



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
TECNOLOGÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DOUTORADO SOCIEDADE, NATUREZA E
DESENVOLVIMENTO**

JÉSSICA ARIANA DE JESUS CORRÊA

**PADRÕES E DETERMINANTES DO USO E COBERTURA DA
TERRA E DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES NA
REGIÃO METROPOLITANA DE SANTARÉM-PA**

Santarém/PA

2019

JÉSSICA ARIANA DE JESUS CORRÊA

**PADRÕES E DETERMINANTES DO USO E COBERTURA DA
TERRA E DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES NA
REGIÃO METROPOLITANA DE SANTARÉM-PA**

Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação
Doutorado Sociedade, Natureza e Desenvolvimento da
Universidade Federal do Oeste do Pará – Área de
concentração: Ciências Ambientais, Linha de pesquisa:
Impactos ambientais e sociais das mudanças do uso da
terra na Amazônia.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Tota da Silva

Santarém-PA

2019-

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIGI/UFOPA**

C824p Corrêa, Jéssica Ariana de Jesus

Padrões e determinantes do uso e cobertura da terra e doenças transmitidas por vetores na região metropolitana de Santarém - PA / Jéssica Ariana de Jesus Corrêa. – Santarém, 2019.

129 fls.: il.

Inclui bibliografias.

Orientador: Dr. Julio Tóta da Silva.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento.

1. Leishmaniose. 2. Dengue. 3. Malária. 4. Uso e cobertura da terra. I. Silva, Julio Tóta da, *orient.* II. Título.

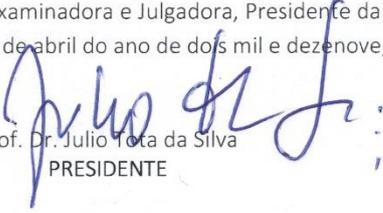
CDD: 23 ed. 614.43

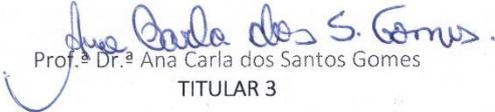


UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, NATUREZA E DESENVOLVIMENTO

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DA TESE DE DOUTORAMENTO DE JÉSSICA ARIANA DE JESUS CORRÊA, REALIZADA NO VIGÉSIMO NONO DIA DO MÊS DE ABRIL DO ANO DE 2019.

Ao vigésimo nono dia do mês de abril do ano de dois mil e dezenove, às dez horas, no auditório do Núcleo Tecnológico de Bioativos, na Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, realizou-se a SESSÃO PÚBLICA de defesa da Tese de Doutorado em Ciências Ambientais – área de concentração SOCIEDADE, NATUREZA E DESENVOLVIMENTO, linha de pesquisa IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DA MUDANÇA DO USO DA TERRA NA AMAZÔNIA, intitulada PADRÕES E DETERMINANTES DO USO E COBERTURA DA TERRA E DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES NA REGIÃO METROPOLITANA DE SANTARÉM- PA, da discente JÉSSICA ARIANA DE JESUS CORRÊA. A Banca Examinadora e Julgadora, aprovada e homologada pelo Colegiado, constitui-se dos seguintes professores doutores: **PRESIDENTE** Prof. Dr. Julio Tota da Silva (PPGSND/UFOPA); **TITULAR 1** Prof. Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos (PPGSND/UFOPA); **TITULAR 2:** Prof. Dr. Sergio de Melo (PPGSND/UFOPA); **TITULAR 3:** Prof.ª Dr.ª Ana Carla dos Santos Gomes (IEG/UFOPA); **TITULAR 4:** Prof.ª Dr.ª Izaura Cristina Nunes Pereira Costa (ICS/UFOPA); **TITULAR 5:** Prof. Dr. Wilderclay Barreto Machado (IEG/UFOPA). Em conformidade com o Regimento Interno do Programa, o Presidente da Banca, Prof. Dr. Julio Tota da Silva, abriu a sessão, passando a palavra à discente, que fez a exposição do trabalho, seguido da arguição de todos os membros da Banca. Finda a arguição, a Banca Examinadora e Julgadora se reuniu, sem a presença da doutoranda e do público, deliberando pelo seguinte parecer: aprovada; () sujeita à reformulação; () reprovada, seguindo o prazo definido no Regimento do Programa. Nada mais havendo por constar, lavrou-se e fez-se a leitura da presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora e Julgadora, Presidente da Banca e Doutoranda. Santarém (PA), vigésimo nono dia do mês de abril do ano de dois mil e dezenove, às treze horas.


Prof. Dr. Julio Tota da Silva
PRESIDENTE


Prof.ª Dr.ª Ana Carla dos Santos Gomes
TITULAR 3


Prof. Dr. Manoel Roberval Pimentel Santos
TITULAR 1


Prof.ª Dr.ª Izaura Cristina Nunes Pereira Costa
TITULAR 4


Prof. Dr. Rodrigo da Silva
TITULAR 2


Prof. Dr. Wilderclay Barreto Machado
TITULAR 5

À minha mãe,
Maria Caridade de Jesus (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradecer a minha família, tias(os), primas(os), em especial meus sogros pela compreensão de minha ausência frequente.

Ao meu parceiro de vida, Wanderley, e parceiro computacional de todas as horas, pela paciência, companheirismo e apoio.

À Secretaria de Estado de Saúde do Pará (SESPA - 9ª regional) na pessoa de Elisângela Leal e Nezildo Oliveira por disponibilizarem seu tempo na coleta dos dados secundários de dengue e malária e pela forma gentil e atenciosa para lidar com o público.

A Secretaria Municipal de Saúde (SEMSA) através do Centro de Controle de Zoonoses de Santarém (CCZ) na pessoa da Nara que me forneceu seu controle de dados, sem o qual não teria o local provável de infecção de leishmaniose e, a Danielly por ajudar na busca dessas informações.

Ao Centro Municipal de Informação e Educação Ambiental de Santarém (CIAM) que pertence a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA) e ao Projeto Saúde (PSA) Alegria por ceder a localização espacial de todas as comunidades georreferenciadas da Região Metropolitana de Santarém.

Ao meu orientador Prof. Dr. Júlio Tota.

Ao PPG em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento.

À FAPESPA pela bolsa concedida.

Aos colegas do doutorado pelos momentos e trocas compartilhadas durante o curso.

Aos meus amigos, especialmente Alírio, Danielly, Don, Jucele, Kakau, Sheila e Silvia por toda amizade e paciência.

Por fim, a todos os meus professores, especialmente aqueles das séries iniciais que pegaram na minha mão e me ensinaram a ler e escrever e também aos professores que “pegaram em minha mão” mesmo eu estando na graduação e pós-graduação.

Obrigada!

RESUMO

O objetivo desta tese analisar e caracterizar as relações entre uso e cobertura da terra e doenças transmitidas por vetores, em particular a dengue, leishmaniose e malária na Região Metropolitana de Santarém. Para tal, a análise funcional da paisagem foi utilizada como arcabouço metodológico, utilizando métricas de composição da paisagem e análise estatística. Foram realizadas três análises principais: (1) identificou-se os padrões espaciais do uso e cobertura da terra e os fatores que determinaram esses padrões no período entre 2004 e 2014. (2) propôs-se uma tipologia de padrões de uso e cobertura da terra e identificou-se em que padrões ocorreram os casos dos agravos, em dois momentos no tempo, 2012 e 2014, por fim verificou-se se existem correlações entre esses padrões e os agravos. (3) verificou-se se e como os fatores determinantes do uso e cobertura da terra influenciam no número de casos de doenças entre 2012 a 2016. Foram utilizados dados do projeto TerraClass dos anos de 2004, 2010, 2012 e 2014 para identificação dos padrões, e análise de regressão logística para verificar os fatores que determinaram esses padrões. Os fatores determinantes foram: chuva acumulada do trimestre mais seco e do trimestre mais chuvoso, temperatura de superfície, áreas de proteção ambiental, assentamentos humanos, estradas e rodovias oficiais, população, e extensão dos corpos d'água (rios e lagos), declividade, altitude. A tipologia de padrão de uso e cobertura da terra foi obtida utilizando um modelo baseado em regras e a associação com os agravos foi realizado através da análise estatística Odds ratio. Dados anuais de dengue, malária e leishmaniose foram obtidos da base de dados SIVEP-malária, SINAN e controle interno do CCZ para o período de 2012 a 2016 por local provável de infecção. A unidade espacial de análise foram células de 1 x 1 km² que receberam os atributos de presença ou ausência das variáveis resposta e variáveis preditoras totalizando 27.841 células para toda área da RMS. Por último, uma regressão logística foi realizada entre a presença dos agravos e variáveis biofísicas, políticas e socioeconômicas para identificar os fatores mais importantes para a presença dos casos. O uso e cobertura da terra apresentou mudanças no padrão espacial, sendo as mais importantes nas classes agricultura e urbano com ganhos de áreas, o que evidenciou suas expansões de 2004 para 2014, enquanto que houve perdas para áreas de floresta primária. Os padrões podem ser explicados por uma combinação de fatores biofísicos, medidas de acessibilidade e políticas espaciais. O padrão mais encontrado na área de estudo foi o padrão de células da classe floresta (PP04) seguida pelo padrão de presença obrigatória de floresta primária, vegetação secundária e/ou pastagem (PP14). No entanto os padrões mais significativos para as doenças foram as que tiveram presença da classe urbano (PP03, PP09 e PP10) e de vegetação (PP16). Quanto aos fatores determinantes, embora a maioria tenha sido apresentada de forma diferenciadas entre os agravos, em comum tiveram a temperatura de superfície, presença assentamentos, unidades de conservação e presença de estradas, sendo este último o mais significativo sendo as chances da presença de doenças maiores em células com presença de estradas.

Palavras-Chave: uso e cobertura da terra, fatores determinantes, leishmaniose, dengue, malária.

ABSTRACT

This thesis aims to analyze and characterize the relationships between land use and land cover and vector - borne diseases, particularly dengue, leishmaniasis and malaria in the Metropolitan Region of Santarém. For this, functional landscape analysis was used as a methodological framework, using landscape composition metrics and statistical analysis. Three main analyzes were carried out: (1) the spatial patterns of land use and land cover and the factors that determined these patterns were identified between 2004 and 2014. (2) a typology of land use and land use patterns was proposed and it was identified in which patterns occurred the cases of the diseases, in two moments in time, 2012 and 2014, finally it was verified if there are correlations between these patterns and the diseases. (3) it was verified whether and how determinants of land use and land cover influence the number of disease cases between 2012 to 2016. Data from the TerraClass project for the years 2004, 2010, 2012 and 2014 were used to identify the standards and logistic regression analysis to verify the factors that determined these patterns. The determinants were rainfall accumulated in the driest and rainy quarter season, surface temperature, environmental protection areas, human settlements, official roads and highways, population, and extension of water bodies (rivers and lakes), declivity, altitude. The typology of land use pattern and land cover was obtained using a rules-based model and the association with the diseases was performed through statistical analysis Odds ratio. Annual data on dengue, malaria and leishmaniasis were obtained from the SIVEP-malaria database, SINAN and CCZ internal control for the period from 2012 to 2016 per probable site of infection. The spatial unit of analysis were 1 x 1 km² cells that received the presence or absence attributes of the response variables and predictor variables totaling 27,841 cells for the entire RMS area. Finally, a logistic regression was performed between the presence of the diseases and biophysical, political and socioeconomic variables to identify the most important factors for the presence of the cases. Land use and cover presented changes in the spatial pattern, being the most important in the agriculture and urban classes with area gains, which evidenced their expansions from 2004 to 2014, while losses to primary forest areas. The patterns can be explained by a combination of biophysical factors, accessibility measures and spatial policies. The pattern most commonly found in the study area was the pattern of forest class cells (PP04) followed by the mandatory presence pattern of primary forest, secondary vegetation and/or pasture (PP14). However, the most significant patterns for the diseases were those that had the urban class (PP03, PP09 and PP10) and vegetation (PP16). Regarding the determinant factors, although the majority were presented differently among the diseases, in common had surface temperature, presence of settlements, units of conservation and presence of roads, being the latter the most significant being the chances of the presence of diseases higher in cells with presence of roads.

Key words: land use and cover, determinant factors, leishmaniasis, dengue, malaria.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1 - Mudanças ambientais e infecções com foco natural na Amazônia.	17
Figura 3. 1 - Localização da área de estudo.	21
Figura 3. 2 – Classes de declividade (%).	26
Figura 3. 3 - Distribuição da precipitação média mensal (mm) de 1990 a 2016.	26
Figura 3. 4 - Distribuição espacial da precipitação média mensal (mm) de 1990 a 2016.	27
Figura 3. 5 - Média mensal da temperatura do ar (1990-2017) – estação climatológica do INMET em Belterra-PA.	28
Figura 3. 6 - Distribuição espacial da temperatura de superfície média de 2000 a 2016.	28
Figura 3. 7 - Distribuição espacial de áreas protegidas (a) e assentamentos (b).	29
Figura 3. 8 – Acessibilidade na área de estudo: (a) rodovias; (b) estradas.	30
Figura 3. 9 – Localização dos núcleos urbanos na Região Metropolitana de Santarém.	30
Figura 3. 10 - Comunidades na região Metropolitana de Santarém.	32
Figura 3. 11 - Representação esquemática dos atributos de uma célula da grade regular através do operador presença.	34
Figura 4. 1 – Organograma representativo da metodologia.	39
Figura 4. 2 – Perfil das classes de uso e cobertura da terra em 2004 e 2014.	43
Figura 4. 3 – Classes em ganho e perdas durante o período de estudo.	44
Figura 4. 4 – Padrão da presença de células com agricultura em 2004 e 2014.	45
Figura 4. 5 – Padrão da presença de células com classe urbano em 2004 e 2014.	46
Figura 4. 6 – Padrão da presença de células com floresta primária em 2004 e 2014.	46
Figura 4. 7 – Padrão da presença de células com pastagem em 2004 e 2014.	47
Figura 4. 8 – Padrão da presença de células com vegetação secundária em 2004 e 2014.	47
Figura 4. 9 – Presença/Ausência das classes não floresta e hidrografia.	48
Figura 4. 10 – Matriz de correlação para variáveis explicativas.	49
Figura 5. 1 - Representação de um ambiente permissivo para transmissão de patógenos.	63
Figura 5. 2 - Índice de Diversidade de paisagem (Índice de Diversidade de Shannon) - ano de 2010.	67
Figura 5. 3 – Tipologia de uso e cobertura da terra para o ano de 2010.	71
Figura 5. 4 – Tipologia de uso e cobertura da terra para o ano de 2012.	72
Figura 5. 5 – Tipologia de uso e cobertura da terra para o ano de 2014.	73
Figura 5. 6 - Evolução dos padrões de tipologia de uso e cobertura para os anos de 2004, 2010 e 2014.	74
Figura 5. 7 – Mudanças no número de células dos padrões entre 2010 e 2014.	75
Figura 6. 1 - Número de casos de dengue na RMS de 2012 a 2016.	89
Figura 6. 2 - Número de casos de LTA na RMS de 2012 a 2016.	89
Figura 6. 3 - Número de casos de malária na RMS de 2012 a 2016.	90
Figura 6. 4 – Distribuição espacial das células dom presença de casos de dengue.	91
Figura 6. 5 – Distribuição espacial das células dom presença de casos de LTA.	91
Figura 6. 6 – Distribuição espacial das células dom presença de casos de malária.	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 4. 1 – Sumário dos dados usados para a análise de regressão logística.....	40
Tabela 4. 2 – Mudanças de uso e cobertura da entre 2004 e 2014.	43
Tabela 4. 3 - Regressão logística – fatores determinantes dos padrões de agricultura na RMS em 2004, 2010 e 2014.	50
Tabela 4. 4 - Regressão logística – fatores determinantes dos padrões de floresta primária na RMS em 2004, 2010 e 2014.	51
Tabela 4. 5 - Regressão logística – fatores determinantes dos padrões da classe urbano na RMS em 2004, 2010 e 2014.	51
Tabela 4. 6 - Regressão logística – fatores determinantes dos padrões pastagem na RMS em 2004, 2010 e 2014.	52
Tabela 4. 7 - Regressão logística dos fatores determinantes dos padrões de vegetação secundária na RMS em 2004, 2010 e 2014.	53
Tabela 5. 1 – Número de casos confirmados e local provável de infecção dos agravos na Região Metropolitana de Santarém em 2012 e 2014.	76
Tabela 5. 2 – Número de células de padrões de uso e cobertura da terra com presença dos agravos.	78
Tabela 5. 3 - Relação do padrão de uso da terra e a presença de dengue nas células na Região Metropolitana de Santarém em 2012 e 2014.	79
Tabela 5. 4 - Relação do padrão de uso da terra e a presença de malária nas células na Região Metropolitana de Santarém em 2012 e 2014.	80
Tabela 5. 5 - Relação do padrão de uso da terra e a presença de leishmaniose nas células na Região Metropolitana de Santarém em 2012 e 2014.	81
Tabela 6. 1 - Variáveis ambientais, políticas e econômicas.	87
Tabela 6. 2 - Análise bivariada dos fatores determinantes e casos de dengue, leishmanioses e malária.	93
Tabela 6. 3 - Análise múltipla dos fatores determinantes e casos de dengue, leishmanioses e malária.	94

