deixou de se constituir em problema presente e passou a ser um risco, isto é, uma probabilidade de ocorrência em virtude da situação epidemiológica existente em outras áreas do país, principalmente Amazônia.

Apesar da analogia realizada entre as mudanças de uso e cobertura da terra verificadas no estado de São Paulo, através da obra de Barata (1998) e ao que Becker (2009) sugere como perspectivas de mudanças de uso e cobertura da terra na Amazônia, de forma alguma se espera que o padrão de ocorrência da malária tenha exatamente a mesma evolução histórica que a malária ocorrida na região Sudeste do país. Isto por que o contexto histórico é outro e as particularidades regionais da Amazônia são outras, tanto em relação aos fatores ambientais quanto o modelo de desenvolvimento econômico e principalmente às políticas de saúde adotadas.

Atualmente, as medidas de controle da malária são estabelecidas pelo Plano Nacional de Controle da Malária (PNCM) e a principal estratégia adotada para controle da doença fundamenta-se no diagnóstico precoce e tratamento imediato.

Entretanto, fatores ambientais e sociais atrapalham o controle da malária nos municípios da Amazônia. As grandes distâncias a serem percorridas, o grande volume de água a ser vencido, as precárias condições das estradas que dificultam os trabalhos de campo dos agentes de endemias para executar atividades de controle do vetor, bem como de exercer o acompanhamento clínico dos pacientes (ROCHA, 2004).

Outro ponto que deve ser destacado é o processo de descentralização das atividades do Sistema Único de Saúde (SUS), iniciado no final dos anos de 1980, mas, que ainda se apresenta como um grande desafio. Em muitos municípios a organização dos serviços de saúde se apresenta desarticulada, ou seja, profissionais de atenção básica, vigilância ambiental, epidemiológica e assistência trabalham de forma segmentadas. Além disso, é observada uma alta rotatividade tanto de gestores quanto de profissionais de saúde que dificulta a manutenção e consolidação do trabalho (GALVÃO et al., 2008).

Neste contexto, os indicadores "Percentual de tratamento oportuno" e "Distância mínima aos laboratórios" utilizados para caracterizar a atuação dos serviços de saúde de Porto Velho refletem algumas dificuldades nesse controle, tanto em relação ao acesso quanto à capacidade das instituições em eliminar com rapidez a fonte de infecção, o que se torna um empecilho para a acentuação da redução da malária na região.

Contudo, nos parece evidente que as mudanças de uso e cobertura da terra observadas na região Amazônica, bem como algumas mudanças na demografia (redução da população rural) no município de Porto Velho caracterizam o padrão de áreas consolidadas observado no período de 1950-1970 em São Paulo e que pode ser um dos principais fatores responsáveis pela redução da malária no município de Porto Velho e até mesmo na Região Amazônica.

Por outro lado, não se espera que o padrão malária de fronteira deixe de ser um padrão vigente. Afinal ainda há incorporação de novas terras

principalmente nas macrorregiões que Becker (2009) define como Amazônia Ocidental e Amazônia Central com a implantação de assentamentos rurais e outras obras de infraestrutura que apresentam picos da doença durante sua implantação.

Contudo, o que se verifica é a coexistência de diversos tempos, pois como afirma SANTOS (2008), a questão do tempo na análise do território pode ser trabalhada através de dois eixos – um eixo de sucessões, em que os fenômenos se dão em sequência ao longo do tempo, porém esta é uma abordagem um tanto quanto abstrata e, um eixo de coexistências, com caráter mais concreto, em que as temporalidades variam, mas, se dão de modo simultâneo. Assim, a compreensão das relações entre os padrões e processos de ocupação da Amazônia e a produção da malária devem ser analisados na coexistência de diferentes tempos que, na simultaneidade da presença de novos e antigos processos contribuem para a redução ou manutenção desta endemia.

## **7.2. MOBILIDADE POPULACIONAL E MALÁRIA**

O significativo percentual de crescimento populacional observado entre 2007 e 2010 no município de Porto Velho (5.07% ao ano) pode ser atribuído à construção das UHE Santo Antônio e UHE Jirau instaladas no rio Madeira, as quais iniciaram suas obras em 2008 e 2009, respectivamente.

O município de Porto Velho apresenta dois importantes papéis na transmissão da malária. Primeiro, o município apresenta alta receptividade e alta endemicidade, tendo em vista que apresentou 92% de casos autóctones. Segundo, o município dispersa a doença para outros municípios da Amazônia e até mesmo para áreas não endêmicas do país (Figura 6-19). Por outro lado, o processo de trabalho e outras atividades como o turismo aumentam os deslocamentos da população de Porto Velho para municípios vizinhos, possibilitando dessa forma o aumento de casos importados (8% dos casos são alóctones). Apesar, do baixo percentual de casos importados, estes casos

ganham importância epidemiológica, pois, podem ser responsáveis pela introdução de novas variantes do parasito no município de Porto Velho.

Atualmente, o processo migratório em direção ao município de Porto Velho ainda ocorre em função da implantação de grandes projetos de desenvolvimento econômico que atraem grande contingente populacional em busca de oportunidades de trabalho. Apesar da redução dos fluxos migratórios verificada em relação a década de 1980 (BECKER, 2009; OLIVEIRA, 2011), a migração ainda hoje assume papel importante na transmissão da malária no município (Figura 6-17). Contudo, há uma grande diferença entre os deslocamentos populacionais observados no passado e observados atualmente. Nos anos de 1980, a migração estava relacionada principalmente à implantação dos assentamentos rurais pelo INCRA, em um sistema de colonato em que a população migrava com intuito de permanecer naquele território (RABELLO et al., 2005). Já o atual padrão de migração consiste em uma migração temporária motivada pelo trabalho temporário, e o tempo de permanência está diretamente relacionado ao tempo de construção das usinas hidrelétricas.

De acordo com Alves et al., (2012), a diferença entre os fluxos migratórios podem ser observados durante as três fases de implantação das usinas hidrelétricas. Durante a fase de planejamento, há a mobilização de uma mão de obra qualificada multidisciplinar para desenvolver os estudos de engenharia e meio ambiente. A próxima fase é a fase de construção do projeto a qual apresenta o maior impacto na área que recebe o empreendimento, tendo em vista que há uma grande mobilização de mão de obra para a construção da usina e de toda obra de infraestrutura necessária. E por fim a fase caracterizada por provocar um colapso na demanda temporária por trabalho e responsável por gerar desemprego em grande escala, permanecendo na região um grupo mínimo de mão de obra permanente responsável pela manutenção e operação da usina.

É evidente a rede de ligação existente dentro do município de Porto Velho, onde áreas mais remotas e de difícil acesso estão integradas à área urbana corroborando para a transmissão da malária, mesmo que em menor intensidade (Figura 6-20). Todavia, a mobilidade pendular resultante do deslocamento observado entre os residentes da área urbana que se infectaram nas usinas hidrelétricas de Jirau e de Santo Antônio e, os deslocamentos entre área urbana e rural são os padrões de mobilidade populacional predominantes, responsáveis por mediar a transmissão da doença em Porto Velho (Figura 6-21).

Os fluxos entre localidade de residência e localidade de infecção revela um padrão espacial de transmissão da doença resultante de dois tipos de mobilidade pendular: primeiro, uma mobilidade causada pelas relações de trabalho em que os trabalhadores se infectaram durante o trabalho nas usinas; segundo, uma mobilidade de residentes da área urbana de Porto Velho que se infectaram na área rural do entorno motivada por atividades de lazer (Figura 6-21)

O fluxo entre residentes da área urbana e área rural além de estar relacionado à busca por atividades de lazer como banho e pesca, como observado pela presença do fluxo principal Área urbana - Balneário Areia Branca (Figura 6-21), também pode ser analisado pela hipótese de algumas pessoas serem “multilocalizadas”, ou seja, manterem duas residências.

Pinedo-Vasquez et al. (2008) analisou a população migrante de zonas rurais para zonas urbanas em Macapá constatou que muitas famílias pobres ou moradores de favela são “multilocalizados”, ou seja, mantêm uma casa e as atividades econômicas em uma comunidade rural, mas também em outra periferia ou favelas que rodeiam as cidades da região. Segundo os autores, a maioria dessas famílias inclui um ou mais membros que tendem a permanecer na área urbana por mais tempo, enquanto outros membros circulam entre a comunidade e a localidade.

A migração permanecer como um importante determinante social na transmissão da malária, diante dos grandes fluxos de mão de obra que se direcionam à região para abastecer a indústria barrageira, a maior parte deste fluxo é temporário permanecendo somente durante a construção da obra. Porém, a mobilidade pendular ocasionada pelo trabalho, atividades de veraneio ou pela “multilocalização” emerge atuando como variável mediadora entre uso e cobertura da terra e transmissão da malária.

### **7.3. Modelagem espacial dinâmica e exploração de cenários**

Os resultados da validação do modelo espacial dinâmico da malária conseguiu representar bem o padrão espacial da malária, com exceção da permanência do alto IPA nas proximidades da UHE de Jirau, mas, que no ano de 2013 já não era tão elevado.

Essa brusca redução da ocorrência da malária no entorno da UHE de Jirau no ano de 2013 pode ser associada à redução da mão de obra na construção da usina, a qual em 2013 demitiu cerca de 25 mil trabalhadores (ROCHA, 2014). O que se verifica então foi uma mudança na organização socioespacial da região e por isso o modelo não conseguiu simular essas transformações.

Esta dificuldade em representar essa nova dinâmica espacial se deve ao caráter estatístico do modelo, o qual simula áreas potenciais para o risco da malária baseado nas relações existentes no período estudado (2010-2012) quando ainda não se observava a redução da mão de obra trabalhadora.

A diferença entre a validação entre áreas com IPA acima de 200 por mil habitantes e áreas com IPA abaixo de 200 por mil habitantes se deve principalmente a diferenças no poder explicativo dos modelos estatísticos regionalizados. Nas áreas de alto IPA as variáveis preditoras são mais evidentes, sendo capaz de gerar uma superfície potencial “mais forte” e, como

a componente demanda não foi regionalizada estas regiões acabaram por alocar mais casos, superestimando a ocorrência da doença nestas áreas.

Assim, outra fragilidade do modelo é a ausência de variáveis/indicadores que conseguissem representar todos os processos que atuam na manutenção da transmissão da malária. Pode-se citar, como exemplo, a indisponibilidade de dados de indivíduos assintomáticos, ou de ocupação irregular da terra (posseiros) ou até mesmo a não inserção dos fluxos de transmissão da malária no modelo estatístico, o qual foi analisado separadamente e somente posteriormente interpretado em conjunto com os resultados do modelo.

Em decorrência da dificuldade do modelo em representar essa nova dinâmica na região do entorno das hidrelétricas, os três cenários simulados, tanto o Cenário Pessimista, quanto o Cenário Intermediário e o Cenário Otimista apontaram para a permanência da malária nas proximidades da usina de Jirau além da alta ocorrência da doença no entorno da área urbana. Contudo, diante do conhecimento que se tem sobre o processo de implantação de usinas hidrelétricas, o qual em sua última fase (fase de manutenção), reduz a valores ínfimos a mão de obra inserida, se pode esperar a expressiva redução do IPA nesta região. Permanecendo alto risco da doença apenas na área periférica da área urbana de Porto Velho.

A plataforma LuccME adaptada à malária se caracterizou como uma ferramenta capaz de produzir simulações não só para a malária mas, para qualquer doença infecciosa e podendo facilmente ser adaptado para doenças crônicas e virais. Além disso, pode ser utilizado em qualquer escala de análise em estudos ecológicos. Cabe lembrar que as adaptações realizadas na Plataforma LuccME refletem a importância da construção de ferramentas de acesso livre e código aberto, as quais podem ser aperfeiçoadas, permitindo adaptações ou elaboração de novos componentes pelos usuários.



## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho mostrou que o município de Porto Velho se constitui em um verdadeiro mosaico de paisagens onde cada padrão de ocupação, com seus diferentes processos socioespaciais contribuem diferentemente para a produção da malária, mas, as quais estão integradas por uma rede técnica<sup>4</sup> que possibilitam uma mobilidade territorial, e que por sua vez atua como uma variável mediadora<sup>5</sup> entre uso e cobertura da terra e ocorrência da malária.