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	12
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivos específicos.....	15
1.3. ESTRUTURA DA TESE.....	15
2 REVISÃO TEÓRICA GERAL.....	16
2.1. MUDANÇAS AMBIENTAIS E DOENÇAS VETORIAIS NA AMAZÔNIA	16
2.3 DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES	18
2.2.1 Dengue, Leishmaniose Tegumentar Americana e Malária	19
3 METODOLOGIA E DADOS	21
3.1 ÁREA DE ESTUDO	21
3.2 DADOS UTILIZADOS	23
3.2.1 Uso e Cobertura da Terra.....	23
3.2.2 Fatores determinantes.....	25
3.2.3 Dados do Agravos - Dengue, Leishmaniose Tegumentar Americana, Malária	30
3.2.4 Localização das comunidades.....	31
3.3 ESPAÇO CELULAR	32
3.3.1 Preenchimento.....	33
3.4 SOFTWARES	34
4 DETERMINANTES DO PADRÃO DE USO E COBERTURA DA TERRA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SANTARÉM	35
4.1 INTRODUÇÃO	35
4.1.1 Conceito de LUC.....	36
4.1.2 Determinantes do Uso e Cobertura da Terra.....	37
4.1.3 Métodos empíricos - Regressão Logística.....	38
4.2 METODOLOGIA	39
4.2.1 Variáveis	39
4.2.2 Teste de Multicolinearidade.....	41
4.2.3 Regressão Logística.....	42
4.3 RESULTADOS	42
4.3.1 Mudança temporal da cobertura da terra entre 2004 e 2014	42
4.3.2 Padrão espacial da presença das classes de uso e cobertura da terra nos anos 2004 e 2014 na RMS.....	45
4.3.3 Fatores determinantes do padrão.....	48
4.4 DISCUSSÃO	54
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
5 PADRÃO DE USO E COBERTURA DA TERRA E DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES	60
5.1 INTRODUÇÃO	60
5.1.1 Conexões entre uso e cobertura da terra e doenças transmitidas por vetores	61
5.1.2 Epidemiologia de paisagem.....	63
5.1.3 Métricas de paisagem nos estudos das relações ambiente-doença	64
5.2 METODOLOGIA	65
5.2.1 Desenvolvimento da tipologia de padrão de uso e cobertura da terra.....	66
5.2.2 Casos confirmados dos agravos	69
5.2.3 Correlação entre as tipologias e os agravos	69
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
5.3.1 Padrão das tipologias de uso e cobertura da terra	70

5.3.2 Presença de Dengue, Leishmaniose e Malária em 2012 e 2014 na RMS	75
5.3.3 Tipologia <i>versus</i> Doenças	77
5.3.3 Associação entre tipologias e agravos - Análise estatística	78
5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
6 LIGAÇÕES ENTRE DETERMINANTES DO USO E COBERTURA DA TERRA E DOENÇAS VETORIAIS	83
6.1 INTRODUÇÃO	83
6.1.1 Mudanças ambientais e impactos na saúde humana	84
6.1.2 Determinantes das mudanças e ligação com a transmissão de doenças	85
6.2 METODOLOGIA	86
6.3 RESULTADOS	88
6.3.1 Análise descritiva	88
6.3.2 Distribuição espacial dos agravos	90
6.3.3 Regressão Logística.....	92
6.4 DISCUSSÃO	94
6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS	101
APÊNDICE A - COBERTURA DO SOLO EM ASSOCIAÇÃO A LARVAS DE <i>Aedes albopictus</i> EM ÁREA URBANA AMAZÔNICA.....	115
1 INTRODUÇÃO	115
2 METODOLOGIA	117
2.1 ÁREA DE ESTUDO	117
2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	118
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	120
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	125
REFERÊNCIAS	126

1 INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente se tem dado grande ênfase às questões relacionadas às mudanças no uso e cobertura da terra e seus impactos sobre o meio ambiente em termos físicos e químicos. Uma temática muito explorada se refere aos reflexos dessas mudanças no clima local e global, sendo que estudos voltados para essa linha têm sido muito explorados em regiões de florestas tropicais. Dentro desse contexto, a região Amazônica tem sido foco de pesquisas e, conseqüentemente, centro de discussões atuais devido a sua importância nos processos de circulação atmosférica global (NOBRE et al., 2009a; NOBRE et al., 2009b; ROCHA et al., 2015).

As intensas transformações ocorridas alteram o habitat de muitas espécies, incluindo o de patógenos e seus hospedeiros, e assim podendo contribuir para a modificação do padrão de doenças. Embora vários estudos documentaram os impactos de mudanças socioecológicas na dinâmica populacional de doenças transmitidas por vetores, na Amazônia, no que concerne à área de saúde e meio ambiente, há ainda muito a se desenvolver (VIANA et al., 2016), principalmente estudos que abordem as relações do padrão e mudanças do uso e cobertura da terra e a saúde humana, uma vez que as evidências (certezas) são incompletas e insuficientes sobre se e como as mudanças ambientais prejudicam a saúde humana, incluindo nesse contexto os fatores que conduzem essas mudanças e que geram novos padrões de paisagem (BAUCH et al., 2015). Os fatores determinantes que levam a mudanças de uma forma de uso da terra para outras são diversos para cada região e podem agir de diferentes formas sobre os elementos que participam da cadeia epidemiológica de doenças.

Wilcox e Gubler (2005) e Wilcox e Colwell (2005) argumentam que as transformações nos sistemas ecológicos causadas por interações multifacetadas com mudanças ambientais antropogênicas como a urbanização, transformações agrícolas e alterações do habitat natural, produzem *feedback* que afetam as comunidades naturais e, em última análise, seus patógenos, hospedeiro e populações humanas. Nesse contexto, as mudanças de uso e cobertura da terra são descritas como um dos principais condutores de doenças (CHHABRA et al., 2006; PATZ et al., 2008; BARCELLOS et al., 2010; GOTTDENKER et al., 2014) tendo em vista que podem modificar a incidência de doenças endêmicas e não endêmicas (LAMBIN et al., 2009). Doenças relacionadas a mudança de uso e cobertura incluem, por exemplo, as zoonoses relacionadas às diferentes tipos e tamanhos de manchas de floresta, desmatamentos, queimadas, uso urbano, entre outras.

Apesar do reconhecimento de sua importância, os mecanismos que ligam as atividades antrópicas à saúde continuam sendo pouco caracterizados principalmente para os ecossistemas que sofreram desmatamento em larga escala e que tem apresentado diferentes padrões espaciais e temporais de uso e cobertura da terra. Nesse contexto, as ligações existentes são de difíceis demonstração devido aos processos de mudanças ocorrerem geralmente em grande escala (PLOWRIGHT et al., 2008).

Voltando-se para uma análise em escala local a identificação dos fatores ambientais das variações nas taxas de incidência observadas é mais fácil (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014), no entanto é preciso fazer a ligação dos possíveis caminhos e suas interações. Nesse sentido, um primeiro passo para compreender as ligações é a escolha de uma escala que seja útil nas interpretações de padrões de doenças a partir da integração de padrões de uso da terra e os fatores que atuam tanto para o padrão de paisagem quanto possíveis desencadeadores de doenças.

A associação entre mudanças ecológicas ambientais e doenças infecciosas são complexas, além disso as características peculiares de cada lugar pode modificar a relação entre os fatores que desencadeiam a transmissão de doenças, e nesse contexto Becker (2005) constatou que a Amazônia possui uma heterogeneidade espaços/tempos, com velocidades de transformação distintas. Vetores de malária e leishmaniose cutânea estão respondendo rapidamente às alterações ambientais, especialmente o desmatamento e as mudanças climáticas (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014). Assim, faz-se necessário realizar estudos que auxiliem no entendimento da propagação de doenças relacionadas as mudanças de uso e cobertura da terra e os fatores que as determinam a partir da escolha e definição do local onde elas ocorrem.

A região Oeste do Pará tem se destacado através do avanço da fronteira agrícola, principalmente a soja, e instalação de obras de infraestrutura como portos, pavimentação de vias já existentes, com grande ênfase na região da BR-163 e bacia do Rio Tapajós. Dentro desse recorte espacial a Região Metropolitana de Santarém – RMS - que inclui os municípios de Santarém, Belterra e Mojuí dos Campos, apresenta uma configuração territorial apropriada para explorar os impactos na saúde humana das mudanças no uso e cobertura da terra porque sofreu nas últimas décadas rápidas e expressivas transformações, essas principalmente para sistemas antrópicos, que podem causar risco epidemiológico com potencial de incremento na exposição de doenças vetoriais. Assim, esta tese se propõe a estudar a dinâmica de uso e cobertura da terra e suas possíveis relações com número de casos de doenças transmitidas por vetores,

especificamente três doenças que são importantes no contexto de mudanças ambientais para Amazônia: dengue, leishmaniose e malária.

Explorar as relações com o padrão de uso e cobertura da terra possibilita compreender melhor os processos correntes que conectam a dinâmica ambiental e as transformações das epidemias os quais exigem uma abordagem interdisciplinar ao engendrar novos paradigmas nas relações do meio ambiente humano por meio de um ponto de vista específico em problemas de saúde.

Em termos de razões teóricas esta pesquisa justifica-se como uma busca para contribuir para as discussões a respeito da dupla temática: Uso e cobertura da Terra na Amazônia e endemias, pois o conhecimento integrado de como ocorrem as interações entre ambos também pode ser compreendido como uma necessidade de entendimento estratégico para desenvolvimento da região. No aspecto metodológico, abordagens integradas no campo dos impactos das mudanças do uso da terra na Amazônia, linha de pesquisa desta tese, ainda são poucos exploradas e requerem uma abordagem interdisciplinar. Dessa forma, concatenar metodologias buscando compreender de que modo forças ambientais atuam ou não na saúde humana tornam-se uma necessidade para a obtenção de resultados práticos em escala local.

Trazendo para o contexto a questão de saúde pública, casos de dengue e leishmaniose (tegumentar e visceral) têm sido frequentes em ciclos que se alternam decorrentes de fatores relacionados as peculiaridades de cada doença. Entender se esses ciclos possuem ligações com os padrões de paisagem, ou seja, uso e cobertura da terra, tornam-se necessárias uma vez que esta região está em pleno processo de transformação socioambiental. Assim sendo, espera-se que esta tese contribua para a compreensão de como as mudanças ocorridas podem afetar a dinâmica e a localização de doenças zoonóticas. Diante disso busca-se identificar se existe relação entre os padrões de uso e cobertura da terra e doenças transmitidas por vetores na RMS. Quais são os padrões de presença de uso e cobertura da terra de importância para os casos de doenças zoonóticas ocorridas na RMS? Dentre os fatores determinantes que explicam o padrão de uso e cobertura da terra quais são os que explicam o padrão de dengue, malária e leishmaniose na RMS.

Espera-se com esse estudo, a partir dos resultados alcançados, contribuir para as discussões e promover novas possibilidades de análises sobre as mudanças ambientais e os impactos sobre a paisagem e a saúde humana.

1.2 OBJETIVOS

Analisar as relações entre uso e cobertura da terra e doenças transmitidas por vetores, em particular a dengue, leishmanioses e malária, na Região Metropolitana de Santarém entre 2004 e 2016.

1.2.1 Objetivos específicos

1 - Identificar as mudanças e o padrão da presença das classes de uso e cobertura da terra na RMS.

2 - Determinar os fatores que influenciam o padrão do uso e cobertura da terra entre 2004 a 2014.

3 - Estabelecer uma tipologia de padrões de uso e cobertura da terra baseada na presença das classes de uso e cobertura.

4 - Descrever as associações entre padrões de uso da terra e casos de dengue, leishmanioses e malária.

5 - Caracterizar as relações entre os agravos e determinantes do padrão de uso e cobertura da terra na RMS.

1.3. ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está estruturada em sete capítulos. O capítulo 1 é introdutório com a apresentação do contexto, a problemática deste trabalho e seus objetivos. No capítulo 2 está a fundamentação teórica geral, com os conceitos que oferecem suporte à pesquisa proposta. No capítulo 3 é feita a caracterização da área de estudo, descrição e fonte das bases de dados utilizados, procedimentos e técnicas adotadas, que serão utilizados nos capítulos seguintes. O capítulo 4 apresenta os fatores determinantes do padrão de uso e cobertura na Região Metropolitana de Santarém para os anos de 2004, 2010 e 2014, correspondendo aos objetivos específicos 1 e 2. O capítulo 5 uma tipologia de padrão de uso e cobertura da terra foi estabelecida para o ano de 2012 e 2014 e sua relação com casos de dengue, leishmanioses e malária. O capítulo 6 apresenta a relação entre os fatores determinantes do uso e cobertura da terra com os agravos em um período de seis anos. Por fim, o Capítulo 7 são apresentadas as considerações finais dos principais resultados obtidos no trabalho.

2 REVISÃO TEÓRICA GERAL

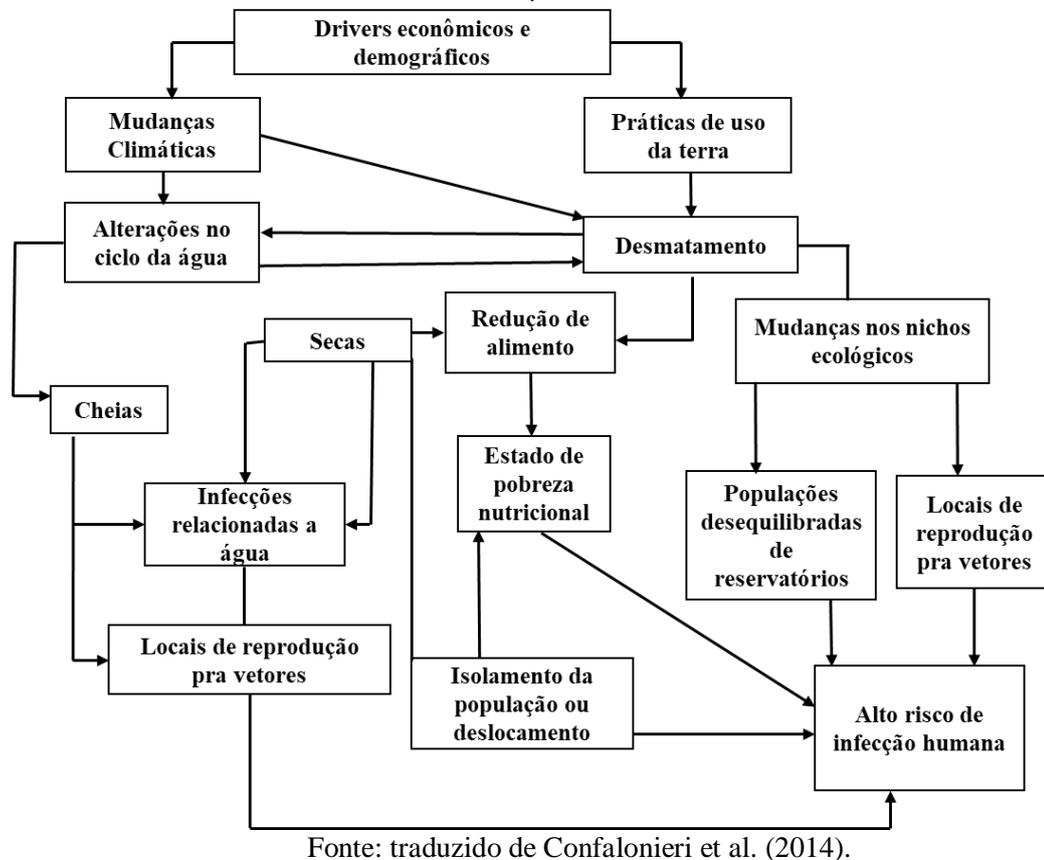
2.1. MUDANÇAS AMBIENTAIS E DOENÇAS VETORIAIS NA AMAZÔNIA

A região Amazônica tem mudado rapidamente devido aos impactos humanos. Novas composições de uso e cobertura da terra tem gerado novos padrões de paisagem devido as mudanças vindas principalmente das atividades econômicas. A primeira alteração ocorreu na década de 60 e 70, durante o regime militar, para integrá-la ao restante do Brasil. Desde então, a Amazônia continua sendo ocupada intensamente, no entanto, as atividades econômicas e os processos demográficos têm sido os principais fatores das mudanças a partir da década de 90 (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014).

A exploração mineral, o agronegócio, a mineração industrial, o garimpo, abertura e pavimentação de estradas, e os grandes empreendimentos como as usinas hidrelétricas e criação de portos podem ser citados como projetos econômicos que estão ocorrendo na Amazônia e que tem causado pressão ao ambiente natural que modificam a estrutura dos ecossistemas (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014). Outro fenômeno atual na Amazônia é a expansão urbana, que pode ser considerada como um efeito de processos resultante de fatores socioeconômicos tal como a mobilidade humana que reestrutura e reorganiza o espaço (DAL'ASTA et al., 2016). Estima-se que em torno de 71,8% da população na Amazônia reside nas áreas urbanas (Fundo de População das Nações Unidas, 2014).

Todas essas pressões sobre o ambiente da região Amazônica gera uma complexidade conexões entre os mais diferentes sistemas, incluindo ligações a doenças infecciosas. Conforme representado na Figura 2.1 a incidência de doenças infecciosas e parasitárias podem estar associados a diferentes fatores resultantes de atividades como o desmatamento, fluxos migratórios, abertura de estradas, agricultura, pecuária extensiva e a ocupação urbana sobre áreas de florestas nativas. Os principais condutores são os fatores relacionados as atividades econômicas que modificam o ecossistema natural.

Figura 2. 1 - Mudanças ambientais e infecções com foco natural na Amazônia.



As doenças negligenciadas, tais como dengue, malária e leishmaniose, ainda são causas importantes de adoecimento e morte da população brasileira (CONFALONIERI et al., 2014). Na região Amazônica essas doenças são tidas como endêmicas por sua prevalência ao longo de décadas. Tais doenças têm relação estrita com o ambiente, uma vez que são transmitidas ao ser humano através de agentes zoonóticos. As citadas acima são transmitidas especificamente por espécies de insetos vetores.

Grandes empreendimentos como as hidrelétricas acarretam mudanças ambientais e consequentes impactos ambientais, sociais e de saúde. A construção da barragem de Curuá-Una nas décadas de 60 e 70 desmatou áreas de floresta aumentando o tamanho da borda florestal e isso levou à introdução da leishmaniose localmente (GUNKEL et al., 2003). Além disso nas comunidades próximas à represa são os locais onde tem sido registrado os casos de malária em Santarém (CORRÊA, 2013). A implantação da barragem de Tucuruí aumentou o número de casos notificados de malária no município de Jacundá/PA a partir da década de 80 (VASCONCELOS et al., 2006). Em Altamira, óbitos decorrentes de doenças de transmissão vetorial relacionadas à implantação da hidrelétrica de Belo Monte aumentaram em 75% durante e após a construção da usina (SILVEIRA, 2016).

A malária é endêmica na região com maiores casos em áreas de garimpos e assentamentos agrícolas (SANTOS et al., 2009; SILVA-NUNES et al., 2012). Nos garimpos, o desmatamento cria condições para o desenvolvimento dos vetores e a mobilidade humana dispersam estirpes de *Plasmodium* para outras regiões, principalmente por duas situações: o deslocamento de pessoas infectadas para outro local de garimpagem ou deslocamento para localidades em busca de assistência médica, pois estes locais que funcionam como garimpo são carentes de infraestrutura e serviços de assistência a saúde. No caso dos assentamentos, Santos et al. (2009) verificaram em um assentamento no Município de Juruena em Mato Grosso, que maiores números de casos de malária ocorreram em localidades que possuíam garimpos. Os assentamentos não só induzem grandes mudanças ambientais, como o desmatamento, que altera a biologia do vetor, mas também aumenta o número de pessoas não imunes perto de criadouros naturais e artificiais (SILVA-NUNES et al., 2012).

A intensa e desordenada urbanização pode acarretar no surgimento ou prevalências de vetores de doenças como dengue, chikungunya, febre amarela e zika vírus (PESSOTO *et al.*, 2013). No Estado de Rondônia houve um aumento na incidência de dengue entre 1999 e 2010 passando de 7,63 para 365,9 por 100 mil habitantes (LUCENA et al., 2011). Grandes cidades da região, como Manaus e Belém, têm os seus problemas de saúde ambiental urbana particulares. Nessas cidades casos autóctones de malária apresentam comportamento periurbano decorrentes do contato da população com a borda da floresta (RENAULT et al., 2007; SARAIVA et al., 2009).

2.3 DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES

Os patógenos são a causa de epidemias de doenças, no sentido de que, sem o patógeno, nenhuma epidemia infecciosa ocorre. O organismo que um patógeno infecta é chamado de hospedeiro. Com base na frequência de ocorrência, as doenças infecciosas podem ser classificadas como esporádicas (ocorrem ocasionalmente), endêmicas (constantemente presentes em uma população), epidêmicas (muitos casos em uma região em curto período) e pandêmicas (epidemia mundial) (CHEN; MOULIN; WU, 2015).

Um dos mecanismos de transmissão de agente infeccioso é a transmissão vetorial. Um vetor é o agente que transporta e transmite um patógeno infeccioso de um hospedeiro para outro. O vetor biológico mais conhecido são os mosquitos, seguidos por carrapatos, moscas e insetos. Muitos vetores biológicos se alimentam de sangue em alguns ou todos os estágios de

seus ciclos de vida. Durante a alimentação do sangue, os patógenos entram no corpo do hospedeiro e causam a doença (CHEN; MOULIN; WU, 2015).

Doenças transmitidas por vetores representam mais de 17% de todas as doenças infecciosas como a malária, dengue e as leishmanioses, e podem levar a morte do hospedeiro (OMS, 2018).

A disseminação dessas doenças envolve características do agente patogênico, como vírus e parasitas, o hospedeiro e o ambiente em que a transmissão ocorre. A distribuição de doenças transmitidas por vetores é determinada por fatores demográficos, ambientais e sociais complexos, entre os quais destaca-se o clima, urbanização não planejada e os as mudanças ambientais.

2.2.1 Dengue, Leishmaniose Tegumentar Americana e Malária

A dengue é uma doença causada por grupos de vírus do gênero *Flavivirus* da família *Flaviviridae*, agrupados em quatro sorotipos (DENV-1, DENV-2, DENV-3, DENV-4). No Brasil a nova classificação da doença para representar suas formas clínicas são dengue, dengue com sinais de alarme e dengue grave (BRASIL, 2016). A infecção pelo vírus dengue pode ser assintomática ou sintomática. Quando sintomática apresenta principalmente febre por 5 a 7 dias, dor de cabeça, dor por todo corpo e nas articulações, dor retro-orbital, falta de apetite, vômitos, náuseas, exantema e coceira (BRASIL, 2016).

A dengue é transmitida pela picada da fêmea de mosquitos da espécie *Aedes*, tais como *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), sendo este último não tendo registro de transmissão no Brasil. Aquela apresenta comportamento sinantrópico (adaptado a viver junto ao homem), antropofílico (preferência pelo contato e sangue humano) e endófilo (busca o interior das casas para se abrigar, repousar e se alimentar) (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994), enquanto o outro tem preferência por áreas mais silvestres, com cobertura vegetal, encontrado também em áreas periurbanas. Em muitas partes dos trópicos e subtropicais, a dengue é endêmica, devido condições do ambiente físico e natural (principalmente o clima) associadas ao ambiente sociocultural (urbanização) e a ineficácia das políticas públicas de saúde promovem o desenvolvimento e a proliferação do mosquito (MENDONÇA, 2007).

As leishmanioses são doenças causadas por protozoários parasitas de mais de 20 espécies de *Leishmania* e são transmitidos por vetores cuja transmissão é realizada pela fêmea de diferentes espécies dos gêneros *Phlebotomus* (Velho mundo) ou *Lutzomyia* (Novo mundo) efetua a sua refeição de sangue num indivíduo. Existem três manifestações clínicas diferentes

de leishmaniose: cutânea (pele), mucosa (muco-membrana) e visceral (a forma mais grave, que afeta os órgãos internos – também conhecida por calazar) (NÚNCIO; ALVES, 2014). A leishmaniose cutânea também conhecida como Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA) caracteriza-se pelo aparecimento de lesões cutâneas, principalmente na face e membros (NÚNCIO; ALVES, 2014).

O Brasil aparece, de acordo com a Organização Mundial de Saúde, como um dos países como maiores casos de leishmaniose por apresentar elevada frequência, além de ampla expansão territorial e transmissão essencialmente focal. A região Amazônica é endêmica para essa doença e seus focos estão relacionados a ambientes perturbados principalmente à ocupação desordenada de novas áreas (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014).

A Leishmaniose Tegumentar Americana (LTA) cutânea ocorre de acordo com três perfis epidemiológicos: silvestre (transmissão em área de vegetação primária); ocupacional ou lazer (transmissão associada à exploração desordenada da floresta e derrubada de matas para construção de estradas, extração de madeira, garimpo, atividades agropecuárias); rural (área em que houve adaptação do vetor ao peridomicílio) (BRASIL, 2010).

A malária é uma doença febril aguda causada por protozoários do gênero *Plasmodium* das espécies *Plasmodium falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae* e *P. oval*. São transmitidos por vetores *Anopheles* infectados, sendo o *An. Darling* o principal vetor na Amazônia Brasileira.

A malária causa sintomas que normalmente incluem calafrios, febre que pode atingir 41 °C, dor de cabeça, e em casos graves podem evoluir para coma ou morte. A doença é generalizada em mais de 100 países onde a maioria está em regiões tropicais e subtropicais ao redor do equador (CHEN; MOULIN; WU, 2015). No Brasil, a região amazônica é endêmica com 99,5 % das infecções ocorridas (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014). A existência simultânea de fatores tanto ambientais quanto sociais geram condições tanto para proliferação de vetores quanto para o contato do homem com o vetor.