A produção da malária no município de Porto Velho, na atualidade, deve ser explicada inserindo-o em um contexto maior dos processos e transformações pelo qual tem passado a Região Amazônica nos últimos 15 anos. Assim, a transmissão da malária no município deve ser compreendida como a materialização, na escala local, dos impactos positivos e negativos das mudanças de uso e cobertura da terra que ocorrem no contexto regional, o qual se baseia na expansão da indústria barrageira, no processo de urbanização, expansão do agronegócio e, sobretudo na conectividade entre os lugares.

É importante salientar também a necessidade de construção de uma vigilância epidemiológica pautada no conhecimento do território, mas, que vá além da identificação de elementos naturais e sociais que aumentam o risco da doença. Que seja capaz de compreender o contexto histórico, social e geográfico, não se limitando a considerar os determinantes socioambientais já conhecidos e os considerando como imutáveis. Mas, sobretudo, que compreenda que o território está em constante transformação e, que as mudanças nos processos socioespaciais, tanto na escala global, regional e local interferem diretamente na determinação socioambiental da doença.

---

<sup>4</sup> Rede técnica – Toda infraestrutura que permite o transporte de matéria, energia ou e que se inscreve por um território onde se caracteriza pela topologia dos seus pontos de acesso ou pontos terminais, seus arcos de transmissão, seus nós de bifurcação ou de comunicação (SANTOS, 2008).

<sup>5</sup> Variável mediadora é aquela que, ao estar presente na equação de regressão, diminui a magnitude do relacionamento entre uma variável antecedente e uma variável dependente ou critério. Para melhor ilustrar a definição de uma variável mediadora, podemos analisar o relacionamento entre três variáveis hipotéticas, sendo a variável B a mediadora do relacionamento de A com C (ABBAD, et al. 2002).



## 9 PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

O trabalho conseguiu alguns avanços no conhecimento dos determinantes ambientais e sociais da malária no município de Porto Velho e inovou ao elaborar um modelo espacial dinâmico de estrutura top-down, que permitisse simular áreas potenciais para o risco da doença. Entretanto, muito se pode avançar nestas duas perspectivas. Desta forma, apontamos proposições para a continuidade deste trabalho:

Comparação de estudos dos determinantes sociais e ambientais, na escala intramunicipal em diferentes macrorregiões da Amazônia, a fim de se compreender como os diferentes processos de ocupação da Região Amazônica se têm refletido no padrão de ocorrência da doença. Além disso, destaca-se a necessidade de análises multiescalares para que toda a complexidade deste processo endêmico-epidêmico possa ser apreendida.

Aperfeiçoamento do modelo espacial dinâmico da malária através do acoplamento de modelos mais robustos de análises de séries temporais para o cálculo do Componente Demanda.

Utilização de outros tipos de abordagem metodológica para a construção de modelos espaciais dinâmicos, como, por exemplo, modelagem *botton-up*, mais conhecida como modelagem de agentes, e que possibilite a modelagem de processos que pela indisponibilidade de dados não foram inseridos no modelo de estrutura *top-down* como a mobilidade espacial.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAD, G.; TORRES, C. V. Regressão múltipla stepwise e hierárquica em psicologia organizacional: aplicações, problemas e soluções. **Estudos de Psicologia (Natal)**, v.7, 2002.

AB`SABER, A.N. **Amazônia: do discurso a práxis**. 2. Ed.. São Paulo: Edusp, 2004

AGUIAR, A. P. D.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; SOUZA, R. C. M. Modelling spatial relations by generalized proximity matrices. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA, 5. (GEOINFO), 2003, Campos do Jordão. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. CD-ROM; On-line. ISBN 85-17-00026-9, 978-85-17-00026-3. Disponível em: <<http://urlib.net/83LX3pFwXQZ3V9uMbiY/MhU9d>>. Acesso em: 05 mar. 2015.

AGUIAR, A. P. D. **Modelagem de mudança do uso da terra na Amazônia: explorando a heterogeneidade intra-regional**. 2006. 204 p. (INPE--TDI/). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/08.10.18.21>>. Acesso em: 16 jan. 2012.

AGUIAR, A. D.; ANDRADE, P.; SOLER, L.; ASSIS, T. TerraME-LuccME: an open source framework for spatially explicit land use change modeling. In: GLP LAND USE TRANSITIONS IN SOUTH AMERICA: FRAMING THE PRESENT, PREPARING FOR A SUSTAINABLE FUTURE WORKSHOP, 2011, Ilha Bela. **Poewpoint...**São José dos Campos: INPE, 2011.

AGUIAR, A. P. D.; TEJADA, G.; ASSIS, T.; DALLA-NORA, E. **AMAZALERT PROJECT - Set of land-use scenarios for Brazil, linked to implications for policies**: final report. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2014.

ALMEIDA, J. J. **A cidade de Marabá sob o impacto dos projetos governamentais**. 2000. 273f. Dissertação (Mestrado em História) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ALVES, A. O. **Os kaxarari e as políticas mitigatórias do estado**. 2009.124 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2009.

ALVES, J.; THOMAZ JÚNIOR, A. A migração do trabalho para o Complexo Hidrelétrico Madeira. In: Jornada do Trabalho. 13., 2012. Presidente Prudente – SP. **Scielo Proceedings**. 2012. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/jtrab/n1/32.pdf>>.

ANSELIN, L.; FLORAX, R. J. G. M.; REY, S. **Advances in spatial econometrics. methodology, tools and applications**. Berlin Heidelberg: Springer, 2004.

ANSELIN, L. **Exploring spatial data with GeoDa TM** : a workbook. p. 97, 2005. Disponível em: <<https://geodacenter.asu.edu/.../geodaworkbook.pdf>>. Acesso em: 26 de dezembro de 2014.

ARIZONA STATE UNIVERSITY. Geoda Center For Geospatial Analysis and Computation. **Geoda 1.6.2..** Disponível em: <https://geodacenter.asu.edu/geodaimg> Acesso em: 10 de agosto de 2014.

ASCOM. **MPF e MP querem anular acordo que pretende desmembrar Flona Bom Futuro**. Ministério Público Federal - MPF. Disponível em: <<http://www.prro.mpf.mp.br/noticias/ultimas-noticias/mpf-e-mp-querem-anular-acordo-que-pretende-desmembrar-flona-bom-futuro>>. Acesso em: 13 Feb. 2015.

ASSUNÇÃO, A. G. **Dinâmica territorial em Jaci-Paraná** : reflexos da implantação das hidrelétricas do Rio Madeira. 2011. 87f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2011.

ASSUNÇÃO, R. M.; BARRETO, S. M.; GUERRA, H. L. *et al.* Mapas de taxas epidemiológicas: uma abordagem Bayesiana. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 14, n. 4, p. 713–723, 1998.

BARATA, R.B. **Malária e seu controle**. São Paulo: Hucitec, 1998.

BARATA, R. C.. Malária no Brasil: malaria in Brazil: trends in the last ten years. **Cadernos de Saúde Pública**. v.11, n.1, p. 128-136, 1995.

BARBIERI, A. F.; SAWYER, D. O. Heterogeneity of malaria prevalence in alluvial gold mining áreas in Northern Mato Grosso State, Brazil. **Cad. Saúde Pública**, v. 23, n. 12, p. 2878-2886, 2007.

BARBIERI, A. F.; SAWYER, D. O.; SOARES-FILHO, B. S. Population and land use effects on malaria prevalence in the southern brazilian Amazon. **Human Ecology**, v. 33, n. 6, 2005.

BARCELLOS, C.; SANTOS, S. Colocando dados no mapa: a escolha da unidade espacial de agregação e integração de bases de dados em saúde e ambiente através do geoprocessamento. **Informe Epidemiológico do SUS** v. 1, n. 5, p. 21–29, 1997.

BARRETO, M.L.; TEIXEIRA, M. G.; BASTOS, F. L.; XIMENES, R. A.; BARATA, R. B.; RODRIGUES, L.C. **Sucessos e fracassos no controle das doenças infecciosas no Brasil**: o contexto social e ambiental, políticas intervenções e necessidades de pesquisa. 2011. Disponível em: <download, thelancet.com/flatcontentassets/pdfs/brazil/brazilpor3.pdf> Acesso em maio de 2011.

BARROS, F.S.M.; HONÓRIO, N.A.; ARRUDA, M.E. Mosquito anthropophily: implications on malaria transmission in the northern Brazilian Amazon. **Neotropical entomology**, v. 39, n. 6, p. 1039–1043, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-566X2010000600029&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-566X2010000600029&lng=en&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em: 13 Nov. 2014.

BARROS, F. S. M.; HONÓRIO, N. A.; ARRUDA, M. E. Survivorship of *Anopheles darlingi* (Diptera: Culicidae) in relation with malaria incidence in the Brazilian Amazon. **PloS one**, v. 6, n. 8, p. e22388, 2011. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3152554&tool=pmc-entrez&rendertype=abstract>>. Acesso em: 10 Nov. 2014. A

BARROS, F. S. M.; HONÓRIO, N. A.; ARRUDA, M. E.. Temporal and spatial distribution of malaria within an agricultural settlement of the Brazilian Amazon. **Journal of vector ecology : journal of the Society for Vector Ecology**, v. 36, n. 1, p. 159–69, 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21635654>>. B

BARROS, M. Marcus Barros fala sobre o meio ambiente e doenças tropicais na Amazônia. Entrevista a Stella Oswaldo Cruz Penido; apresentação de Ruth B. Martins. **História, Ciências e Saúde – Manguinhos**. v.14, suplemento, p. 291-302, 2007.

BATISTA, J. F. **A evolução da pecuária bovina em Rondônia e sua influência sobre a configuração territorial e a paisagem (1970-2012)**. 2014. (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BECKER, B. K. **Amazônia**: geopolítica na virada do III milênio. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

BECKER, B. K.; EGLER, C.A. G. **Brasil**: uma nova potência regional na economia-mundo. 5. ed. Rio de Janeiro: Bertand, 2006.

BENCHMOL, J. L.; SILVA, A. F. C. Ferrovias, doenças e medicina tropical no Brasil da Primeira República. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v.15, n. 3, p. 719 – 762, 2008.

BØDKER, R; AKIDA, J; SHAYO, D *et al.* Relationship between altitude and intensity of malaria transmission in the Usambara Mountains, Tanzania. **Journal of medical entomology**, v. 40, p. 706–717, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Fundação nacional de Saúde. **Ações de controle de endemias: malária**: manual para agentes comunitários de saúde e agentes de controle de endemias. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.p.104.

BRASIL. Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde. **Programa Nacional de Prevenção e Controle da Malária - PNCM.**, 2003. . 132 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Guia de Vigilância Epidemiológica**. 6. ed . Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, 2005. 816 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Ações de controle da malária**: manual para profissionais de saúde na atenção básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 46 p.

BRASIL.Ministério da Saúde/Secretaria de Vigilância em Saúde/Coordenação Geral do Programa Nacional de Controle da Malária - CGPNCM. **Diretrizes técnicas para o plano de ação de controle da malária nas áreas de influência direta e indireta da UHE de Jirau, no município de Porto Velho, Estado de Rondônia, com vista à emissão do atestado de condições sanitárias**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Guia prático de tratamento da malária no Brasil**. Brasília: Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, 2010.

BRASIL. Ministério Da Saúde /Secretaria de Vigilância em Saúde. Situação epidemiológica da malária no Brasil, 2000 a 2011. **Boletim Epidemiológico**, v. 44, n. 1, p. 1 – 16, 2013. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/periodicos/boletim\\_epidemiologico\\_numero\\_1\\_2013.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/periodicos/boletim_epidemiologico_numero_1_2013.pdf)>.

BURROUGH, P. Dynamic modelling and geocomputation. In: Longley, P.A.; Brooks, S.M.; McDonnel, R.; MacMillan, B. (ed.). **Geocomputation: a primer**. London: John Wiley & Sons, 1998. p. 165-190.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S.; CRUZ, O. G.; CORREA, V.. Análise espacial de áreas. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. (Org.). **Análise espacial de dados geográficos**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 2004, v. 0. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>>.

CÂMARA, G. Representação computacional de dados geográficos. **Bancos de dados geográficos**, 2005, p. 1–44. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.01.19.33/doc/cap1.pdf>>.

CÂMARA, G.; VALERIANO, D.; VIANEI, J. **Programa Amazônia – Projeto PRODES Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2013. Disponível em: <[http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia\\_TaxaProdes.pdf](http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia_TaxaProdes.pdf)>.

CAMARGO, E. C. G.; FUCKS, S. D.; CÂMARA, G. Krigagem. In: Fucks, A. M.; Druck, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; Monteiro, A.M. V. (Eds.); **Análise espacial de dados geográficos**. 1. ed. 2004. p.79–122. Brasília: Embrapa. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>>.