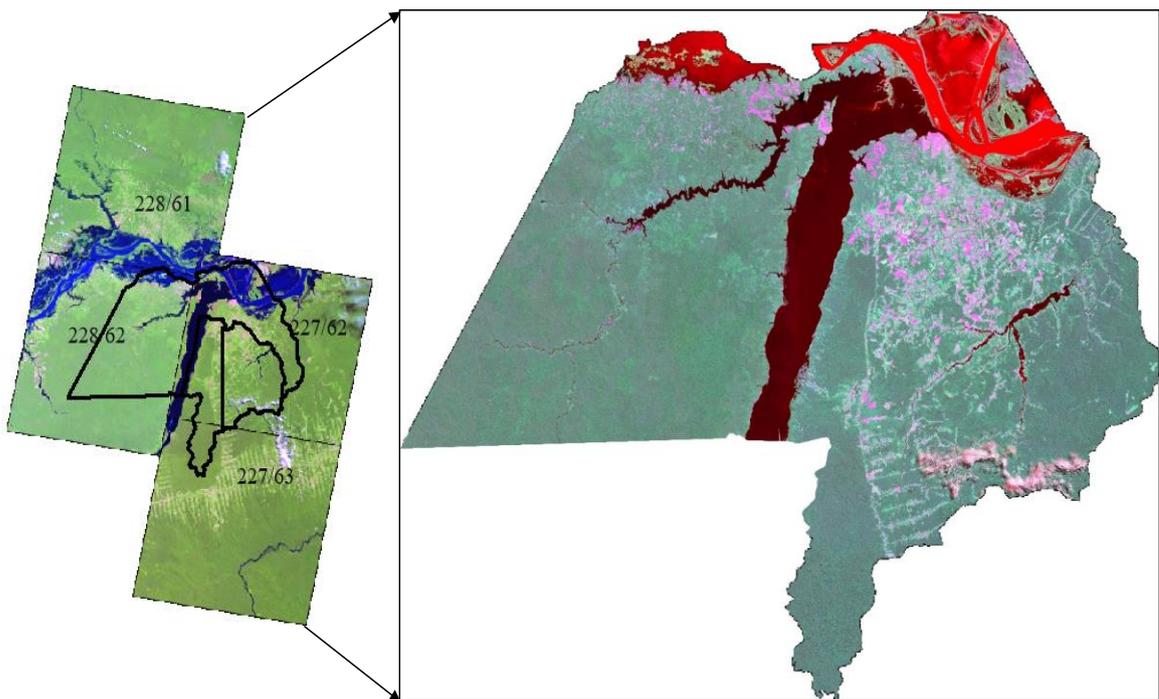
3 METODOLOGIA E DADOS

Neste capítulo são detalhadas a área de estudo, dados de uso e cobertura da terra que são utilizados no capítulo 4 e capítulo 5, dados dos fatores determinantes utilizados no capítulo 4 e capítulo 6 e os dados dos agravos utilizados nos capítulos 5 e 6.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A região de estudo está localizada no Oeste do Estado do Pará e compreende os municípios de Belterra, Mojuí dos Campos e Santarém que juntos formam a RMS, totalizando uma área de 27.285,05 km², a população estimada para o ano de 2016 dos municípios somados são de 327.140 habitantes (IBGE, 2017). A Figura 3.1 apresenta a localização da área de estudo.

Figura 3.1 - Localização da área de estudo.



Fonte: elaborado pela autora.

A Região Metropolitana de Santarém criada recentemente por meio da Lei Complementar nº 079, com base no parágrafo 2º do artigo 50 da Constituição Estadual é composta pelos municípios de Santarém, Belterra e Mojuí dos Campos. Sob influência da BR-163 tem apresentado uma modificação na dinâmica territorial caracterizadas pelo processo de desenvolvimento da região, especialmente a chegada da agricultura mecanizada.

Os municípios de Santarém, Belterra e Mojuí dos Campos tem se destacado como produtores de soja dada a inserção do agronegócio da região Oeste paraense, sobretudo, o relacionado à plataforma logística de escoamento da produção, oriunda, em grande parte, do Centro Oeste brasileiro (FAPESPA, 2017). A participação de Santarém, Belterra e Mojuí dos Campos na produção de soja no Estado em 2017 foram 3,31%, 2,51% e 4,3%, respectivamente, estando Mojuí dos Campos em sexto lugar na produção com 70.500 toneladas (IBGE, 2019).

Esses municípios estão na área de influência da BR – 163 (Rodovia Santarém – Cuiabá), que tem importância estratégica na região, pois permite o escoamento da produção de grãos do Mato Grosso até o porto graneleiro em Santarém e Miritituba em Itaituba. Como consequência da produção em larga escala de grãos e da pavimentação da rodovia, a região do seu entorno vem sofrendo uma grande pressão antrópica, ocasionando mudanças de cobertura e uso do solo (ALMEIDA; ALMEIDA, 2015).

A RMS abrange em sua configuração espacial um mosaico heterogêneo de paisagens, apresentando áreas naturais e antropizadas, tais como unidades de conservação, áreas urbanizadas, áreas agrícolas, entre outras.

A cobertura vegetal é bastante diversificada, variando conforme o tipo de solo e da disponibilidade hídrica. Segundo o levantamento fitogeográfico da vegetação realizado pelo Projeto Radam Brasil (1976) foram identificados na região quatro sistemas ecológicos, são eles: Savanas: encontrada na porção setentrional da área, próxima às desembocaduras do Rio Tapajós, em Alter do Chão; Formações Pioneiras Aluviais: predominantes ao norte da sede municipal de Santarém, em áreas onde ocorrem ciclos anuais de cheias e vazantes; Floresta Tropical Densa: ocorrem principalmente, nas porções sul, sudeste da região, em Santarém, ocupam cerca de 25% da área do município e Floresta Tropical Aberta: encontradas na parte centro-sul do município de Santarém, ao longo da rodovia BR – 163 e sobre área de ocupação consolidada (CASTRO, 2008).

O clima da região de estudo, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger que considera a sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação, é considerado tropical chuvoso e pertence ao subtipo climático *Am* que denota um clima de monção, com moderada estação seca e ocorrência de precipitação média mensal inferior a 60 mm e precipitação pluvial anual oscilando em torno de 2.000 mm.

Devido ao clima tropical chuvoso, esta região apresenta altos valores pluviométricos e as precipitações são predominantemente do tipo convectivas, em forma de pancadas e de curta duração, estando assim associadas às nuvens cumulonimbus. A distribuição média mensal da precipitação pluviométrica é influenciada pelas linhas de instabilidade e a Zona de

Convergência Intertropical (ZCIT) atuantes nesta região da Amazônia (SILVA et al., 2000). O regime de chuvas em Santarém e entorno, caracteriza-se por ser dividida em dois períodos: chuvoso (janeiro a junho) e seco (agosto a novembro), sendo julho e dezembro os meses de transição do período chuvoso para o seco e do período seco para o chuvoso, respectivamente (SILVA et al., 2013). O valor médio para o total anual varia de 1900 a 2100 mm.

O regime térmico da região apresenta temperaturas elevadas, até por ser uma área próxima à linha Equador o que aumenta a incidência de raios solares favorecendo o aumento das temperaturas. As temperaturas médias, máximas e mínimas anuais oscilam entre 25 e 26°C, 30 e 31°C e 21 e 23°C, respectivamente (ROCHA, 2014).

3.2 DADOS UTILIZADOS

A escala utilizada nesta pesquisa compreende a extensão do limite políticos-administrativos da RMS em resolução de grade celular de 1 x 1 km². Os critérios para a escolha do tamanho da grade serão apresentados na seção 3.3.

3.2.1 Uso e Cobertura da Terra

Dados de uso e cobertura da terra para os anos de 2004, 2010, 2012 e 2014 foram obtidos do projeto TerraClass (2019) produzido pela EMBRAPA/INPE. Essas datas foram selecionadas pelos seguintes critérios: 1) período que pudesse captar as mudanças ocorridas na área de estudo entre 2000 e 2014 e 2) menor cobertura de nuvens.

Esses dados são produzidos a partir das informações das áreas desmatadas disponibilizadas pelo PRODES (Projeto de Monitoramento do Desmatamento Amazônia Legal por Satélite) e pelas imagens do TM/Landsat-5, com resolução espacial de 30 metros (as mesmas utilizadas pelo PRODES). O TerraClass é responsável por qualificar o desflorestamento na Amazônia Legal Brasileira e com isso fornece subsídios importantes para o melhor entendimento das formas de uso e cobertura da terra na Amazônia (INPE, 2018).

No total, 15 categorias de classes de uso e cobertura da terra são mapeadas pelo TerraClass, a saber: vegetação natural florestal primária, vegetação natural florestal secundária, silvicultura, pastagem cultivada arbustiva, pastagem cultivada herbácea, cultura agrícola perene, cultura agrícola semi-perene, cultura agrícola temporária, mineração, urbanizada, outros, não observado, desflorestamento no ano, não floresta, corpo d'água.

Com base nessa legenda foi realizado a reclassificação para nove (9) classes relevantes para a análise apresentada neste documento. Para isso, agrupou-se às classes cultura agrícola perene, cultura agrícola semi-perene, cultura agrícola temporária em uma única classe designada *agricultura*. Pastagem cultivada arbustiva e pastagem cultivada herbácea resultou na classe *pastagem*. Área não observada e outros reclassificou-se na classe *outros*. As demais classes presentes no período analisado permaneceram como na legenda original: *urbanizada*, *floresta primária*, *vegetação secundária*, *não floresta*, *desflorestamento* e *corpos d'água*. As demais classes do TerraClass não apresentada nessa nova configuração foi devido não estarem presentes no recorte de estudo em nenhum período analisado. O Quadro 3.1 apresenta as classes que foram utilizadas em todas as etapas de análise nesta pesquisa.

Quadro 3.1 - Descrição das classes de uso e cobertura da terra utilizadas para as análises.

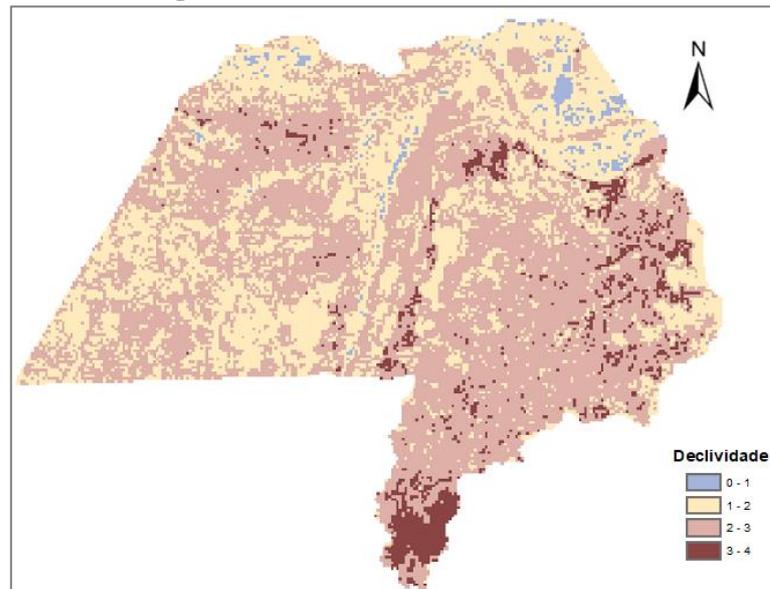
Classes	Aspecto	Descrição
Agricultura		Áreas extensas com predomínio de culturas de ciclo anual.
Outros		resultante da junção da classe Não observado (não mapeadas em função de presenças de nuvens, sombra de nuvens ou queimadas) e classe Outros (afloramentos rochosos, praias fluviais, banco de areia, entre outros).
Urbano		Área urbanizadas ou de influência urbana.
Desflorestamento		áreas cuja cobertura vegetal natural foi suprimida durante o ano de referência do mapeamento.
Floresta		Vegetação Natural florestal primária.

Hidrografia		Corpos d'água naturais ou artificial, como rios, lagos, açudes e represas.
Não Floresta		Outros tipos de cobertura vegetal que não é florestal. Engloba também as áreas de várzea do Rio Amazonas.
Pastagem		Vegetação composta por espécies arbustiva, e forrageiras herbáceas.
Vegetação Secundária		Formação vegetal natural em processo de regeneração.

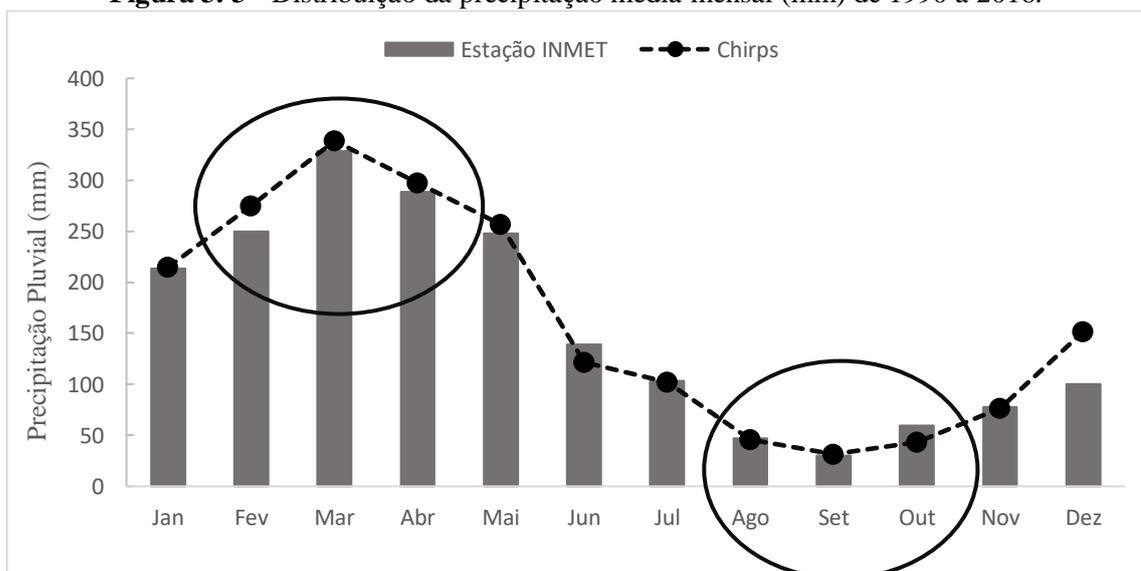
Fonte: adaptado de DAL'ASTA, 2016; EMBRA; INPE, 2019.

3.2.2 Fatores determinantes

Declividade e Altitude – Os dados de declividade e altitude foram obtidos 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). A declividade foi gerada a partir da legenda da Embrapa (1979): Classe 1 (relevo Plano – declividade de 0 a 3%), Classe 2 (Suave-ondulado – de 3 a 8%), Classe 3 (Ondulado – de 8 a 20%), Classe 4 (Forte-ondulado – de 20 a 45%), Classe 5 (Montanhoso – de 45 a 75%) e Classe 6 (Forte-montanhoso, >75%). Observa-se na Figura 3.2 que a região da RMS apresenta as classes de relevo plano a suave.

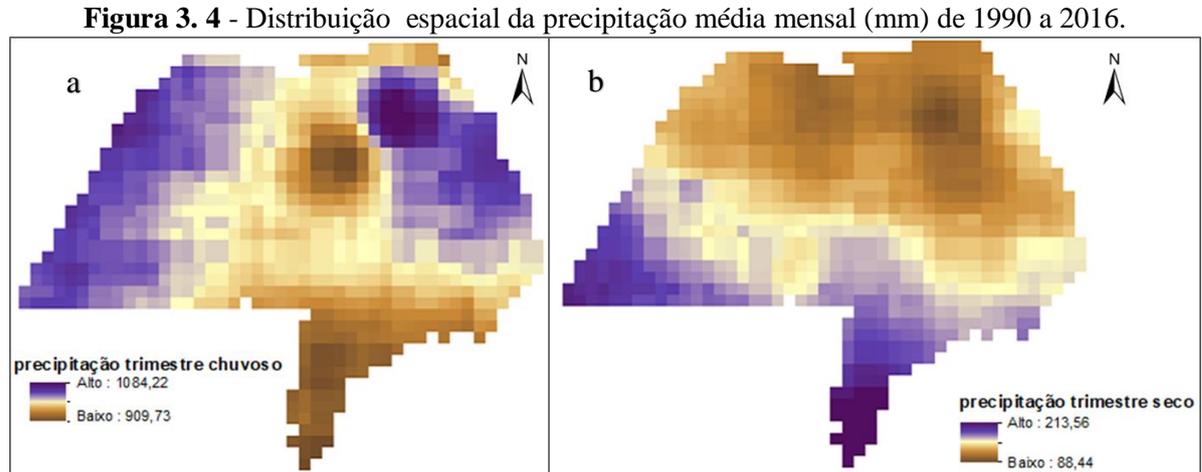
Figura 3. 2 – Classes de declividade (%).

Precipitação pluvial - Dados de precipitação foram obtidos do *Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Stations (CHIRPS)* data set da Universidade de Santa Barbara - Califórnia, com resolução espacial de 0,05°. Dados mensais de 1990 a 2016 no formato NetCDF foram processados como o valor acumulado do trimestre mais chuvoso (fevereiro a abril) e trimestre mais seco (agosto a outubro). A Figura 3.3 apresenta a precipitação média mensal de 27 anos (1990-2016) da coordenada -2,63 S e -54,95 O para identificação dos meses seco e chuvoso.

Figura 3. 3 - Distribuição da precipitação média mensal (mm) de 1990 a 2016.

Fonte: elaborado pela autora.

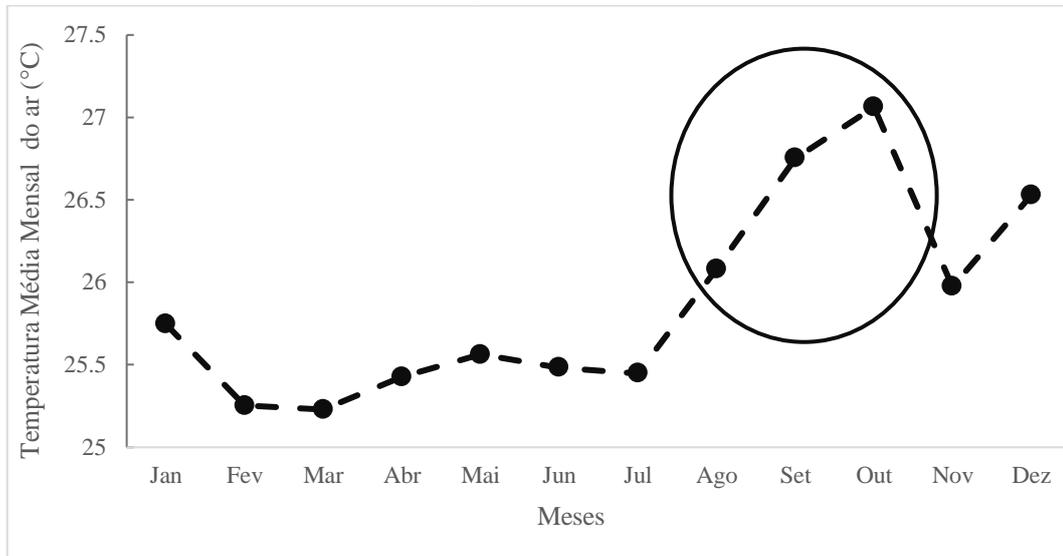
A distribuição espacial da precipitação pluviométrica na RMS pode ser observada na Figura 3.4. Para o trimestre chuvoso (Figura 3.4a) a precipitação pluviométrica máxima foi de 1048,22 mm e mínima de 909,73 mm, enquanto que no trimestre seco (Figura 3.4b) a máxima foi de 213,56 mm e a mínima de 88,44 mm.



Fonte: elaborado pela autora.

Temperatura de Superfície (TS) - Dados de temperatura de superfície (TS) foram obtidos do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS - MOD11A2), a bordo do satélite Terra, grade h12v9, resolução espacial de 1 km. O produto “*Land Surface Temperature (LST)*” fornece a temperatura de 8 dias que é um composto de dados do produto LST diário. A unidade obtida no pixel é graus Kelvin. Na tese foram processadas a média do trimestre de maior temperatura (agosto a outubro), correspondentes ao período de 2000 a 2016, selecionadas por conter baixa cobertura de nuvens na região. Do formato HDF foi convertido para GeoTIFF, Kelvin para graus Celsius e reprojctadas para Lat/Long. Pode-se observar na Figura 3.5 a temperatura média mensal do ar utilizado como referência para seleção do trimestre de maior temperatura. Para o período analisado a distribuição espacial da temperatura de superfície (Figura 3.6) que as áreas de maiores temperatura médias estavam concentradas na região do planalto santareno com temperatura máxima de 36,94 °C.

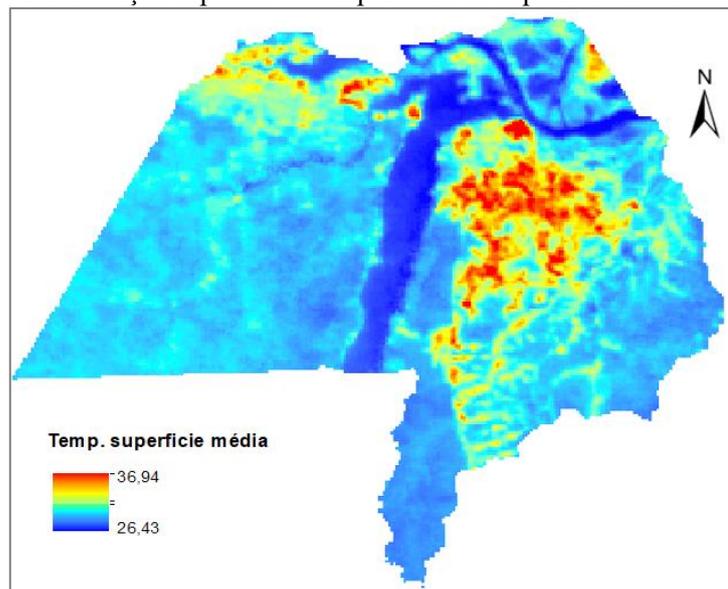
Figura 3.5 - Média mensal da temperatura do ar (1990-2017) – estação climatológica do INMET em Belterra-PA.



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 3.6

Figura 3.6 - Distribuição espacial da temperatura de superfície média de 2000 a 2016.



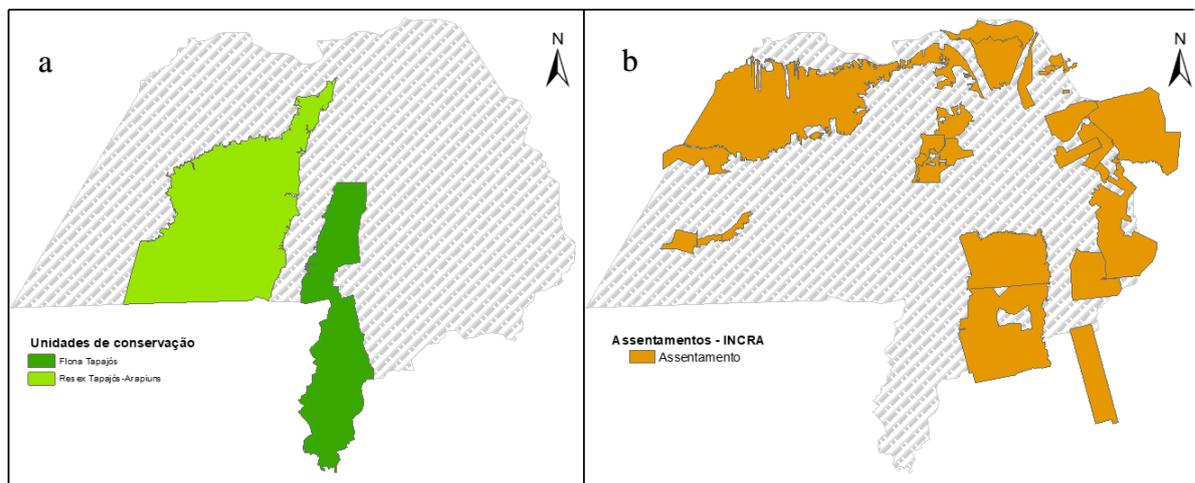
Fonte: elaborado pela autora.

População - Dados da população são oriundos dos censos demográficos de 2000 e 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes aos municípios de Santarém e Belterra. Neste estudo foi utilizado o número de pessoas por distrito.

Áreas protegidas e Projetos de Assentamentos - Os dados de unidades de conservação foram obtidos do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e incluem a Floresta Nacional do Tapajós (Figura 3.7a) (criada em 1974) e Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns (Figura 3.7b) (criada em 1998). São unidade de uso sustentável onde a gestão dos recursos naturais é permitida de

forma controlada. Os projetos de assentamento foram obtidos no Instituto Brasileiro de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e consistem de diversas modalidades de assentamentos, a saber Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS), Projeto de assentamento Agroextrativista (PAE) e Projeto de Assentamento Coletivo (PAC), porém não foram discriminadas sendo representados como variável assentamentos. O número de unidades de conservação (UC) utilizado não se alterou durante o período analisado, enquanto que os projetos de assentamentos apresentaram variação desde o ano de criação da primeira modalidade até a última no ano de 2006 (COELHO, 2009).

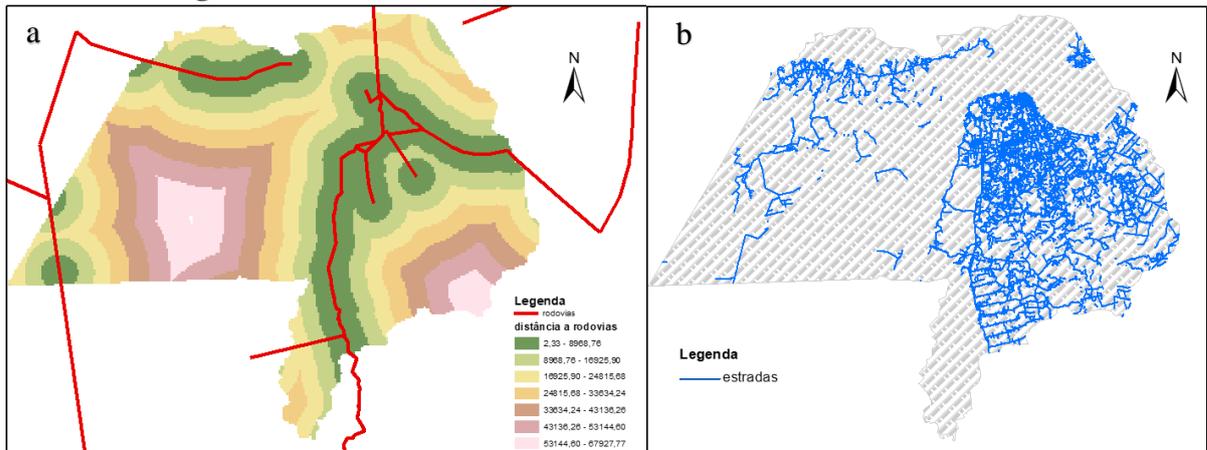
Figura 3. 7 - Distribuição espacial de áreas protegidas (a) e assentamentos (b).



Fonte: elaborado pela autora.

Estradas, corpos d'água, rodovias - corpos d'água derivados de mapas cartográficos do IBGE. Estradas obtidos da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) do Estado do Pará. Rodovias estaduais e federais obtidos do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Verifica-se na Figura 3.8a a localização das rodovias e distribuição de estradas na região metropolitana de Santarém.

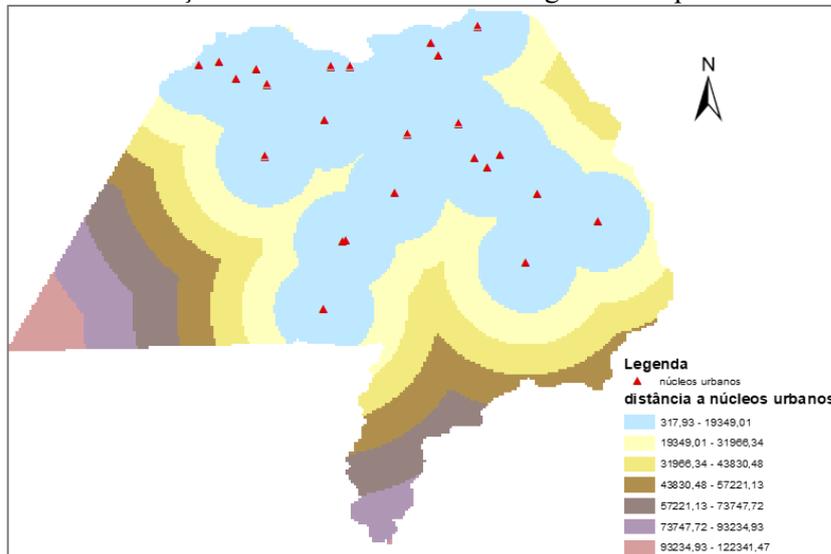
Figura 3. 8 – Acessibilidade na área de estudo: (a) rodovias; (b) estradas.



Fonte: elaborado pela autora.

Núcleos urbanos - Além da área urbana das sedes municipais, a RMS possui outros pequenos núcleos urbanos na área rural do município. Esses pequenos núcleos apresentam uma maior densidade populacional e a presença de equipamentos urbanos escolas, igrejas e unidade básica de saúde que dão suporte as localidades rurais de seu entorno (DAL'ASTA, 2016). A localização desses locais foi obtida através de produtos cartográficos do IBGE e está representado na Figura 3.9.

Figura 3. 9 – Localização dos núcleos urbanos na Região Metropolitana de Santarém.



Fonte: elaborado pela autora.

3.2.3 Dados do Agravos - Dengue, Leishmaniose Tegumentar Americana, Malária

Os dados referentes aos agravos correspondem aos números de casos confirmados para três doenças que tem transmissão através da picada de insetos: dengue, leishmaniose

tegumentar americana (LTA) e malária. O período corresponde aos anos de 2012 a 2016, que são períodos com disponibilidade de dados compatíveis para as três doenças de acordo com critério local provável de infecção.

Os registros foram obtidos para os três municípios que correspondem a RMS, sendo dengue através do SINAN, LTA fichas de controle interno do Centro de Controle de Zoonoses de Santarém (CCZ) e malária do SIVEP-Malária. Esses dados foram cedidos pela Secretaria de Estado de Saúde do Pará (SESPA) e Secretaria Municipal de Saúde (SEMSA) de Santarém.