CARVALHEIRO, J. R. **Processo migratório e disseminação de doenças**. Rio de Janeiro: Textos de Apoio – Ciências Sociais 1. ABRASCO, 1983.

CASTRO, M. C.; SINGER, B. H. Meio ambiente e saúde: metodologia para análise espacial da ocorrência de malária em projetos de assentamento. **Ver. Bras. Est. Pop.** São Paulo v. 24, n. 2, p. 247-262, 2007.

CASTRO, M. C.; MONTE-MÓR, R. L.; SAWYER, D. O *et al.* Malaria risk on the Amazon frontier. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 103, n. 7, p. 2452–7, 2006. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1413719&tool=pmc-entrez&rendertype=abstract>>.

CAVALCANTE, M. M. A. **Hidrelétricas do Rio Madeira - RO** : território , tec nificação e meio ambiente. 2012. Universidade Federal do Paraná, 2012. 161f. (Doutorado em Geografia). Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/29821/R - T - MARIA MADALENA DE AGUIAR CAVALCANTE.pdf?sequence=1>>.

CAVALCANTE, M. M. A.; NUNES, D. D.; SILVA, R. G. C.; LOBATO, L. C.H. Políticas territoriais e mobilidade populacional na Amazônia: contribuições sobre a área de influência das Hidrelétricas no Rio Madeira (Rondônia/Brasil). **Confins**, n. 11, p. 1–18, 2011. Disponível em: <<http://confins.revues.org/6924>>. Acesso em: 5 Feb. 2014.

CHAGAS, E. C. S.; NASCIMENTO, C. T.; SANTANA FILHO, F. S.; BOTTO-MENEZES C. H.; MARTINEZ-ESPINOSA, F. E. Malária durante a gravidez: efeito sobre o curso da gestação na região amazônica. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 26, n. 3, p. 203–208, 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1020-498920090009000003&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-498920090009000003&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 19 Nov. 2014.

CLARK, J. D. Modeling and simulating complex spatial dynamic systems: a framework for application in environmental analysis. **Simul. Dig.**, 21, p.9-19, 1992.

CONSOLI, A. G. B. R.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994. Disponível em: <<http://static.scielo.org/scielobooks/th/pdf/consoli-9788575412909.pdf>>.

CONSTANZA, R. Moel goodness of fit a multiple resolution procedure. **Ecological Modelling**, v. 47, p. 199–215, 1989.

COSTA, S.S.; AGUIAR, A. P.; CÂMARA, G. CARNEIRO, T. Modelos dinâmicos espaciais em programação funcional. **X Workcap**. São José dos Campos: INPE, 2010. Disponível em: <[http://www.researchgate.net/publication/228856512\\_Modelos\\_dinmicos\\_espaciais\\_em\\_programao\\_funcional/file/72e7e523d63e39d647.pdf](http://www.researchgate.net/publication/228856512_Modelos_dinmicos_espaciais_em_programao_funcional/file/72e7e523d63e39d647.pdf)>. Acesso em: 16 Nov. 2014.

COUTO, R. C. S. **Hidrelétricas e saúde na Amazônia: um estudo sobre a tendência da malária na área do lago da hidrelétrica de Tucuruí, PA**. 127f. 1996. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – ENSP/FIOCRUZ. 1996

COUTO, A. A.; CALVOSA, V. S.; LACERDA, R.; CASTRO, F.; ROSA, E. S.; NASCIMENTO, J. M.. Controle da transmissão da malária em área de garimpo no Estado do Amapá com participação da iniciativa privada. **Cad. Saúde Pública**, v.17, n.4, p.897-907, 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (INPE.CPTEC). **Dados Observacionais**. Disponível em: <http://bancodedados.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2014.

EASTMAN, J.R.; VAN FOSSEN, M.E.; SOLARZANO, L.A. Transition potential modeling for land cover change. In: MAGUIRE, D.; BATTY, M.; GOODCHILD, M. (eds.). **GIS, spatial analysis and modeling**. Redlands, CA: ESRI Press, 2005. P. 357-386.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2006.

FOTOPOULOS, H. A. **Análise de correspondência entre o perfil socioeconômico e o poder aquisitivo das famílias de Mutum-Paraná, Distrito de Porto Velho, Brasil**. 2008. 55f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Rondônia, 2008.

GALVÃO, N. D.; YOKOO, E. M.; SANTOS, M. A.; *et al.* Vigilância epidemiológica no plano de intensificação das ações de controle de malária no estado de Mato Grosso: estudo de caso. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, p. 1933–1944, 2008.

GIL, L. H. S.; ALVES, F. P.; ZIELER, H.; *et al.* Seasonal malaria transmission and variation of anopheline density in two distinct endemic areas in Brazilian Amazonia. **Journal of medical entomology**, v. 40, p. 636–641, 2003.

GIL, L. H. S.; TADA, M. S.; KATSURAGAWA, T. H.; RIBOLLA, P. E. M.; SILVA, L. H. P.. Urban and suburban malaria in Rondônia (Brazilian Western Amazon) II. Perennial transmissions with high anopheline densities are associated with human environmental changes. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, v. 102, n. 3, p. 271-276, 2007. . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0074-02762007000300005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0074-02762007000300005&script=sci_arttext)>. Acesso em: 28 Jul. 2014.

GOMES, A. P.; VITORINO, R. R.; COSTA, A. P.; MENDONCA, E. G.; OLIVEIRA, M. G. A.; SIQUEIRA-BATISTA, R.. Malária grave por Plasmodium falciparum. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 23, n. 3, p. 358–369, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-507X2011000300015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-507X2011000300015&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 19 Nov. 2014.

GONÇALVES, C. W. **Amazônia, Amazônias**. São Paulo: Contexto, 2001.

HAHN, M. B.; GANGNON, R. E.; BARCELLOS, C.; ASNER, G.P.; PATZ, J. A.. Influence of deforestation, logging, and fire on malaria in the Brazilian Amazon. **PloS one**, v. 9, n. 1, p. e85725, 2014. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3880339&tool=pmc-entrez&rendertype=abstract>>. Acesso em: 31 Oct. 2014.

HIWAT, H.; BRETAS, G. Ecology of Anopheles darlingi Root with respect to vector importance: a review. **Parasites & vectors**, v. 4, n. 1, p. 177, 2011. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3183005&tool=pmc-entrez&rendertype=abstract>>. Acesso em: 10 Nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. 1. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

\_\_\_\_\_. **Censo demográfico de 2010, 2011**. . Rio de Janeiro. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 20 ago. 2012.

\_\_\_\_\_. **Censo demográfico de 2010, 2013**. Rio de Janeiro. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 20 ago. 2013.

\_\_\_\_\_. **Contagem populacional 2007, 2008**. Rio de Janeiro. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 20 ago. 2012.

\_\_\_\_\_. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade para o período 2000/2060**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **TERRAVIEW**. São José dos Campos, 2010. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.php>. Acesso em: 20 Jan. 2011.

\_\_\_\_\_. **Monitoramento da floresta amazônica por satélite, Projeto PRODES, 2013**. São José dos Campos, Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodesdigital> >. Acesso em: 08 out. 2013.

\_\_\_\_\_. **TERRACLASS-Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia**. Disponível em: [http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/sumario\\_terraclass\\_2010.pdf](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/sumario_terraclass_2010.pdf). Acesso em: 17 de fevereiro de 2013.

\_\_\_\_\_. **SPRING** – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/>. Acesso em: 10 Dez.2012.

KATSURAGAWA, T.H.; GIL, L. H.S.; TADA, M. S.; SILVA, L.H.P. Malária e doenças emergentes em áreas ribeirinhas do Rio Madeira. Um caso de escola. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 64, 2008.

KRUNIC, N.; BAJAT, B. KILIBARDA, M. TOSIC, D.. Modelling the spatial distribution of Vojvodina's population by using dasymetric method. **Spatium** v. 117, n. 24, p. 45–50 , 2011. Disponível em: <<http://www.doiserbia.nb.rs/Article.aspx?ID=1450-569X1124045K>>. Acesso em: 6 dez. 2014.

KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; NETER, J.; LI, W. **Applied linear statistical models**. 5.h. ed. New York: McGraw-Hill College, 2004.

LANA, R. M. **Modelos dinâmicos acoplados para simulação da ecologia do vetor Aedes aegypti**. 2009. 96f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Biomas Tropicais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

LUZ, S.L.B.; LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. Forest culicinae mosquitoes in the environs of samuel hydroelectric plant, state of Rondônia, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 91, n. 4, p. 427–432, 1996. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0074-02761996000400008&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0074-02761996000400008&lng=en&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em: 28 Mar. 2014.

MACHADO, L. A fronteira agrícola na Amazônia brasileira. In: CHRISTOFOLETTI, A.; BECKER, B. K.; DAVIDOVICH, F. R.; GEIGER, P. P. (eds.). **Geografia e meio ambiente no Brasil**. São Paulo: Hucitec, 2002. p. 181-217.

MATIAS, F. **A Ponta do Abunã**: uma questão política maior. Gente de Opinião. Disponível em: <<http://www.gentedeopinioao.com.br/lerConteudo.php?news=47906>>. Acesso em: 12 Feb. 2015.

MENNIS, J. Generating surface models of population using dasymetric mapping. **The Professional Geographer** v. 55, n. 1, p. 31–42 , 2008.

MORRISON, J. S. Seleção de variáveis no desenvolvimento de modelos. **Serasa Experien**, v. 57, p. 24–40, 2006. Disponível em: <[http://www.serasaexperian.com.br/serasaexperian/publicacoes/revistas/2006/57/revista\\_0310.htm](http://www.serasaexperian.com.br/serasaexperian/publicacoes/revistas/2006/57/revista_0310.htm)>.

MOUTINHO, P. R; GIL, L. H. S.; CRUZ, R. B.; RIBOLLA, P. E. M. Population dynamics , structure and behavior of Anopheles darlingi in a rural settlement in the Amazon rainforest of Acre , Brazil Population dynamics , structure and behavior of Anopheles darlingi in a rural settlement in the Amazon rainforest of Acre. **Malaria Journal**, v. 10, n. 1, p. 174, 2011. Disponível em: <<http://www.malariajournal.com/content/10/1/174>>.

NÚCLEO DE APOIO À POPULAÇÃO RIBEIRINHA (NAPRA). **Comunidades apoiadas**. NAPRA. 2010 Disponível em: <<http://www.napra.org.br/comunidades-apoiadas/>>. Acesso em: 12 Feb. 2015.

NEWMAN, M.E.J. The structure and function of complex networks. **SIAM review**, v. 45, p. 89, 2003. Disponível em: <<http://epubs.siam.org/doi/abs/10.1137/S003614450342480>>. Acesso em: 28 Mar. 2014.

NOGUEIRA, R. P. **Determinação social da saúde e reforma sanitária**. Rio de Janeiro: Cebes, 2010.

OLSON, S. H.; GANGNON, R.; SILVEIRA, G. A.; PATZ, J. A. Deforestation and malaria in Mâncio Lima County, Brazil. **Emerging infectious diseases**, v. 16, n. 7, p. 1108–15, 2010. Disponível em:

<<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3321904&tool=pmc-entrez&rendertype=abstract>>. Acesso em: 20 Jan. 2014.

OSÓRIO, Q.L.; DUTARY, T. B.; TADEI, W. P. Biologia de anofelinos amazônicos. XXI ocorrência de espécies de Anopheles e outros culicídeos na área de influência da hidrelétrica de Balbina, cinco anos após o enchimento do reservatório. **Acta Amaz**, v. 26, p. 281-296, 1996.

PINHEIRO, T. T.; GOÉS, K. O. C.; NASCIMENTO, A. I.; SILVA, M. G. S. N.. Um modo de produção no espaço ribeirinho: um estudo no Distrito de Nazaré/RO. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEOGRAFIA AGRÁRIA, 21., 2012, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2012, p. 1–14,

PEDROSA, B. M.; CÂMARA, G. Aspectos conceituais da modelagem dinâmica espacial. In: WORKSHOP DOS CURSOS DE COMPUTAÇÃO APLICADA DO INPE, 1. (WORCAP), 2001, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. p. 106-108. CD-ROM; On-line. Disponível em:<<http://urlib.net/lac.inpe.br/worcap/2004/09.06.17.43>>. Acesso em: 05 mar. 2015.