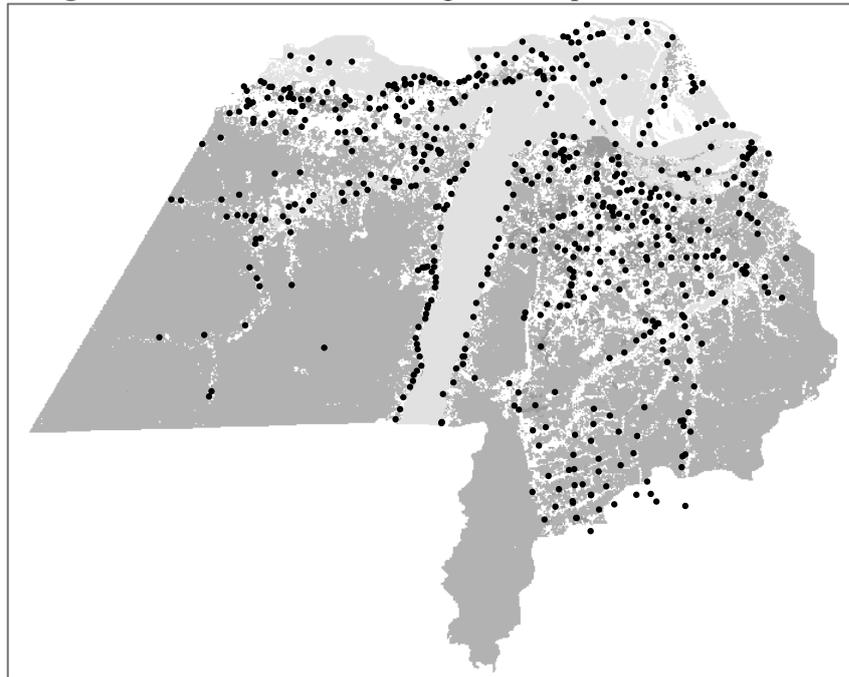
Devido Santarém funcionar como centro de saúde para muitos municípios da região, adotou-se o município de residência para a coleta dos registros e não o município de notificação. Dessa forma, os dados foram filtrados por município de residência, local provável de infecção e acumulado anual.

A coleta de dados dos agravos não se ateu aos quesitos de classificação final (tipo de agente infeccioso, sintomas), nem a evolução do caso (cura ou óbito), nem sobre o sexo e idades dos pacientes por não se constituir finalidade deste estudo.

3.2.4 Localização das comunidades

A localização das comunidades (Figura 3.10) que estão inseridas dentro da RMS foi obtida no Centro Municipal de Informação e Educação Ambiental de Santarém (CIAM) que pertence a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA) e outra base obtida da organização não-governamental Projeto Saúde Alegria (PSA).

Figura 3. 10 - Comunidades na região Metropolitana de Santarém.



Fonte: elaborado pela autora

3.3 ESPAÇO CELULAR

Nesta tese, adotou-se a metodologia de grades regulares visando a homogeneização da unidade espacial em um mesmo tamanho, tornando assim, a célula a unidade de análise.

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 (CÂMARA, 2005).

A definição da resolução espacial das células foi definida empiricamente para que pudesse captar os elementos envolvidos na pesquisa: padrão de uso e cobertura da terra e características da paisagem relevantes para a presença de vetores de doenças, no qual fosse possível fazer uma ligação entre ambos. No que concerne aos padrões de uso e cobertura da terra, a menor unidade que representasse nível de detalhes dos padrões de cada classe levando em consideração a extensão da área de estudo. Enquanto que para os vetores, a importância das características da paisagem sobre o ciclo de vida.

Das três doenças analisadas nesta pesquisa duas são transmitidas por vetores que pertencem a família *Culicidae* – dengue transmitida pelo vetor do gênero *Aedes*, malária gênero *Anopheles*. A leishmaniose, embora seu vetor tenha sido frequentemente confundido como mosquito, é transmitido por insetos flebótomos do gênero *Lutzomyia* que pertencem a família

Psychodidae e subfamília *Phlebotominae*. Os três vetores têm em comum a transmissão de agente patogênicos que inoculam no hospedeiro através da picada das fêmeas da espécie envolvida no ciclo de transmissão (NÚNCIO; ALVES, 2014).

A definição do tamanho da grade também se deu pelo critério de distância do alcance de voos de três principais espécies transmissoras das doenças – *Aedes Aegypti* (entre 100m a 800m) (HONÓRIO et al., 2003), *Anopheles Darlingi* (até 2 km) (DEANE; CAUSEY; DEANE, 1948) e *Lutzomyia* (até 960 m) (ALEXANDER; YOUNG, 1992).

Além disso, a localização das comunidades que fazem parte da área da RMS apresenta dados através de pares de coordenadas, não tendo um limite estabelecido. Dessa forma, ao considerar o tamanho da grade também se pensou na extensão que pudesse representar as características próximas ao par de coordenadas para caracterizar cada localidade.

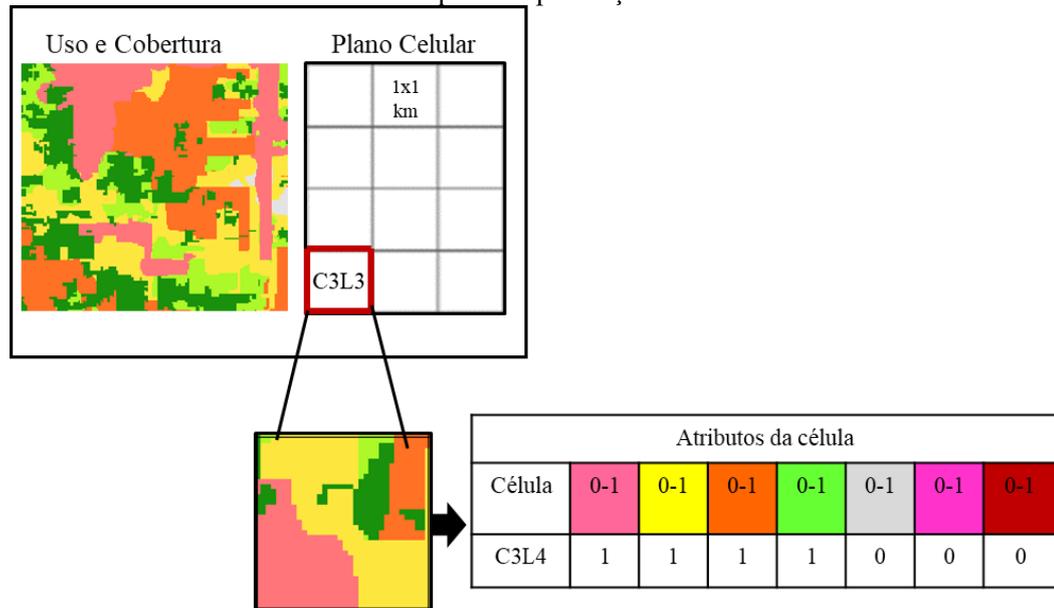
Levando os critérios supracitados em consideração, o tamanho celular mais consistente foi de 1 km x 1 km. Lembrando que a resolução das células influencia na leitura do fenômeno e conseqüentemente na interpretação dos resultados obtidos. Dessa forma, a escala de observação foi definida conforme os critérios estabelecidos no intuito de responder aos questionamentos dessa pesquisa.

3.3.1 Preenchimento

As variáveis de uso e cobertura, os fatores determinantes e os agravos foram inseridos na célula regular de 1 x 1 km², denominada de espaço celular, por meio do gerenciador preenchimento de células FillCell versão 2.0 (TerraME), totalizando 27.841 células em toda a extensão da RMS.

A redistribuição das variáveis no espaço celular foi realizada através de operadores matemáticos escolhidos de acordo com a representação geométrica e a semântica dos atributos dos dados de entrada. Os operadores (ANDRADE e AVANCINI, 2017) utilizados para o preenchimento de cada fator foram: *presença*: classes de uso e cobertura da terra (ilustrado na Figura 3.11), unidades de conservação, projetos de assentamentos, estradas, corpos d'água e agravos; *soma pela área*: número de pessoas por distrito; *média*: valor médio da declividade, precipitação, temperatura de superfície, altimetria; *distância*: núcleos urbanos e rodovias.

Figura 3. 11 - Representação esquemática dos atributos de uma célula da grade regular através do operador presença.



Fonte: Elaborado pela autora.

3.4 SOFTWARES

Utilizou-se QGIS (ferramenta open source) para reclassificação, visualização das variáveis. GRADS (ferramenta open source) para manipular e exportar os dados de precipitação. R Studio (ferramenta open source) para download, reprojeção e conversão de HDF para GeoTIFF das imagens de temperatura de superfície. Gerenciador de scripts FillCell (TerraME) para a criação do espaço celular e preenchimento das variáveis. Harbour MiniGUI Extend (ferramenta open source) para cálculo da diversidade de Shannon e modelo baseado em regras. Gretl (ferramenta open source) e Past (ferramenta open source) para análises estatísticas. Calc LibreOffice (ferramenta open source) para tabulações e gráficos. ArcGis na versão 10.6, sob licença para estudante a autora deste trabalho, para elaboração dos mapas finais.

4 DETERMINANTES DO PADRÃO DE USO E COBERTURA DA TERRA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SANTARÉM

4.1 INTRODUÇÃO

O sistema terrestre funciona a partir da interação entre seus componentes (oceanos, atmosfera, criosfera, solo-vegetação) e o homem tem modificado esse sistema, principalmente nos últimos 200 anos, através da exploração de recursos naturais, como energia, recursos hídricos, entre outros. O reconhecimento dos impactos que as atividades antrópicas trouxeram aos componentes do sistema terrestre fez surgir o termo “antropoceno” para designar a era geológica dominada pelas atividades humanas, proposto nos anos 2000 por Crutzen e Stoermer (MONASTERSKY, 2015; BRONDIZIO et al. 2016).

O uso e cobertura da terra (Land Use and Cover - LUC) representam os elementos integrantes do sistema terrestre por ser a base dos recursos. Mudanças no uso e cobertura da terra (LUCC – Land Use and Cover Change) impactam os componentes do sistema terrestre, por exemplo os ecossistemas, a sociedade humana e o clima (FOLEY et al. 2005), por isso tem sido considerada como um dos principais fatores determinantes das mudanças ambientais global.

As mudanças no uso e cobertura da terra estão entre as mudanças globais mais expressivas pela sua velocidade de transformação, pela magnitude e alcance de seus impactos e também por serem eventos que acontecem mundialmente. Além disso, os padrões emergentes visíveis na paisagem denotam os processos de transformação ocorridos (MEYFROIDT et al., 2013).

Reconhecidamente como um processo dinâmico, as mudanças no uso da terra são resultado da interação entre fatores, também denominadas de forçantes de mudanças (*driving forces*), tais como fatores socioeconômicos e ambientais (LESSCHEN; VERBURG; STAAL, 2005; GEIST et al., 2006). Esses fatores atuam de diferentes formas para gerar diversos padrões de uso e cobertura da terra em diferentes locais e por isso muitas pesquisas são dedicadas à análise das relações entre o uso da terra e as variáveis que atuam como fatores determinantes de mudanças (LAMBIN et al., 2001).

Os fatores determinantes atuam como facilitadores ou impeditores para que mudanças ocorram em uma determinada região. Exemplos são unidades de conservação, estradas, clima, entre outros que estão inclusos em categorias mais amplas tal como demográficos, econômicos, tecnológicos, políticos e institucionais, culturais e fatores biofísicos. A definição e escolha

dessas variáveis, para o estudo de mudança espacial é uma das mais importantes etapas desse tipo de estudo uma vez que uma das questões a serem entendidas é como várias forças motrizes atuam em um determinado contexto espacial, gerando novas configurações territoriais.

Embora tenha sido estabelecido um *framework* (GEIST; LAMBIN, 2002; LAMBIN, GEIST; LEPERS, 2003) dos processos que influenciam os padrões de desmatamento e outros usos e coberturas da terra, a composição dos fatores diferem de um local para outro. Assim, as características culturais, socioeconômicos e biofísicos local somado a escala de paisagem adotada irá levar a diferentes padrões dependendo do contexto espacial.

O primeiro passo para entendimento dos possíveis impactos local de mudanças no uso e cobertura da terra é conhecendo a configuração espacial e seus determinantes de mudanças. Visando isto, este capítulo busca (i) Analisar os padrões de áreas de agricultura, floresta, área construída, pastagem e vegetação secundária nos anos de 2004, 2010 e 2014 na região metropolitana de Santarém. (ii) identificar os fatores determinantes que tem influenciado os padrões de LUC. (iii) aplicar método empírico de análise para verificar relações entre fatores e padrões de uso e cobertura da terra.

Esses objetivos são resultados de questões que norteiam pesquisas em LUC e como tal requerem conhecimentos orientados aos espaços em estudo, assim para a RMS, três questões são pertinentes:

1. Quais são os padrões de uso e cobertura da terra (agricultura permanente e temporária, floresta, área construída, pastagem e vegetação secundária)? E quais são os fatores que determinam a tendência espacial?
2. Quais são as relações entre as variáveis dependentes e independentes?

4.1.1 Conceito de LUC

A partir da década de 1970 o campo de estudos sobre mudanças no uso e cobertura avançou sobretudo por causa dos problemas relacionados ao desmatamento. As mudanças ambientais ocorridas nas últimas décadas despertaram o interesse na temática juntamente com os impactos ambientais e socioeconômicos (AGUIAR, 2003.). Diversos eixos de abordagens delimitando grandes temas de estudo, como por exemplo os impactos causados pelo desmatamento nos fluxos de matéria e energia e às alterações na superfície terrestre e na sua cobertura biótica foram sendo desenvolvidos.

Briassoulis (2000) fez uma revisão sistemática sobre mudanças no uso da terra e destacou que existem diferentes conceitos para uso da terra. A mesma palavra é usada com

diferentes significados em um mesmo ou diferentes contextos. O autor ainda destaca a confusão que geralmente ocorre com o uso dos termos “uso” e “cobertura”, geralmente usadas como sinônimas, porém significando coisas diferentes.

Cobertura da terra compreende o revestimento natural ou superficial das características biofísicas da superfície terrestre (AGUIAR, 2003). A princípio, o termo era usado somente para designar o tipo de vegetação que cobria a superfície terrestre, porém passou a incluir as coberturas que foram construídas pelo homem (BRIASSOULIS, 2000). Exemplos de cobertura da terra são: floresta, áreas construídas, água. Já uso da terra está associado com a utilização que é dada a determinadas coberturas. Essa utilização está associada com atividade humana tais como lazer, esporte, agricultura, conservação. Um único tipo de cobertura pode ter múltiplos usos, como por exemplo o uso da floresta para conservação e parques.

Mudanças de Uso e Cobertura da Terra se refere tanto à conversão entre classes (por exemplo, processos de desertificação e desflorestamento), quanto a alterações nessas classes (intensificação de uso agrícola, degradação da cobertura vegetal) (BRIASSOULIS, 2000). Dentre as mudanças de uso e cobertura pode-se citar o desmatamento, construção de rodovias, invasão agrícola, construção de barragens, irrigação, degradação de zonas costeiras, modificação de áreas úmidas, mineração, concentração ou expansão de ambientes urbanos e outras atividades (PATZ et al., 2004).