PEDROSA, B. **Ambiente computacional para modelagem dinâmica espacial**. 2003. 111 p. (INPE-10288-TDI/907). Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003. Disponível em:<<http://urlib.net/sid.inpe.br/jeferson/2003/10.08.14.50>>. Acesso em: 05 mar. 2015.

PINEDO-VASQUEZ, M.; PADOCH, C.; SEARS, R. R.; BRONDIZIO, E. S.; DEADMAN, P. **Urbano e rural**: famílias multi-instaladas, mobilidade e manejo dos recursos de várzea na Amazônia. n. 11, p. 43–56, 2008. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/271/419>>. Acesso em: 5 Feb. 2014.

PORTO VELHO. **Lei Complementar, no. 311**, de 30 de Junho de 2008 (Plano Diretor do município de Porto Velho - Rondônia). 2008.

PORTO, M. F. S. P. **Uma ecologia política dos riscos** – princípios para integrarmos o local e o global na promoção da saúde e da justiça ambiental. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2007. 248p.

OLIVEIRA, A. T. R.. Algumas abordagens teóricas a respeito do fenômeno migratório. In: OLIVEIRA, L. A. P.; OLIVEIRA, A. T. R. (Org.). **Reflexões sobre os deslocamentos populacionais no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

OLIVEIRA, C. N.; SILVA, V. N.; SILVA, M. G. S. N. A participação da mulher no processo da produção da farinha no assentamento rural Joana D'arc II em Rondônia. In: SEMINÁRIO REGIONAL NORTE E NORDESTE DE PÓS

GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, 3., 2012, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2012.

RABELLO, A. C.; FERREIRA, L. F. (Re)colonizando o Sudoeste da Amazônia - Corumbiara/RO (1975-2005). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 23., 2005, Londrina. **Anais...** Londrina: ANPUH, 2005. p. 1–7.

REY, L. **Bases da parasitologia médica**. 2 Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

RIBEIRO, D. **O povo brasileiro: a formação e o sentido do Brasil**. 2. Ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

ROCHA, S. Em 2013, construção civil foi o setor que mais demitiu em Porto Velho. **G1**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/01/em-2013-construcao-civil-foi-o-setor-que-mais-demitiu-em-porto-velho.html>>. Acesso em: 16 Mar. 2015.

ROCHA, L. M. **Avaliação do TCU sobre o programa nacional de controle da malária**. Brasília: TCU, 2004

ROMI, R.; BOCCOLINI, D.; VALLORANI, R. *et al.* Assessment of the risk of malaria re-introduction in the Maremma plain (Central Italy) using a multi-factorial approach. **Malaria Journal**, v. 11, p. 98, 2012.

RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. **Acervo técnico de Zoneamento. 2000**. Disponível em: <<<http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/acervo-tecnicozoneamento.html>>>. Acesso em: 30 de Janeiro de 2015.

RUSSEL, F.P. **Man`s mastery of malaria**. New York: Oxford University press, 1955. 308 p.

SABROZA P.C.; KAWA, H., CAMPOS, W.S.Q. Doenças transmissíveis ainda um desafio. In: MINAYO, M. C. S (Org.). **Os muitos Brasis – saúde e população na década de 80**. São Paulo/Rio de Janeiro: Editora Huscitec-Abrasco; 1995. p. 177-244.

SALCEDO, J.M.V.; CAMARGO, E. P.; KRIEGER, H.; SILVA, L.H.P.; CAMARGO, L.M.A. Malaria control in an Agro-industrial settlement of Rondônia (Western Amazon Region, Brazil). **Mem Inst Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 95, n. 2, p. 139-145, Mar/Apr.2000.

SANTANA, F. M. O plebiscito e a batalha de extrema. **Gente de Opinião**. Porto Velho. 26/06/2012. Disponível em: <<http://www.gentedeopinioao.com.br/lerConteudo.php?news=98352>>. Acesso em: 12 Feb. 2015.

SANTOS, Milton. **Técnica, espaço e tempo**. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

SANTOS, M. **A Natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Edusp, 2008.

SARAIVA, M. G. G.; AMORIM, R. D. S.; MOURA, M. A. S.; MARTINEZ-ESPINOSA, 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, n. 5, p. 515-522, 2009.

SATLER, D. **A As redes para além dos rios : urbanização e desequilíbrios na Amazônia Brasileira**. 2009. 204f. Tese (Doutorado em Planejamento Regional). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SAWYER, D. O.; MONTE-MÓR, R. L. **Malaria prevalence and environmental factors in early stages of settlement project**. Belo Horizonte: Cedeplar, 1992.

SEDAM. Secretaria de Desenvolvimento Ambiental. **Monitoramento meteorológico**. Disponível em: <http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/simego>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2014.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO/SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE (SEMUSA). Plano complementar de ação de controle da malária nas áreas de influência direta e indireta da UHE Santo Antônio, no município de Porto Velho, Estado de Rondônia. 2012. p. 1–21.

SINGER, B. H.; CASTRO, M. C. Agricultural colonization and malaria on the Amazon frontier. In: WEINSTEIN, M.; HERMALIN, A.; STOTO, M. A. (Eds.). **Population health and aging: strengthening the dialogue between epidemiology and demography.**, 2001. v.954, p. 184-222. Annals of the New York Academy of Sciences.

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, J. R.. **Redes de aviamento da borracha e a organização espacial de Fortaleza do Abunã/Amazônia**. 2010. 190 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Rondônia, 2010.

SILVA-FILHO, G. A. Topomínia de Rondônia. **Revista Brasileira de Geografia/IBGE**, v. 53, n. 3, 1995.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L. M. *et al.* Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**, v. 440, n. 7083, p. 520–3, 2006. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16554817>>. Acesso em: 20 Jan. 2014.

SOLIGO, V.. Indicadores : Conceito e complexidade do mensurar em estudos de fenômenos sociais. **Est. Aval. Educ.**, v. 23, n. 52, p. 12–25, 2012.

SOUZA, T. F.; SILVA, J. C.; SIMÃO, F. B.. Migração interna de camponeses: O caso da Comunidade Marco Azul em Porto velho (RO). **V Encontro Nacional de Anppas**, 2010

SOUZA, R. M. S.; MANIESI, V.. A organização do espaço Amazônico e seus reflexos nos lugares: um estudo de caso na zona rural de Porto Velho (RO). **Revista de Geografia**, v. 21, n. 1, p. 65–83, 2012.

SZWARCWALD, C. L.; CASTILHO, E. A. Proposta de um modelo para desagregar projeções demográfica de grandes áreas e seus componentes geográficos. **Rev. Saúde públ.**, v. 23, n. 4, p. 269–276, 1990.

TADEI, W.P.; MASCARENHAS, B. M.; PODESTÁ, M.G.. Biologia de Anofelinos Amazônicos. VIII – Conhecimentos sobre a distribuição de espécies de anopheles na Região de Tucuruí-Marabá (Pará). **Acta Amazônica**, v.13, n. 1, p. 103-140, 1983.

TADEI, W.P.; THATCHER, B. D.; SANTOS, M. M. J.; SCARPASSA, V.M.; RODRIGUES, I. B.; RAFAEL, M.S.. Ecologic Observations on anopheline vectors of malaria in the Brazilian Amazon. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, v. 59, n. 2, p. 325-335, 1998.

TADEI, W. P.; DUTARY THATCHER, B. Malaria vectors in the Brazilian amazon: Anopheles of the subgenus Nyssorhynchus. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 42, n. 2, p. 87–94, 2000. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10810323>>.

TAUIL, P. et al. A malária no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 1, n. 1, p. 71–111, 1985.

. Universidade Federal do Paraná (UFPR). **aRT – R –TerraLib-API**. Disponível em: <http://www.leg.ufpr.br/doku.php/software:art>. Acesso em: 03 Mar. de 2013.

VALDÉS, A. C. O. **Mobilidade espacial e distribuição da leishmaniose tegumentar na Região Amazônica**. 2012. 125f. Dissertação (Mestrado em Saúde). ESNP/ Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012.

VALERIANO, M. M.; ALBUQUERQUE, P. C. G. **TOPODATA : processamento dos dados SRTM**. São José dos Campos: Inpe, 2010. Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2010/05.10.18.42>>.

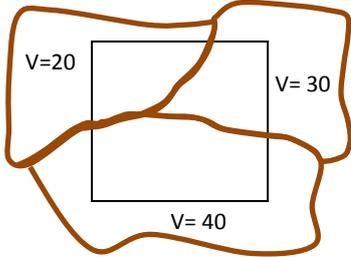
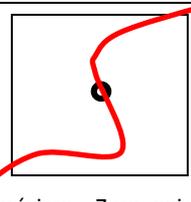
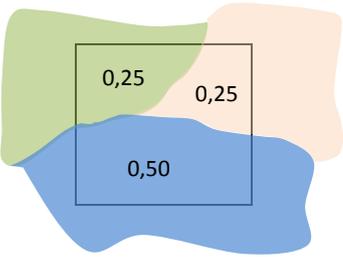
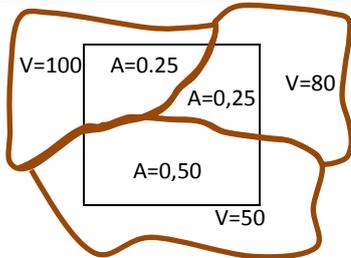
VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 300–309, 2011.

- VELDEN, F. V. . Karitiana. In: **Enciclopédia povos indígenas do Brasil**. Instituto Sócio-Ambiental (ISA), 2005. Acesso em 31 de janeiro, 2015, em <http://pib.socioambiental.org/pt/pt/povo/karitiana>
- VELDKAMP, A.; FRESCO, L. CLUE-CR: an integrated multi-scale model to simulate land use change scenarios in Costa Rica. **Ecological Modeling**, v. 91, p. 231-248, 1996.
- VELDKAMP, A.; LAMBIN, E. F. Predicting land-use change. **Agriculture Ecosystems & Environmental**, v.85, p.1–6, 2001.
- VERBURG, P. H.; VELDKAMP, S. W.; ESPALDON, R.L.V.. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. **Environmental management**, v. 30, n.3, p.391–405, 2002. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12148073>>. Acesso em: 12 Jul. 2014.
- VERGOTTI, J. D. P. L. **Avaliação do desenvolvimento sustentável do projeto de assentamento Joana D’arc III** - Ano 2012. Porto Velho: Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, 2013.
- VILELLA, T. C. S. **Da borracha às turbinas** - a produção do espaço de Porto Velho - RO. 2008. 106 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Rondônia, 2008.
- VITTOR, A.Y.; PAN, W.; GILMAN, R. H.; TIELSCH, J.; GLASS, G.; SHIELDS, T.; SÁNCHEZ-LOZANO, W.; PINEDO, V.V.; SALAS-COBO, E.; FLORES, S.; PATZ, J.A. Linking deforestation to malaria in the Amazon: characterization of the breeding habitat of the principal malaria vector, *Anopheles darlingi*. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, v.81, n. 1, p. 5-12, 2009.
- WANDERLEY, H. S.; AMORIM, R. F. C.; CARVALHO, F. O.. Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados pluviométricos para o estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 3, p. 347–354, 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-77862012000300009&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-77862012000300009&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em: 19 Nov. 2014.
- WANDERLEY, D. M.; DE ANDRADE, J. C.; MENEGUETTI, L. C.; CHINELATTO, M.J.; DUTRA, A.P. Malária no estado de São Paulo, Brasil, 1980 a 1983. **Revista de Saude Publica**, v. 19, p. 28–36, 1985.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Malaria Report 2014**. Geneva: WHO, 2014. Disponível em: <[http://www.who.int/malaria/publications/world\\_malaria\\_report\\_2013/report/en/#.U5ir3a1JlxQ.mendeley](http://www.who.int/malaria/publications/world_malaria_report_2013/report/en/#.U5ir3a1JlxQ.mendeley)>. Acesso em: 11 Jun. 2014.
- WRIGHT, J. T. C.; SPERS, R. G.. Aspectos metodológicos e cenários. **Estudos Avancados**, v. 20, n. 56, p. 13–28, 2006.

WIRTSCHAFTS UNIVERSITÄT WIEN. Institute for Statistics and Mathematics.  
**R 3.0.2.** Disponível em: <http://www.r-project.org/>. Acesso em: 28 de Julho de 2014.