As transformações causadas em um espaço decorrentes das mudanças do uso e cobertura da terra geralmente são evidenciadas do ponto de vista dos impactos negativos, porém nem sempre as mudanças são somente negativas. Para tanto é preciso avaliar a escala de temporalidade e espacialidade do evento. Além disso as ações de cunho político e social também podem contribuir para impedir a influência negativa e, assim, mitigar, se não eliminar, as consequências indesejáveis da mudança do uso da terra (BRIASSOULIS, 2000, AGUIAR, 2003).

4.1.2 Determinantes do Uso e Cobertura da Terra

A mudança no uso da terra é impulsionada por complexa interação de fatores sinérgicos associados à demanda, capacidade tecnológica, intervenção política, e à natureza do ambiente em questão (LAMBIN, GEIST e LEPERS, 2003).

Esses fatores são geralmente subdivididos em dois grupos: causas imediatas e causas subjacentes. Causas imediatas são atividades e ações que afetam diretamente o uso da terra, por exemplo extração de madeira ou construção de estradas. Causas subjacentes são as "forças

fundamentais" que sustentam as causas imediatas, incluindo fatores demográficos, econômicos, tecnológicos, institucionais e ambientais (GEIST; LAMBIN, 2002).

Os determinantes são descritos como variáveis explicativas os quais podem ser diversos e descrevem diferentes aspectos da área de estudo e seu contexto, tais como acessibilidade (distância de assentamentos, distância a núcleos urbanos, estradas), biofísicos (declividade, elevação, chuva, solos, temperatura), atividades humanas (agricultura, densidade populacional, migração), políticos (áreas protegidas, subsídios para pecuária ou agricultura) (AGUIAR, 2006).

Muitos estudos empíricos sobre os padrões de mudança de uso da terra se concentraram em fatores determinantes para explicar o desmatamento, urbanização e outros tipos de uso e cobertura da terra. Alguns fatores como declividade, elevação, proximidade a mercados e crescimento populacional foram utilizados como variáveis explicativas para o padrão de mudanças de uso e cobertura da terra (AGUIAR, 2006; ESPINDOLA et al., 2012; SILVA et al., 2016; SILVA; LI, 2017).

4.1.3 Métodos empíricos - Regressão Logística

Abordagens empíricas são usualmente utilizadas para explorar os principais fatores que influenciam LUCC, especialmente através de análise de regressão. A regressão é empregada para investigar a associação de uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes, nesta abordagem em específico o uso e cobertura da terra e os fatores determinantes, respectivamente (LESSCHEN; VERBURG; STAAL, 2005).

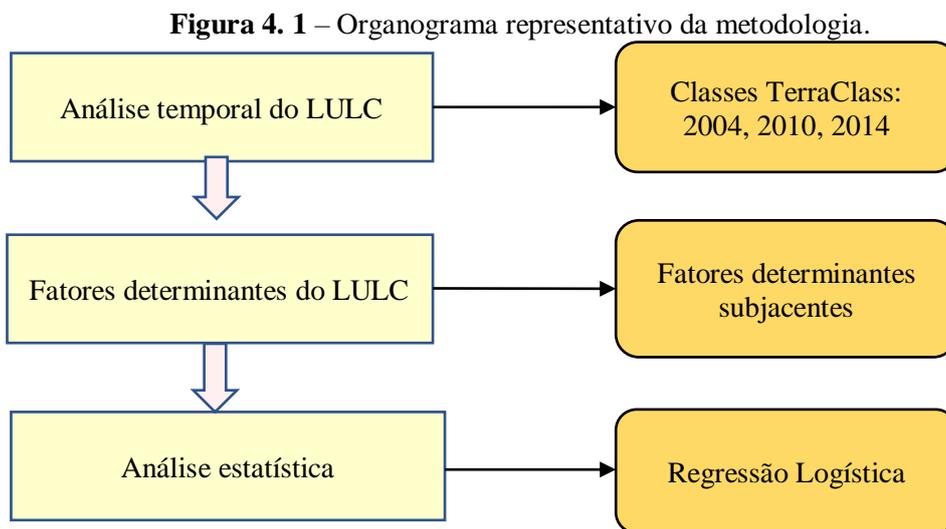
Uma das formas de se obter relacionamentos empíricos é através de dados de corte transversal (um ponto no tempo) para analisar as relações entre fatores determinantes e a estrutura (ou padrão) de uso/cobertura da terra (VERBURG et al., 2004a; AGUIAR, 2006). Os dados utilizados nessas análises geralmente são aqueles derivados de sistemas de sensoriamento remoto por satélite e de informações geográficas (SIG), que fornecem dados quantitativos em diferentes escalas espaciais e temporais.

Entre vários tipos de métodos de regressão, a logística contínua sendo uma das mais comum juntamente com a regressão linear (VERBURG et al., 2004b; HYANDYE; MANDARA; SAFARI, 2015). A regressão logística (RL) calcula a probabilidade de caso acontecer a presença de uma determinada categoria da variável dependente a partir dos fatores fornecidos (ROSSITER e LOZA, 2012).

Por ser amplamente utilizado a RL foi considerada adequada para este estudo a fim de quantificar a relação espacial dos fatores determinantes que influenciam os padrões espaciais de uso e cobertura da terra.

4.2 METODOLOGIA

A análise baseou-se em dados de séries temporais sobre cobertura florestal, urbanização, vegetação secundária e pastagem para os anos de 2004, 2010 e 2014, e variáveis biofísicas e socioeconômicas para investigar os fatores que determinaram padrões na RMS utilizando para isso metodologia de análise empírica. A Figura 4.1 apresenta a metodologia deste capítulo, para alcançar os objetivos estabelecidos, dividido em três etapas como segue:



Fonte: elaborado pela autora.

4.2.1 Variáveis

Uso e Cobertura da terra

Para esta etapa foi utilizado os dados de Uso e Cobertura da Terra da Amazônia Legal elaborado no âmbito do projeto TerraClass anos 2004, 2010 e 2014. Nove classes estão representadas na área de estudo, sendo que dessas apenas cinco (Agricultura, Urbano, Floresta, Pastagem e Vegetação Secundária) fazem parte da análise empírica por serem aquelas de interesse para o objetivo geral da tese.

Fatores determinantes potenciais

Os fatores determinantes selecionadas foram aqueles com potencial para explicar o padrão de uso e cobertura da terra na RMS. A escolha dessas variáveis foram mediante revisão de literatura pertinente (AGUIAR et al., 2007; RIVERO et al., 2009; XIE e SHA, 2012; DIAS-FILHO, 2014) e disponibilidade de dados oficiais e de qualidade. Foi composto um banco de dados contendo 12 variáveis subdividas em quatro categorias de fatores subjacentes (conforme Tabela 4.1):

Acessibilidade: núcleos urbanos, estradas, hidrovias, rodovias.

Políticas públicas: Projetos de assentamentos (PA, PDS, PEAE), Áreas protegidas;

Biofísicas: precipitação pluviométrica, temperatura de superfície, declividade e altitude.

Demográfico: população por distrito.

Buscou-se dados das variáveis independentes em anos mais próximos dos dados de uso e cobertura com a finalidade de captar as relações no tempo próximo, por exemplo dados do censo 2000 foram utilizados para as variáveis dependentes de 2004, dados do censo de 2010 utilizados para 2010 e 2014. Dados que não possuem disponibilidade temporal foram utilizados em todos os anos de análise, como por exemplo, rodovias e unidades de conservação.

Tabela 4.1 – Sumário dos dados usados para a análise de regressão logística.

Variáveis	tipo de dado	Ano disponível	Fonte
Resposta			
Agricultura			
Urbano		2004	
Floresta	Binário (0-1)	2010	INPE/EMBRAPA
Pastagem		2014	
Vegetação Secundária			
Biofísicos			
Precipitação pluvial acumulada média do trimestre chuvoso	Contínuo (mm)	1990-2014	CHIRPS
Precipitação acumulada média do trimestre seco	Contínuo (mm)	1990-2014	
Altitude (m)	Contínuo (m)	-	TOPODATA
Declividade	Contínuo (°)	-	TOPODATA
Temperatura de superfície média do trimestre mais seco	Contínuo (°C)	2000-2004 2005-2010 2011-2014	MODIS
Socioeconômico			

Continua

Tabela 4.1 - Sumário dos dados usados para a análise de regressão logística.

Variáveis	tipo de dado	Ano disponível	conclusão Fonte
Distância a Rodovias	Contínuo (km)	-	DNIT
Distância a Núcleos urbanos	Contínuo (km)	-	IBGE
Presença de Estradas	Binário (0-1)	-	SEMMAS/PA
Presença de Corpos d'água	Binário (0-1)	-	IBGE
população por distrito	Contínuo (n° de pessoas)	2000 2010	IBGE
Políticos			
Presença de Áreas protegidas	Binário (0-1)	-	MMA
Presença de Projeto de assentamentos	Binário (0-1)	Até 2006	INCRA

Fonte: elaborado pela autora.

Para representar as variáveis de padrão e fatores determinantes cada variável foi inserida em uma célula regular de 1 x 1 km², conforme critérios estabelecidos na seção 3.3 da metodologia geral da tese.

As variáveis independentes estão descritas de X₁ a X₁₂ representando, respectivamente, média da altitude, média da declividade, média da temperatura de superfície no trimestre de maior temperatura, distância a núcleos urbanos, distância a rodovias, número de pessoas por distrito, presença de estradas, presenças de corpos d'água, presença de unidades de conservação, precipitação pluvial no trimestre acumulado chuvoso, precipitação pluvial no trimestre acumulado seco, presença de assentamento humano.

4.2.2 Teste de Multicolinearidade

Como pré-requisito do método de regressão logística, as variáveis independentes foram testadas para verificação de multicolinearidade. Esse requisito consiste em que as variáveis explicativas sejam independentes uma da outra de modo que a importância de cada variável explicativa possa ser verificada individualmente. A multicolinearidade acontece quando os preditores estão linearmente relacionados, levando a uma superestimação dos estimadores (DORMANN et al. 2013; SALVIAN, 2016).

Duas análises foram empregadas: correlação de *Spearman* entre todas as variáveis independentes em que se estabeleceu um valor crítico $\geq 60\%$ de correlação para verificar a multicolinearidade das variáveis entre si e o Fator de Inflação da Variância (VIF) no qual busca-

se valores de VIF inferiores a 10 para evitar a multicolinearidade das variáveis (SALVIAN, 2016).

4.2.3 Regressão Logística

A relação entre LUCC e os fatores determinantes potenciais foi testada usando a análise de regressão logística. A variável dependente neste tipo de análise deve ser categórica, nesse estudo mais precisamente é um evento dicotômico de presença ou ausência do tipo binária, em que presença assume o valor 1 (um) se o evento de interesse ocorre ou 0 (zero) em caso contrário (FÁVERO et al., 2009).

Na regressão logística as variáveis independentes podem ser do tipo contínuas ou categóricas, conforme apresentado na Tabela 4.1.

A função logística fornece os valores de probabilidade que podem ser expressos quantitativamente como uma função das variáveis explicativas declaradas da seguinte forma:

$$f(Z) = \frac{1}{1 + e^{-Z}}$$

Sendo Z:

$$Z = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$$

Em que p indica a probabilidade de ocorrência do evento de interesse, X representa o vetor de variáveis explicativas (ou independentes) e α e β os parâmetros do modelo. O termo $\ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$ é chamado de logit e o termo $\frac{p}{1-p}$ representa a chance (odds) de ocorrência do evento.

Odds ratio (OR) são usados para facilitar as interpretações do modelo. A razão de chances [$\exp(\beta)$], expressão traduzida de OR, pode ser interpretada como a mudança nas chances para o evento considerado (isto é, mudança no uso da terra) com o aumento de uma unidade no fator correspondente.

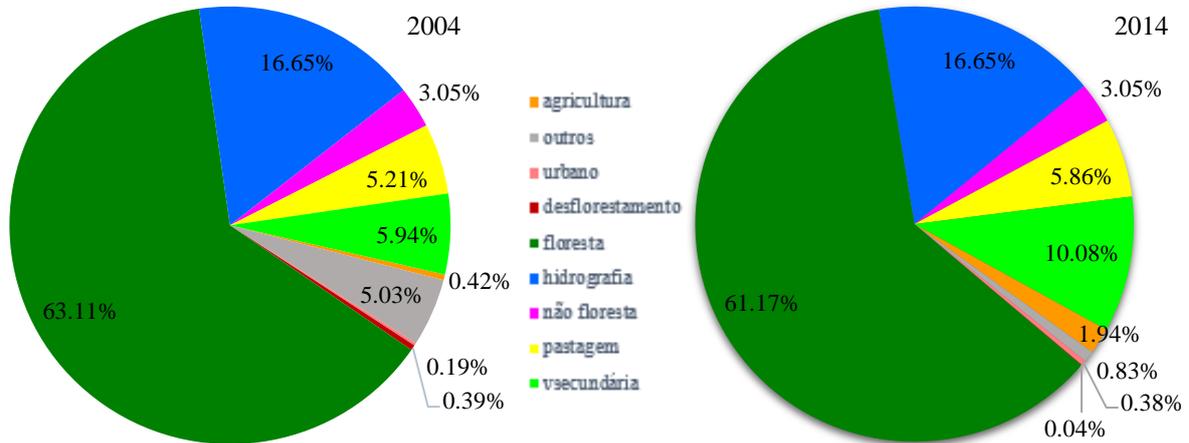
A análise foi realizada para três anos 2004, 2010, 2014, visando uma análise de longo prazo para verificar o padrão de cada ano e as possíveis diferenças entre as relações estabelecidas com as variáveis explicativas ao decorrer do tempo.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Mudança temporal da cobertura da terra entre 2004 e 2014

Floresta primária aparece como a principal classe dominante de LUC na área de estudo, seguida por hidrografia e vegetação secundária, pastagem, não floresta, agricultura e urbano (Figura 4.2) em duas datas (2004 e 2014) representando o início e o fim do período analisado.

Figura 4. 2 – Perfil das classes de uso e cobertura da terra em 2004 e 2014.



Fonte: elaborado pela autora

No primeiro período de 2004 a 2010, a área de estudo experimentou crescimento em áreas urbanas, agrícolas, pastagem e vegetação secundária, bem como perdas em áreas de florestas primárias. Enquanto que, no segundo período, 2010-2014, as áreas urbanas e agrícolas continuaram com tendência de crescimento, no entanto a vegetação secundária e pastagens diminuíram, como pode ser visto na Tabela 4.2.

Observa-se que na área de estudo há presença elevada de nuvens o que pode ter influenciado nos valores reais de área dos usos e coberturas, esse dado é representado por 1.399,76 km² e 230,45 km² em 2004 e 2014, respectivamente. Outro ponto a ser observado é que hidrografia e não floresta não apresentaram variação nas três datas analisadas.

Tabela 4. 2 – Mudanças de uso e cobertura da entre 2004 e 2014.