## APÊNDICE A- PREENCHIMENTO DE CÉLULAS

DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES DE PREENCHIMENTO DE CÉLULAS UTILIZADAS		
Operador	Descrição	Exemplo
Valor médio	Determina a média de todos os valores numéricos que estão contidos no espaço delimitado pela célula e o atribui como sendo o valor de representação da célula.	 <p>Valor médio <math>= (20+30+40)/3</math></p>
Distância mínima	É a menor distância dentre todas as geometrias contidas na célula em relação ao centro da célula.	 <p>Distância mínima = Zero, pois passa no centro da célula.</p>
Porcentagem total de intersecção	É a porcentagem total de área de intersecção entre a célula e o plano de informação.	 <p>0.70</p>
Porcentagem de cada classe	Determina a porcentagem da área da célula que está coberta por cada classe do plano de informação inserido. Ao fim cria-se uma coluna com cada classe com a representação dos valores.	 <p>0,25 0,25 0,50</p>
Soma ponderada pela área de intersecção	Faz a leitura do atributo (V) de todos os polígonos que fazem intersecção com a célula atribuindo pesos a cada um desses atributos segundo o valor da área (A) de intersecção.	 <p><math>= (0,25*100) + (0,25*0,80) + (0,50*50)</math></p>



## **APÊNDICE B – ESTIMATIVA POPULACIONAL**

A população de 2011 (população do meio do período) necessária para se calcular o IPA do período 2010-2012 foi interpolada utilizando a contagem populacional de 2007 e a população do censo demográfico de 2010, ambas do IBGE. Foi utilizado o método linear ajustado pelo geométrico, por ser o mais adequado a estimativa de pequenas populações (SZWARCOWALD et al., 1989).

Contudo, para estimar a população entre 2014 - 2020, necessárias para a simulação dos cenários foi utilizado o método linear ajustado pela projeção da população realizada pelo IBGE até 2060 (IBGE, 2013). A necessidade de se alterar a população de ajuste se deve as mudanças demográficas do município de Porto Velho. O crescimento populacional observado entre 2007 e 2010 foi muito elevado, em decorrência da instalação das usinas hidrelétricas e, portanto o mesmo não é esperado para os próximos anos.

Deve-se ressaltar que a projeção populacional até 2060 do IBGE foi realizada apenas para as unidades de federação. Assim, foi calculado a proporção da população do município de Porto Velho referente a população do estado de Rondônia. Do mesmo modo foi feito para estimar apenas a população rural do município de Porto Velho.



## APÊNDICE C – INDICADORES AMBIENTAIS E SOCIAIS

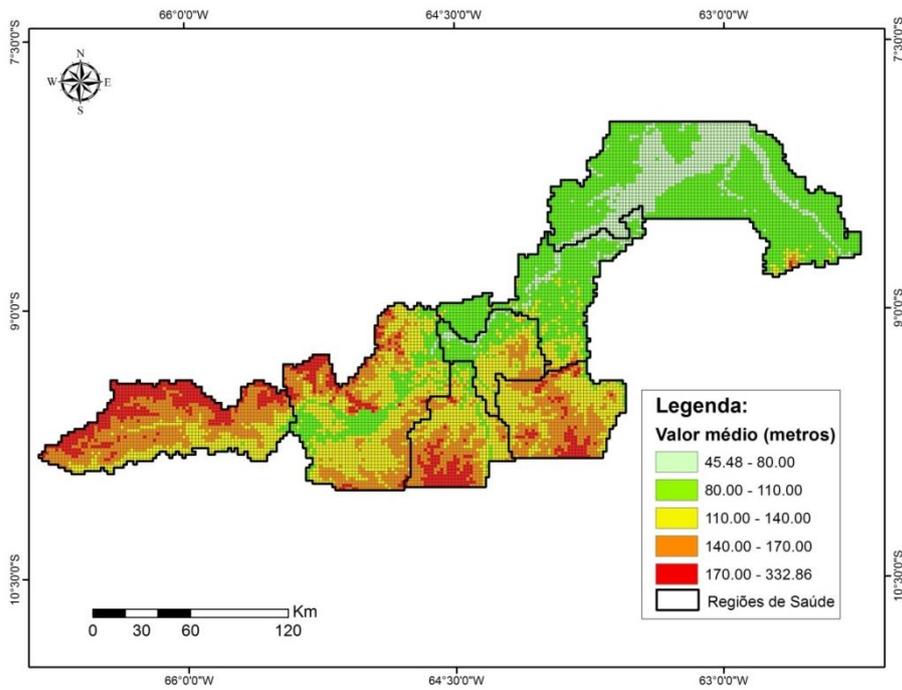


Figura C. 5- Altimetria média

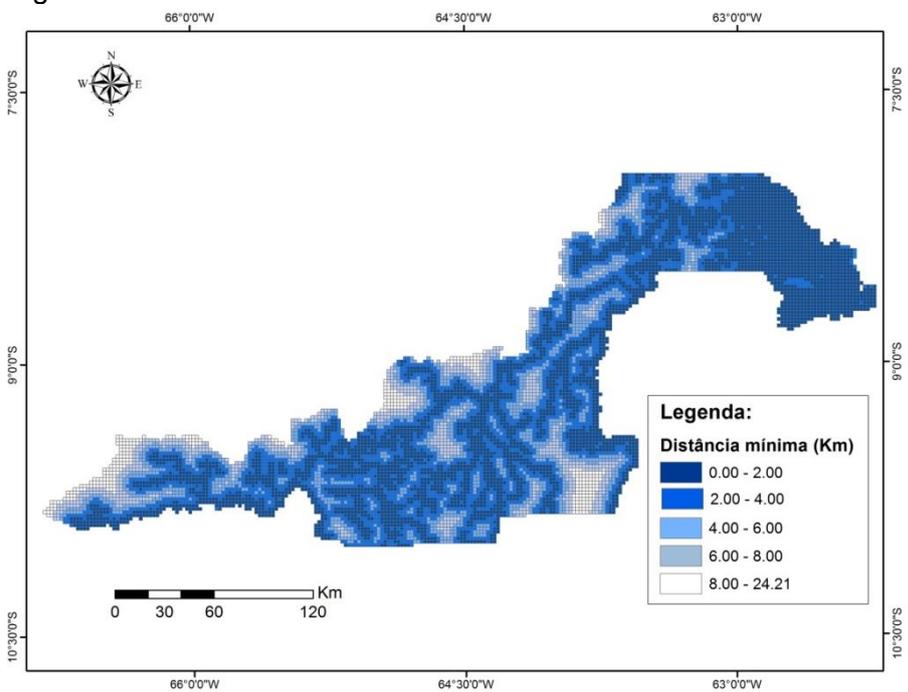


Figura C. 6- Distância mínima a rios

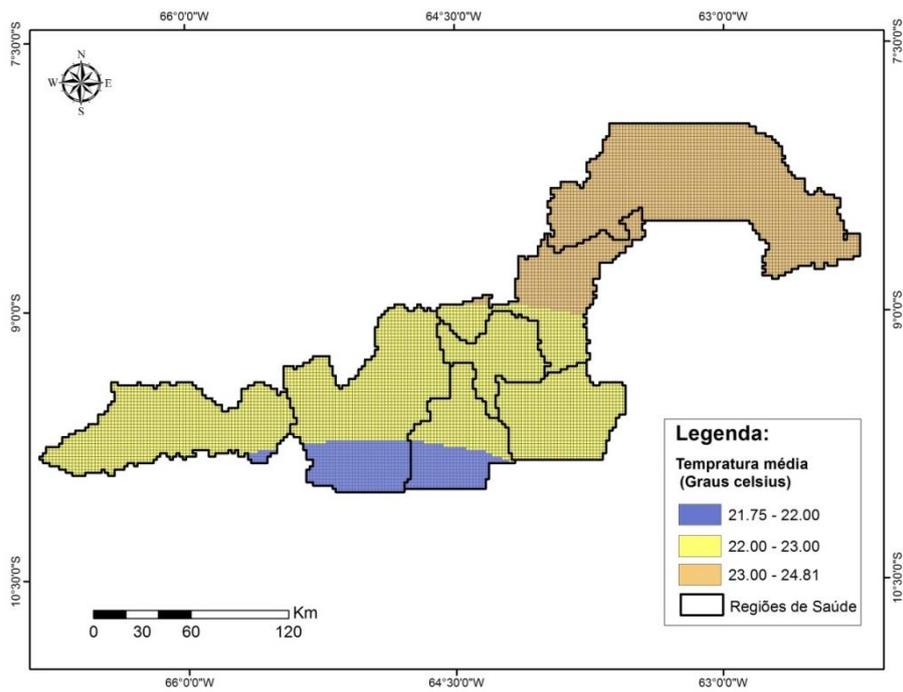


Figura C. 7 - Temperatura média dos meses mais secos

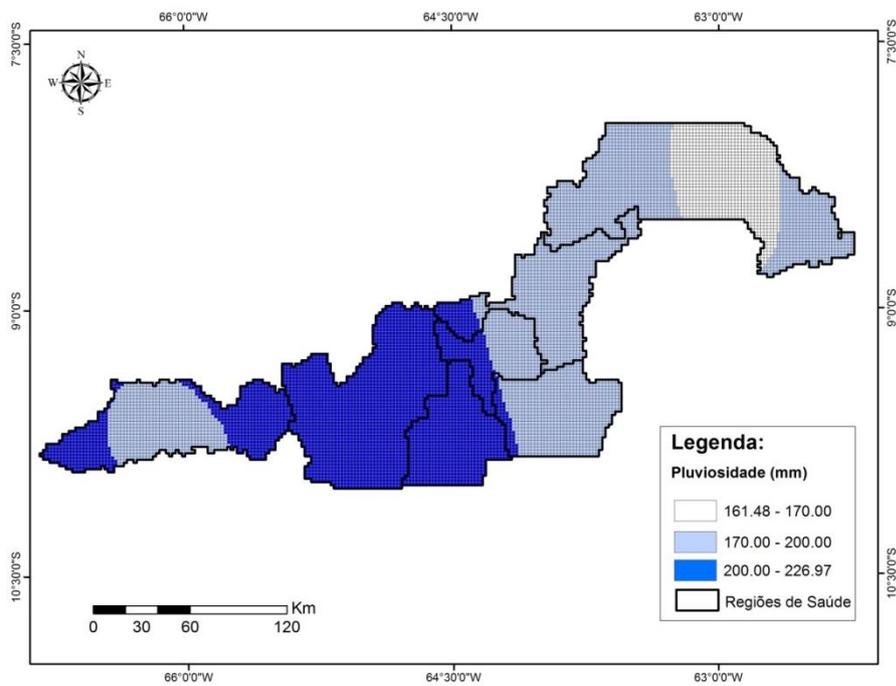


Figura C. 8 - Chuva acumulada dos meses mais secos

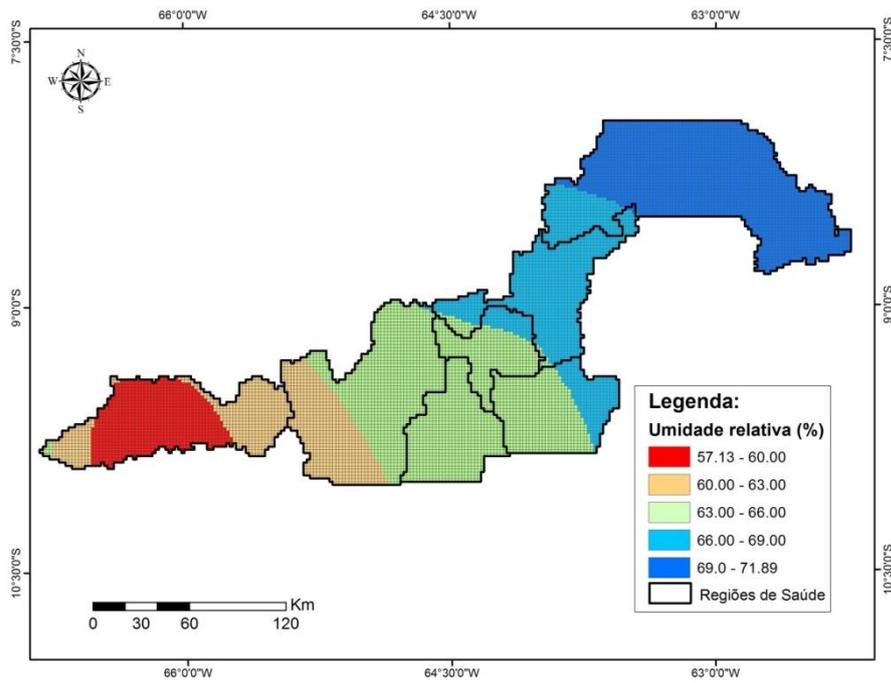


Figura C. 9- Umidade relativa média dos meses mais secos

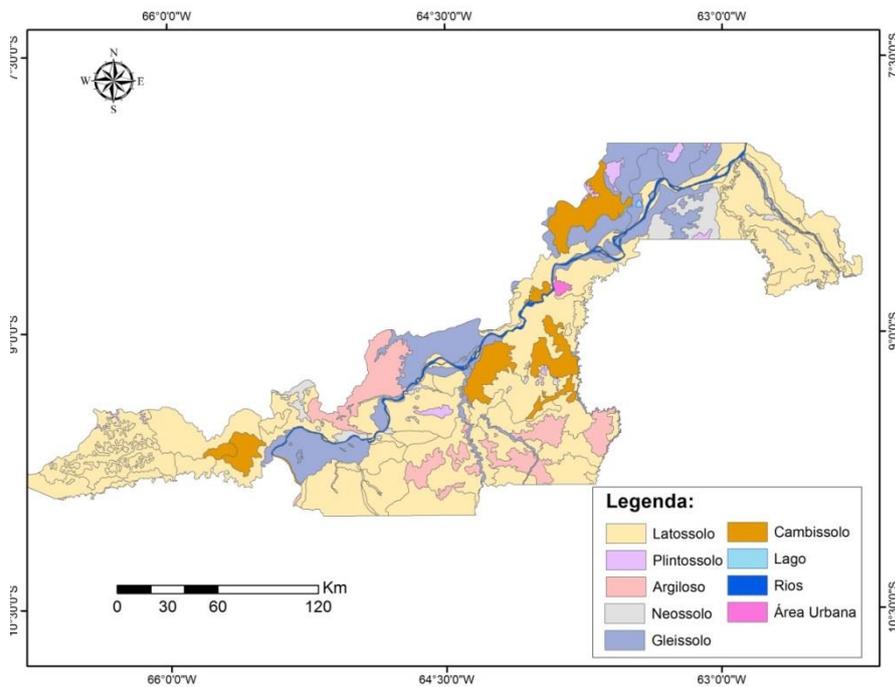


Figura C. 10 – Classificação de Solos

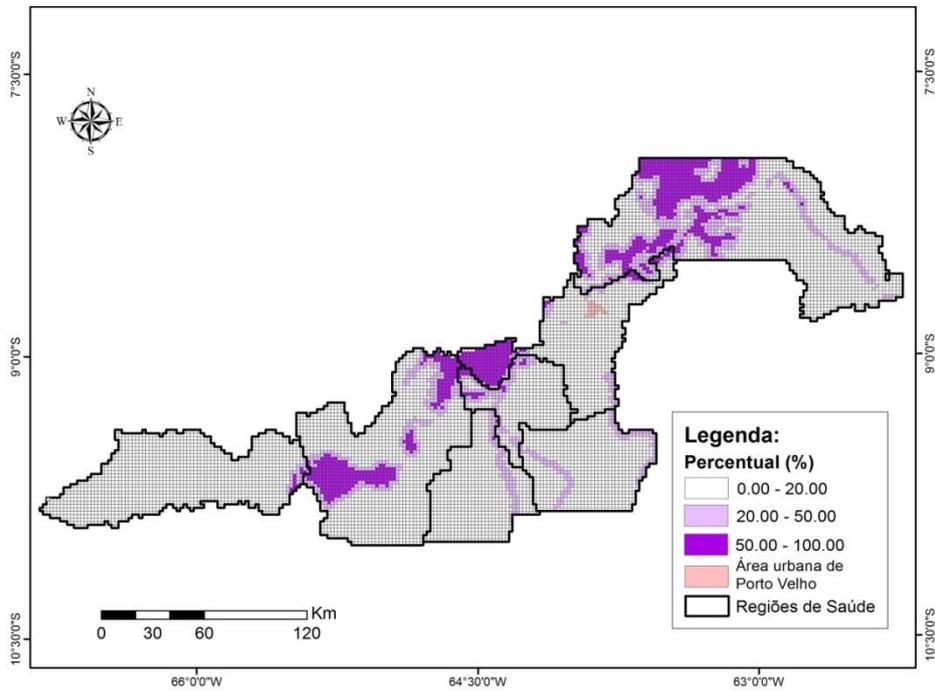


Figura C. 11- Percentual de Gleissolo

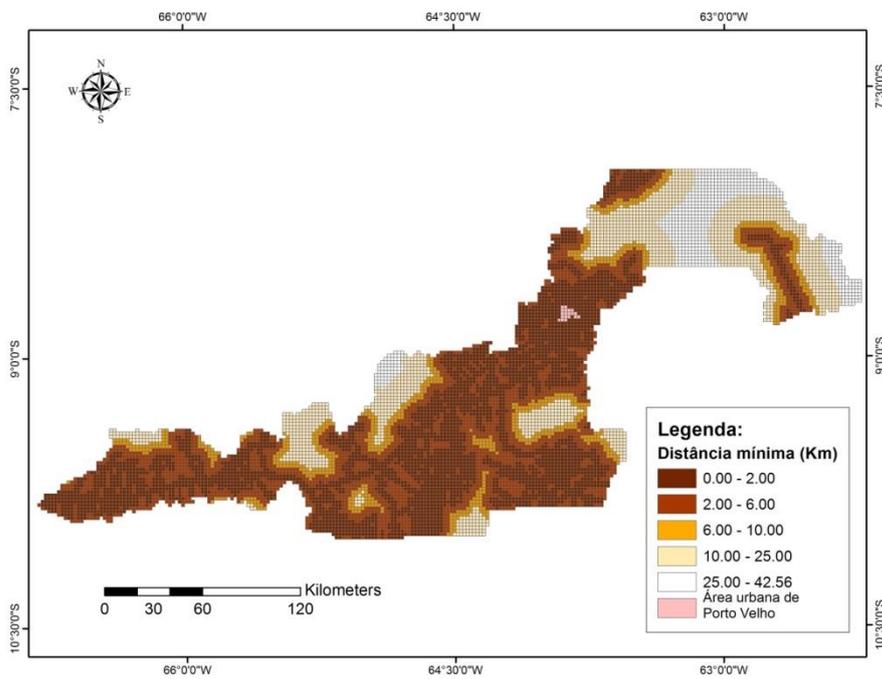


Figura C. 12 - Distância mínima a rodovias

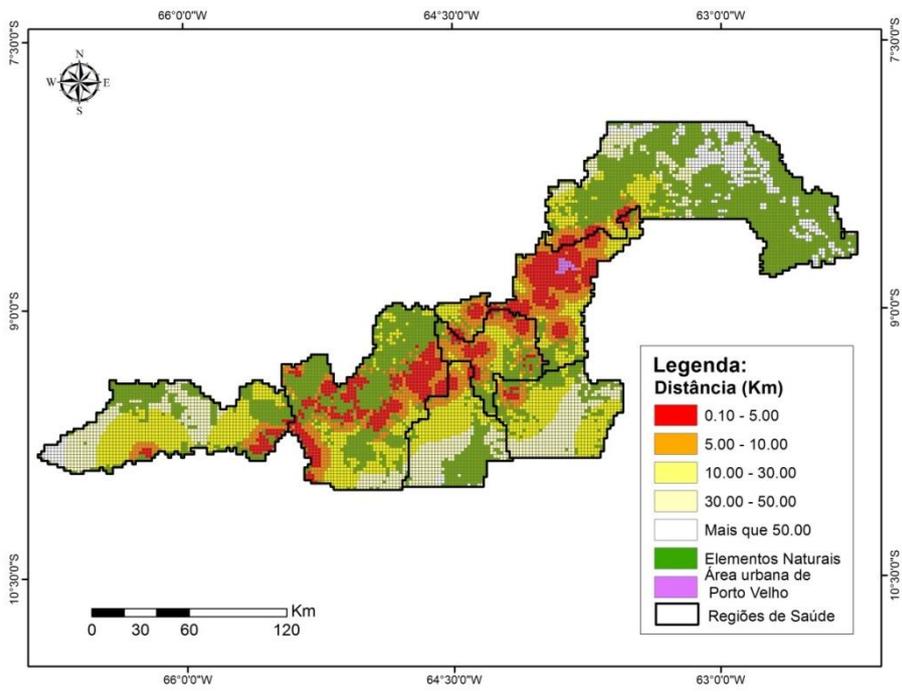


Figura C. 13 - Distância mínima a garimpos

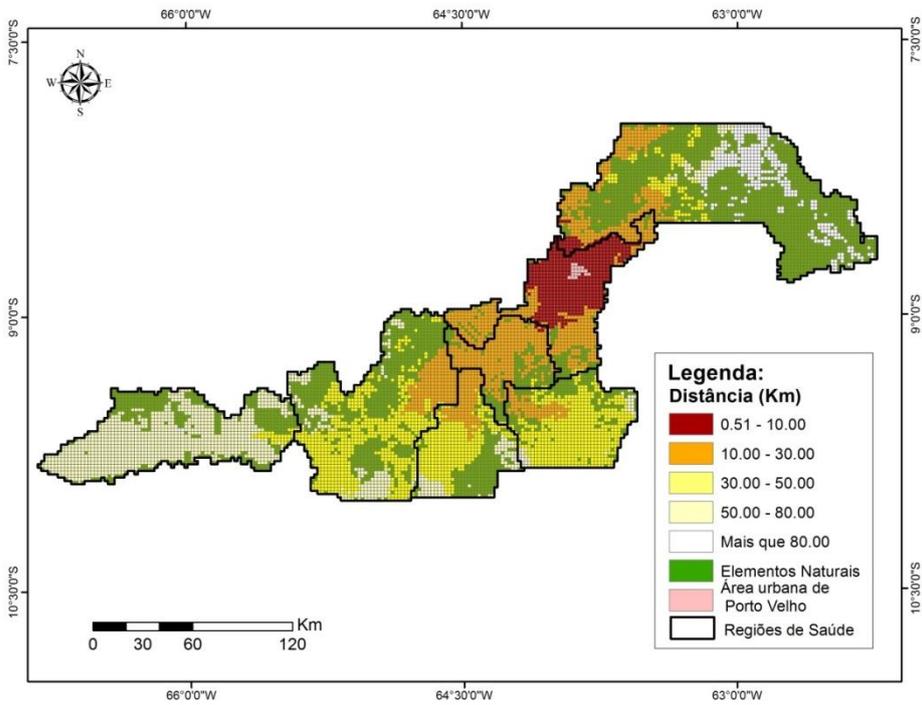


Figura C. 14 - Conexão com a área urbana (GPM)

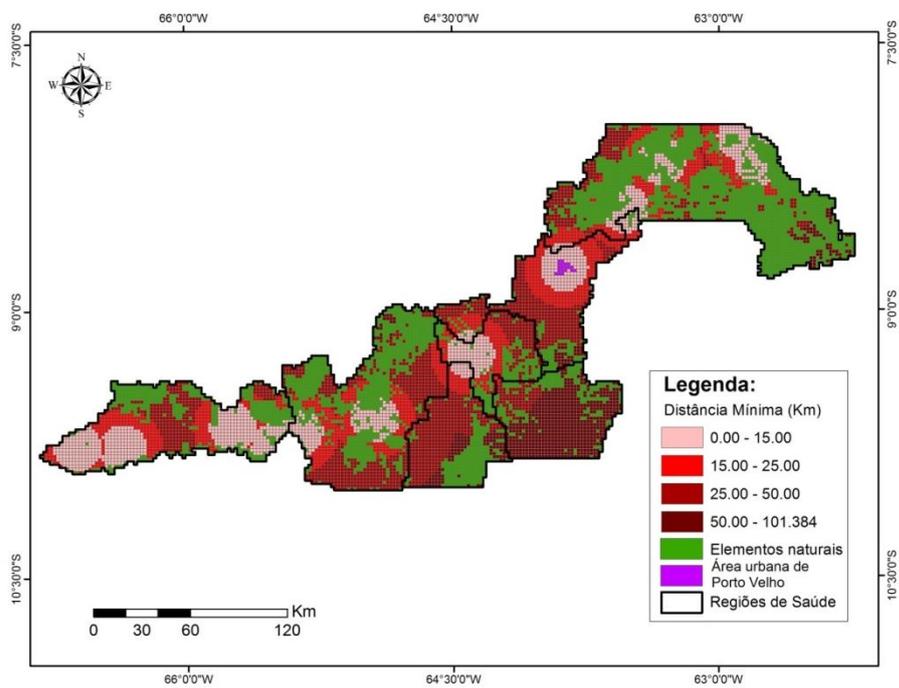


Figura C. 15 - Distância mínima a núcleos urbanos

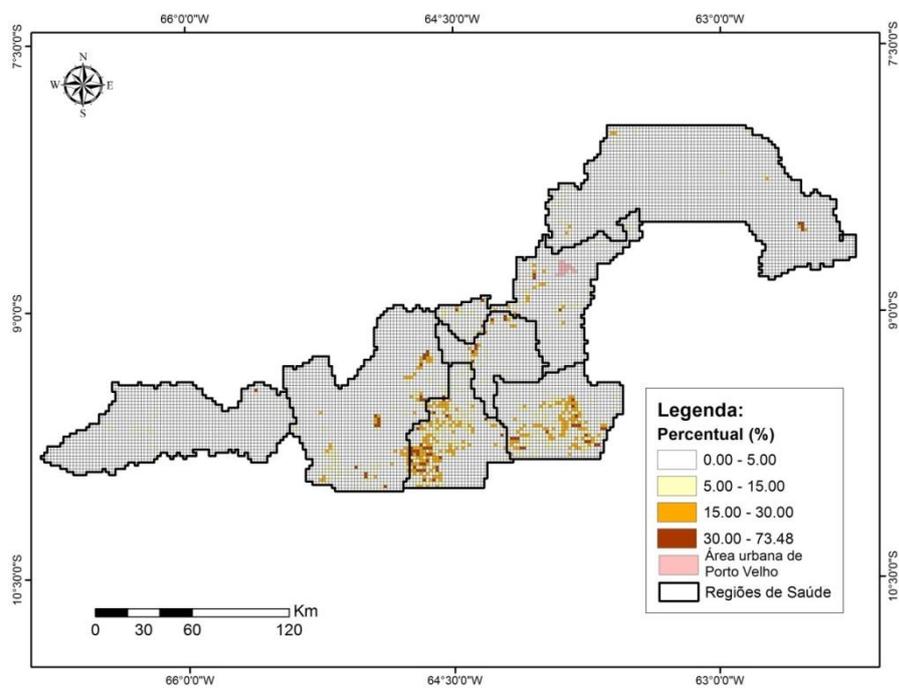


Figura C. 16 - Percentual de incremento de desmatamento 2010 – 2012

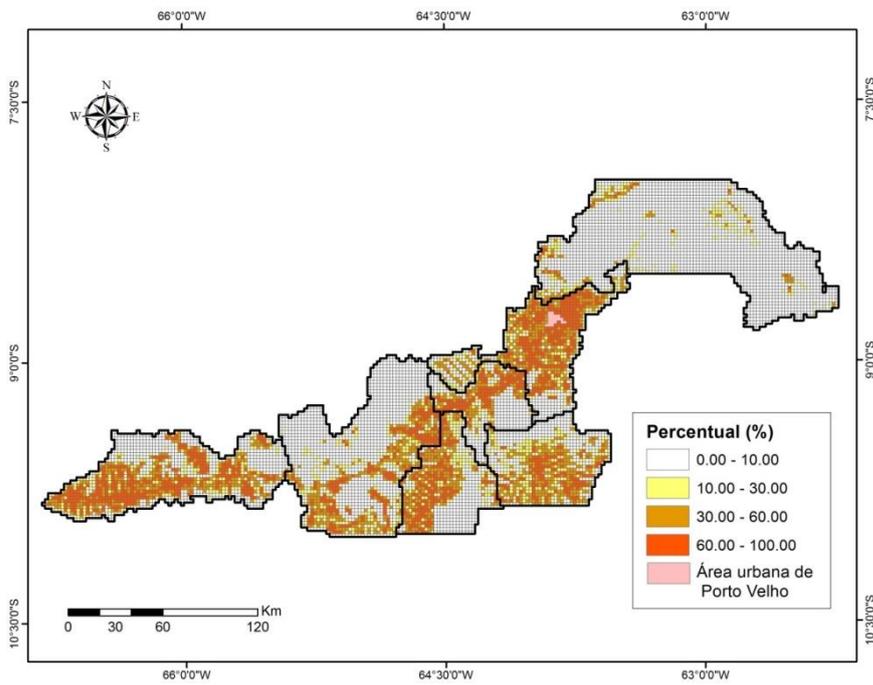


Figura C. 17 - Percentual de área desmatada até 2012

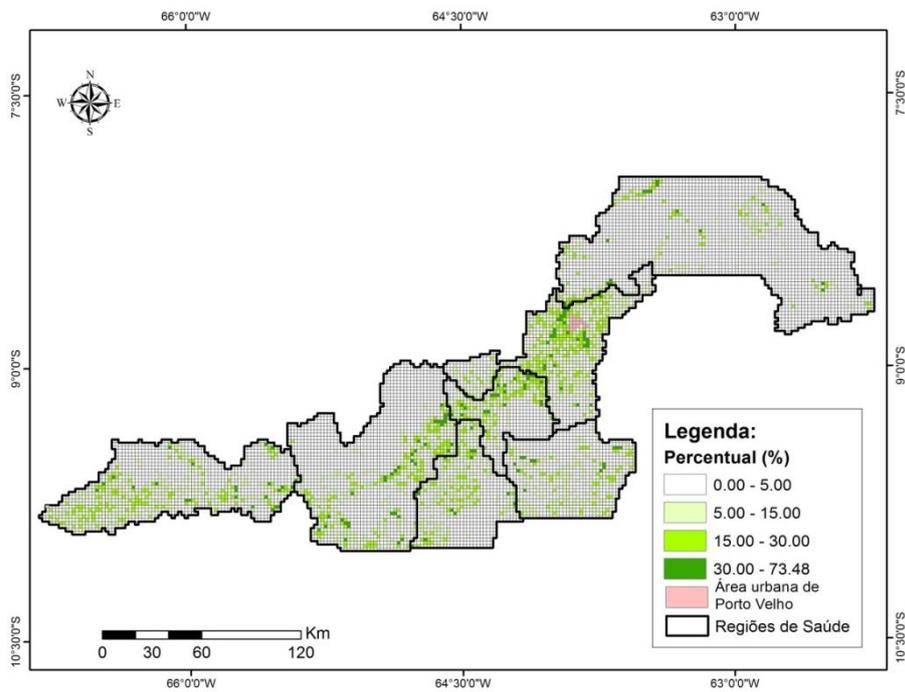


Figura C. 18 - Vegetação secundária

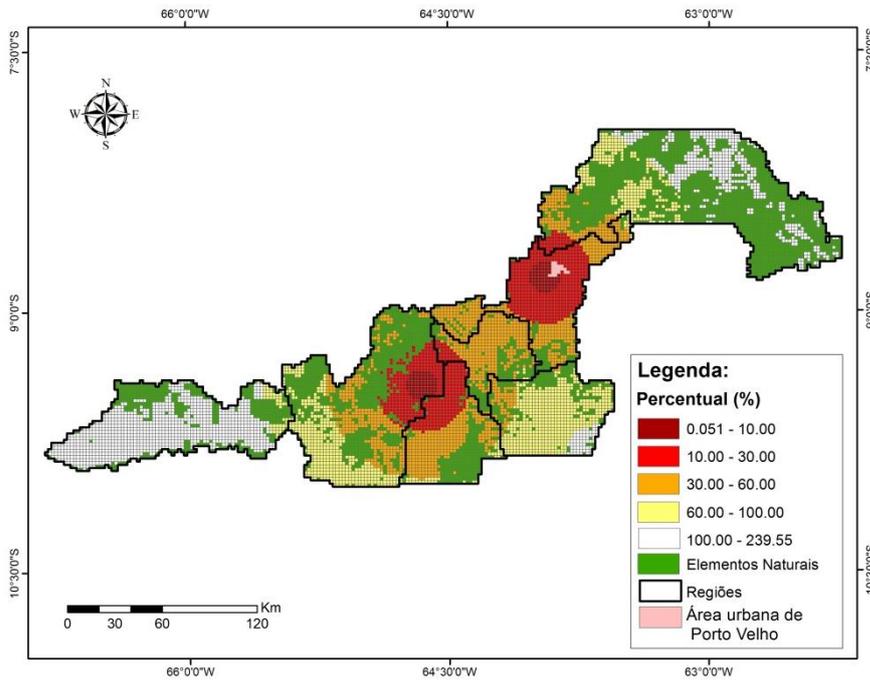


Figura C. 19 - Distância mínima as hidrelétricas

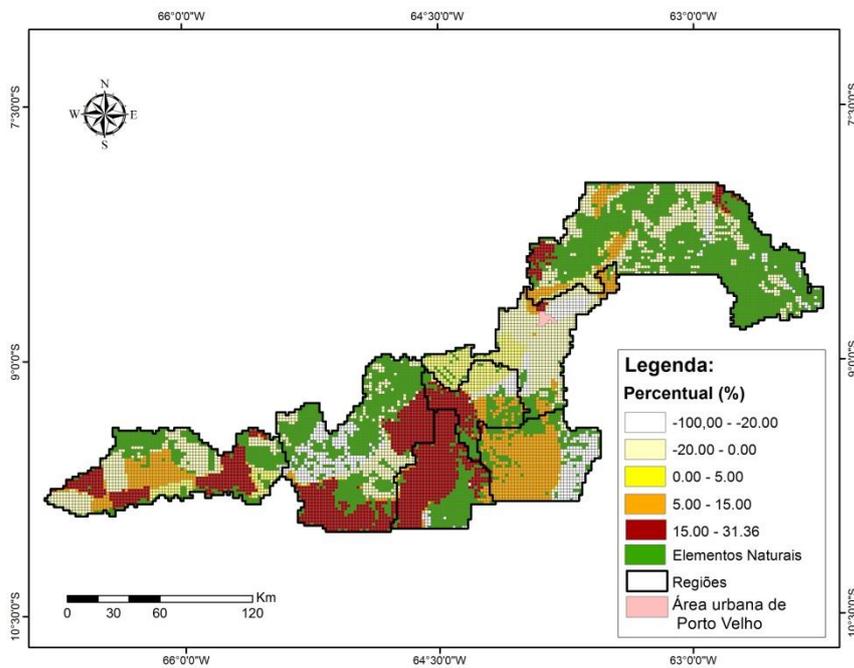


Figura C. 20 – Percentual de crescimento populacional entre 2007 – 2010

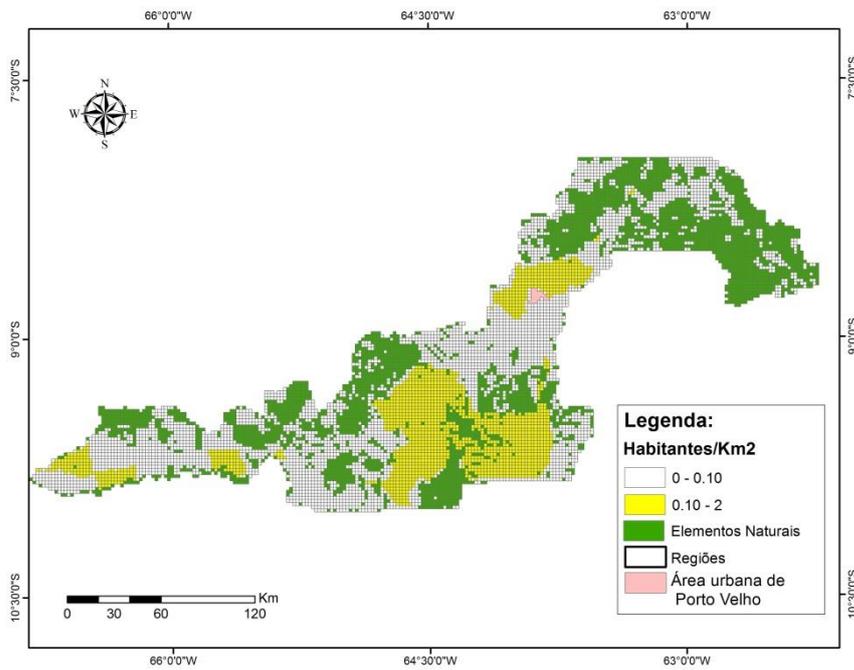


Figura C. 21 – Densidade demográfica – 2010

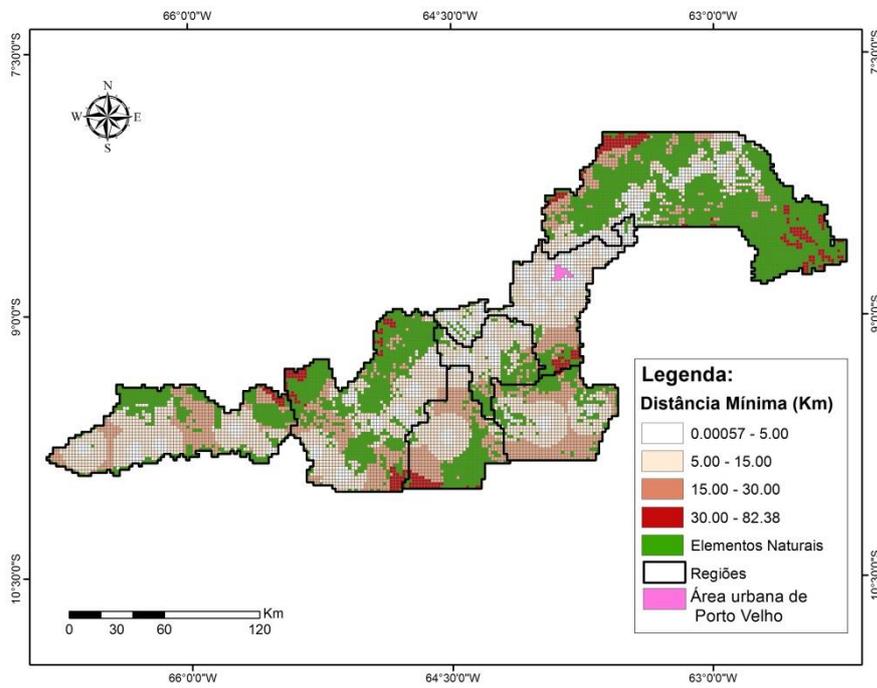


Figura C. 22 -Distância mínima aos laboratórios

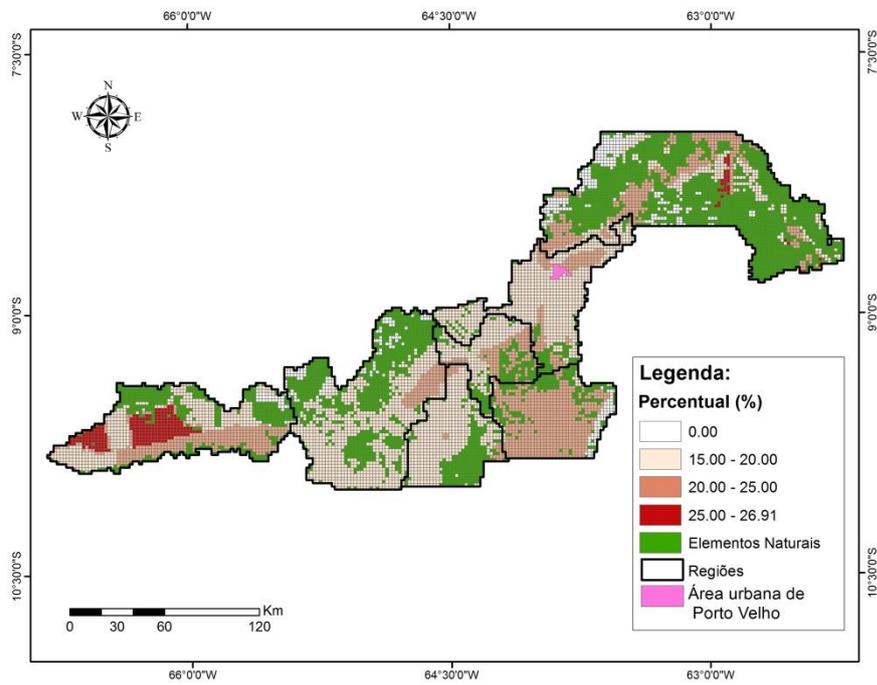


Figura C. 23 - Percentual de tratamento oportuno

**APÊNDICE D – Coeficiente de correlação entre o Índice Parasitário Anual (variável dependente) e os indicadores sociais e ambientais (variáveis independentes), por região de saúde, do município de Porto Velho (RO)**

	IPA 2 <sup>a</sup> /8 <sup>a</sup>	IPA 3 <sup>a</sup>	IPA 4 <sup>a</sup>	IPA 5 <sup>a</sup>	IPA 6 <sup>a</sup>	IPA 7 <sup>a</sup>	IPA 9 <sup>a</sup>
Valor médio da altitude	0.30	-0.24	-0.40	-0.33	-0.37	-0.13	-0.18
Distância mínima a rios	-0.07	0.14	-0.20	-0.08	-0.37	-0.07	-0.17
Temperatura média	0.47	0.85	-0.41	-0.50	-0.04	0.26	0.25
Média da chuva acumulada	0.26	-0.59	-0.28	0.45	0.20	-0.17	0.01
Umidade média	-0.53	0.85	-0.15	-0.53	0.03	0.33	0.04
Percentual de vegetação secundária	0.16	0.23	0.07	0.11	0.13	-0.04	-0.09
Percentual de área desmatada	0.08	0.19	-0.07	0.07	0.09	-0.25	-0.13
Percentual de incremento de desmatamento	0.09	-0.05	-0.05	-0.04	0.00	-0.16	-0.11
Distância mínima a rodovias	-0.12	-0.22	0.02	-0.37	-0.35	0.39	0.28
Percentual de solo gleissolo	-0.06	-0.02	0.15	0.20	0.32	0.17	0.25
Percentual de vegetação do tipo ombrófila aberta	0.03	-0.36	-0.05	-0.22	-0.27	-0.14	0.01
Percentual de área de interesse especial	-0.15	-0.13	0.17			0.38	0.33
Distância mínima a hidrelétrica	-0.35	0.33	-0.27	-0.50	-0.26	-0.12	-0.27
Percentual de vegetação	-0.01	-0.28	0.08	-0.28	0.01	0.23	0.02
Percentual de classe mosaico (uso da terra)	-0.10	-0.03	0.00	-0.04	-0.02	-0.06	-0.02
Percentual de classe outros (uso da terra)	0.00	0.06	0.05	0.04	0.01	0.06	-0.01
Percentual de classe agricultura (uso da terra)	-0.10	-0.05	-0.01	0.06			-0.01
Percentual de classe urbano (uso da terra)	0.01	-0.11	-0.03	0.06	0.07	-0.20	-0.01
Percentual de classe pasto (uso da terra)	0.03	0.16	-0.09	0.04	-0.02	-0.16	-0.07
Distância mínima a assentamentos recentes	0.32	0.06	-0.31	0.05	-0.03	0.19	-0.28
Distância mínima a garimpo	-0.17	-0.12	-0.27	-0.65	-0.43	-0.10	-0.10
Densidade demográfica	-0.32	-0.62	-0.02	0.49	0.12	-0.43	-0.01
Percentual de crescimento populacional	0.18	-0.65	-0.07	-0.01	-0.31	-0.33	0.12
Distância mínima a centros urbanos	0.09	0.40	0.17	-0.17	-0.68	0.00	-0.22
Percentual de tratamento oportuno	-0.40	-0.39	0.34	0.23	0.48	-0.77	0.06
Distância mínima a laboratórios	0.05	-0.30	-0.10	-0.19	-0.44	0.03	0.16
Conexão a área de urbana (GPM)	-0.07	-0.59	-0.01	-0.49	-0.07	-0.20	-0.24



## ANEXO A

INSTITUTO DE CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA CAMPUS SÃO  
JOSÉ DOS CAMPOS - UNESP



Continuação do Parecer: 470.522

encontrada em áreas mais preservadas, ou mesmo dentro da floresta. Os determinantes da malária se materializam nos três contextos, porém a magnitude da doença é muito mais elevada nas paisagens antropizadas (assentamentos agrícolas, garimpos, hidrelétricas) e nas paisagens construídas (periferias urbanas). Desde o final da década 80, a Epidemiologia tem incorporado diversas ferramentas e metodologias de análise espacial nas análises de situações de saúde. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), principalmente, foram incorporados com grande adesão nos estudos ecológicos, mesmo que no princípio seu uso tenha sido limitado à interpretação visual dos mapas. O desafio atual da representação de dados espaciais consiste na representação computacional da dinâmica dos processos territoriais, indo além da simples inserção de uma série temporal no banco de dados, mas, transformar estes sistemas essencialmente estáticos em ferramentas capazes de prover representações realistas de processos espaço-temporais, isto, mediante a compreensão de fatores e leis que governam a dinâmica observada.

#### Objetivo da Pesquisa:

Elaborar um modelo espacial dinâmico que seja capaz de integrar uma tipologia de características da paisagem baseada no uso e cobertura da terra e associá-la com vulnerabilidade social, possibilitando identificar as áreas de maior interesse para a vigilância epidemiológica.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

**Benefício:** superar as limitações atuais da tecnologia de Geoprocessamento, caracterizado por ser uma representação estática do sistema da paisagem e por buscar entender as relações e mudanças no tempo dos sistemas ambientais. A ocorrência da malária no município de Porto Velho apresenta dois grandes padrões de ocorrência da doença: um padrão urbano e um padrão rural. Esse dois padrões de ocorrência da malária apresentam comportamentos diferenciados. Por esta razão, as variáveis ambientais e sociais selecionadas para explicar a ocorrência da doença serão diferentes. Assim, far-se-á necessário a construção de dois bancos de dados compostos por variáveis explicativas específicas de cada padrão da doença.

**Riscos:** a metodologia exposta pela pesquisadora não afetará a população local nem alimentará os criadouros. Para a análise dos dados da malária serão utilizados os dados disponibilizados pelo Ministério da Saúde através do SIVEP-Malária. O período de dados analisado será entre 2010 e 2012. A unidade de análise do mapeamento para a área rural serão as localidades cadastradas no SIVEP-Malária e, na área urbana será a quadra do endereço do provável local de infecção. A base cartográfica utilizada para o mapeamento dos endereços por quadra foi elaborada pela empresa Digibase e adquirida com recursos da pós-graduação do Curso de Ciência do Sistema Terrestre (CST/INPE). Os endereços não encontrados pela base cartográfica serão mapeados através de

Endereço: Av. Engº Francisco José Longo 777  
Bairro: Jardim São Dimas CEP: 12.245-000  
UF: SP Município: SÃO JOSÉ DOS CAMPOS  
Telefone: (12)3947-9078 Fax: (12)3947-9010 E-mail: ceph@focj.unesp.br

Página 02 de 03

Continuação do Parecer: 470.522

trabalho de campo.

As bases de dados secundárias que serão utilizadas são: Contagem Populacional 2007 e Censo demográfico 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Projeto Prodes e Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Projeto TerraClass.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Nada a declarar.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O TCLE não se encontra, assim como autorização para uso dos dados oficiais.

**Recomendações:**

Nada a declarar.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Nada a declarar.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O Colegiado aprova o parecer da relatora.

SAO JOSE DOS CAMPOS, 27 de Novembro de 2013

---

Assinador por:  
JANETE DIAS ALMEIDA  
(Coordenador)

Endereço: Av. Engº Francisco José Longo 777  
Bairro: Jardim São Dimas CEP: 12.245-000  
UF: SP Município: SAO JOSE DOS CAMPOS  
Telefone: (12)3047-5078 Fax: (12)3047-9010 E-mail: cep@fosjc.unesp.br

## ANEXO B



GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA  
AGÊNCIA ESTADUAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE



### TERMO DE CONCENTIMENTO

Na qualidade de Coordenador do Programa Estadual da Malária - PECM/AGEVISA autorizo a aluna de doutorado do Programa de Pós Graduação em Ciência do Sistema Terrestre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (PGCST/INPE), Jussara Rafael Ângelo, portadora de RG: 11554133 expedido por SSP/MG e CPF 055625076-17 a realizar a divulgação dos dados epidemiológicos da malária, tais como: índice de mortes, espécie de plasmodium de maior incidência, número de casos positivos, por localidade de infecção e de residência do município de Porto Velho com ênfase nos períodos de 2003 a 2013, com o intuito de desenvolver a tese de doutorado intitulada: **"MODELAGEM DOS DETERMINANTES AMBIENTAIS E SOCIAIS DA MALÁRIA NO MUNICÍPIO DE PORTO VELHO (RO)"**.

A coleta dos dados ocorreu em Janeiro de 2013.

**ROBERTO TETSURO NAKAOKA**  
COORD. PROG. ESTADUAL DO CONTROLE DA MALÁRIA- PECM/AGEVISA