Classes	Área 2004 (km ²)	Área 2010 (km ²)	Área 2014 (km ²)
Agricultura	118,25	329,587	539,23
Outros	1399,76	77,0346	230,45
Urbano	51,95	80,784	104,53
Desflorestamento	109,21	42,7815	11,29
Floresta	17570,50	17104,5	17031,50
Hidrografia	4636,81	4636,81	4636,81

continua

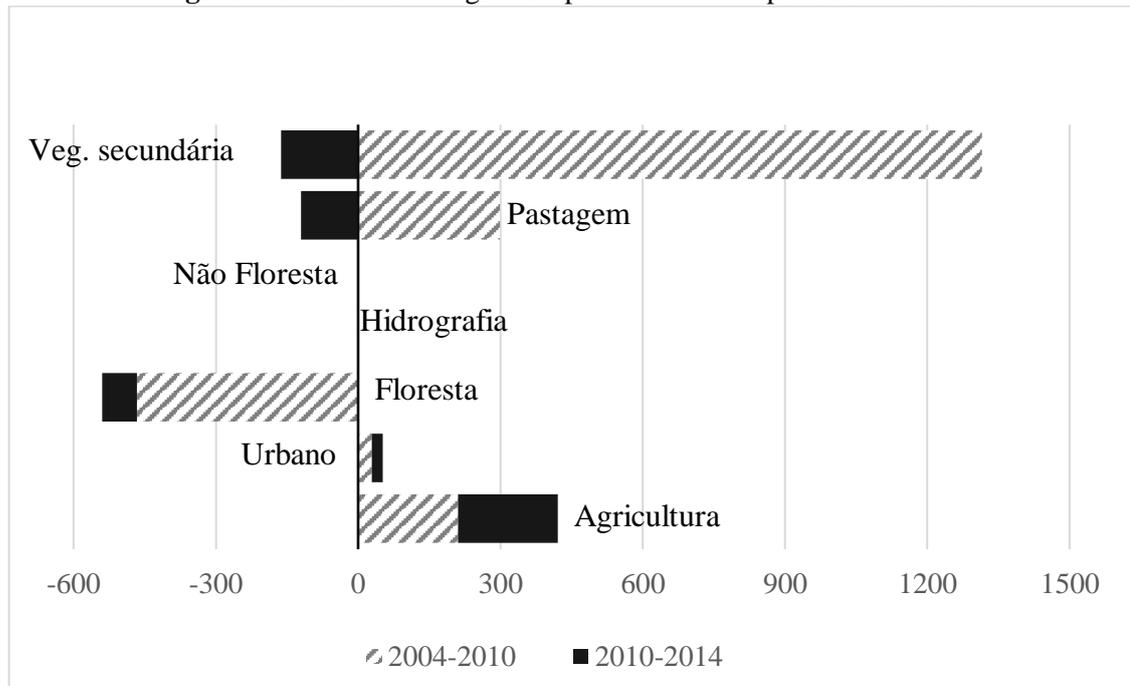
Tabela 4.2 - Mudanças de uso e cobertura da entre 2004 e 2014.

Classes	conclusão		
	Área 2004 (km ²)	Área 2010 (km ²)	Área 2014 (km ²)
Não floresta	849,42	849,419	849,42
Pastagem	1451,16	1750,55	1630,26
Vegetação Secundária	1653,93	2969,54	2807,53

Fonte: Elaborado pela autora.

A magnitude das mudanças entre o período de 2004-2010 e 2010-2014 é apresentado na Figura 4.3. Entre 2004 e 2010, a agricultura expandiu 211,4 km². Similarmente, entre 2010 e 2014 expandiu em 209,65 km², com um ganho em 11 anos de 420,98 km². Na mesma linha de crescimento a urbanização apresentou expansão de quase 30 km² entre 2004 e 2010 e de aproximadamente 23 km² entre 2010 e 2014. Em direção contrária a floresta perdeu 539 km² no período analisado sendo 466 km² em 2004-2010 e 73 km² em 2010-2014.

Vegetação secundária e pastagem apresentaram um dinamismo maior na área de estudo em que no primeiro momento cresce em seguida decresce. A vegetação secundária apresenta um ganho de 1315,61 km² e perda de 162,01 km² e pastagem ganho de 239,99 km² e perda de 120,29 km² no primeiro e segundo período, respectivamente.

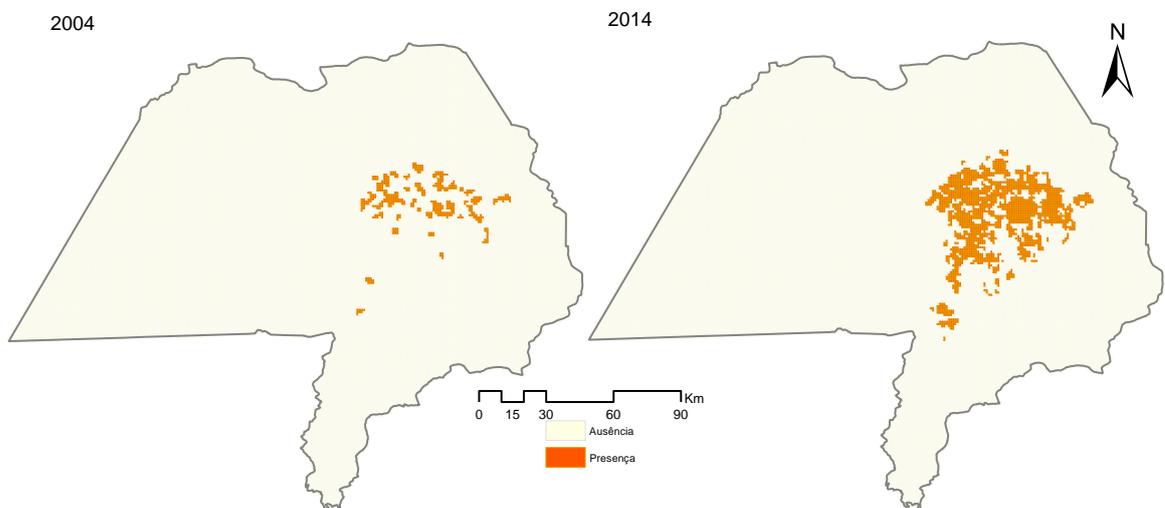
Figura 4.3 – Classes em ganho e perdas durante o período de estudo.

Fonte: elaborado pela autora.

4.3.2 Padrão espacial da presença das classes de uso e cobertura da terra nos anos 2004 e 2014 na RMS

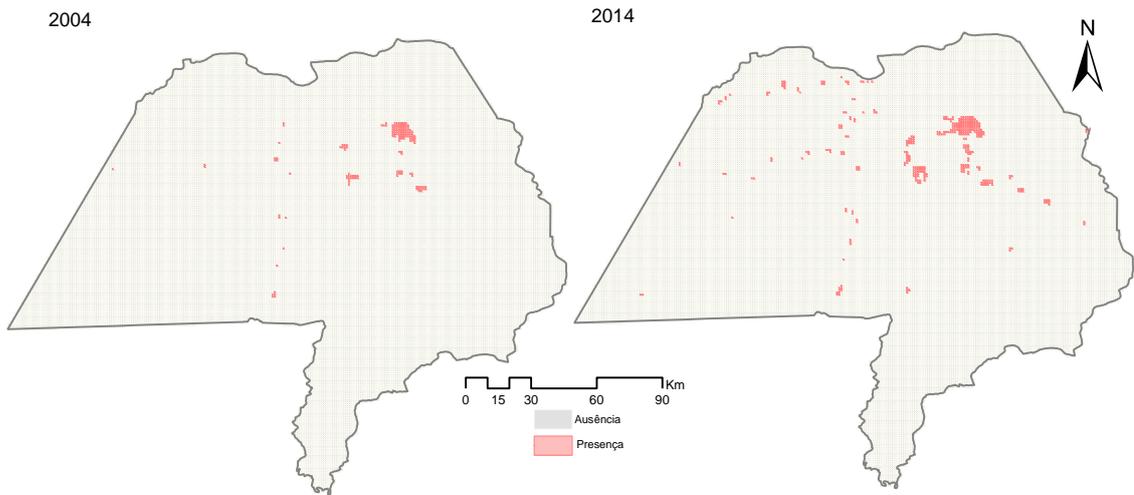
As figuras 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8 e 4.9 apresentam, respectivamente, os padrões da presença das classes agricultura, urbano, floresta, pastagem e vegetação secundária em 2004 e 2014. A agricultura aparece concentrada na região conhecida como planalto santareno, enquanto que a urbanização que antes concentrava-se nas áreas urbanas dos municípios, em 2014 apresentou expansão nas áreas situadas em pequenos núcleos populacional. Pastagem e vegetação secundária apresentaram diferença de presença das classes na porção noroeste onde fica localizado a PAE lago grande. Nessa região no ano de 2004 houve elevada concentração de presença de nuvens, devendo a isso apresentar essa diferença na presença/ausência dessas classes. A classe floresta apresenta-se em praticamente em toda a região, com exceção somente das áreas dominadas por presença de corpos d'água e região de várzea que apresenta a cobertura não floresta.

Figura 4. 4 – Padrão da presença de células com agricultura em 2004 e 2014.



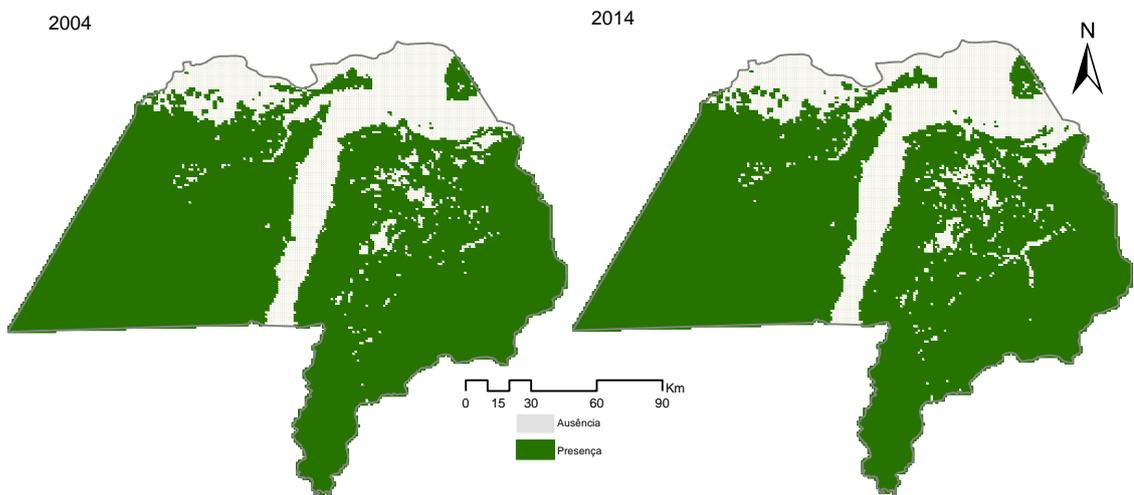
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 4. 5 – Padrão da presença de células com classe urbano em 2004 e 2014.



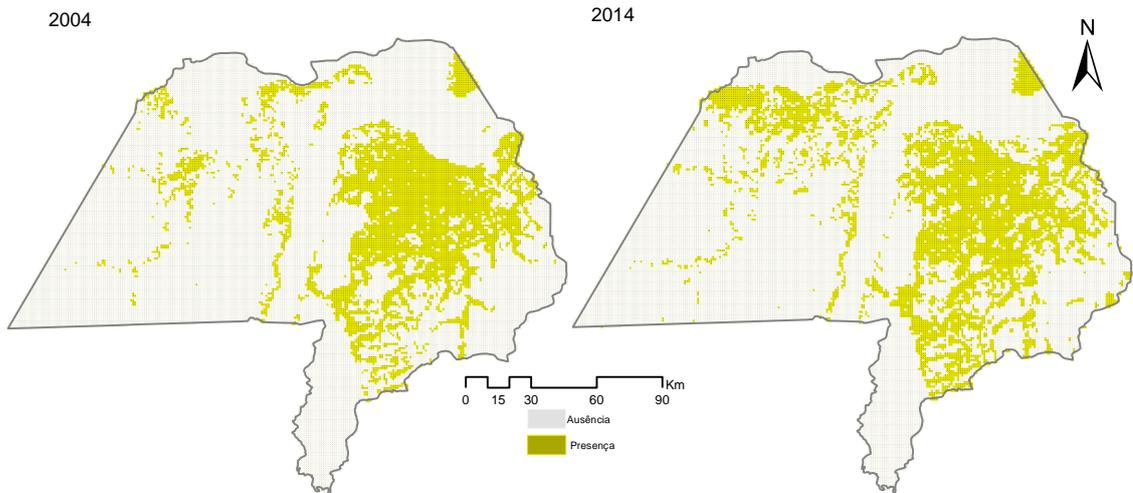
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 4. 6 – Padrão da presença de células com floresta primária em 2004 e 2014.



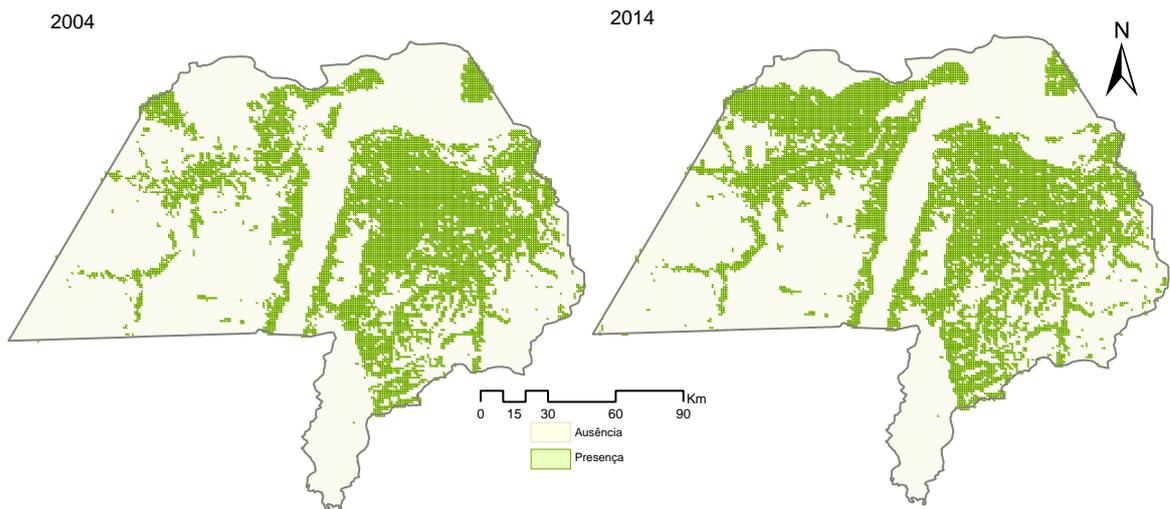
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 4.7 – Padrão da presença de células com pastagem em 2004 e 2014.



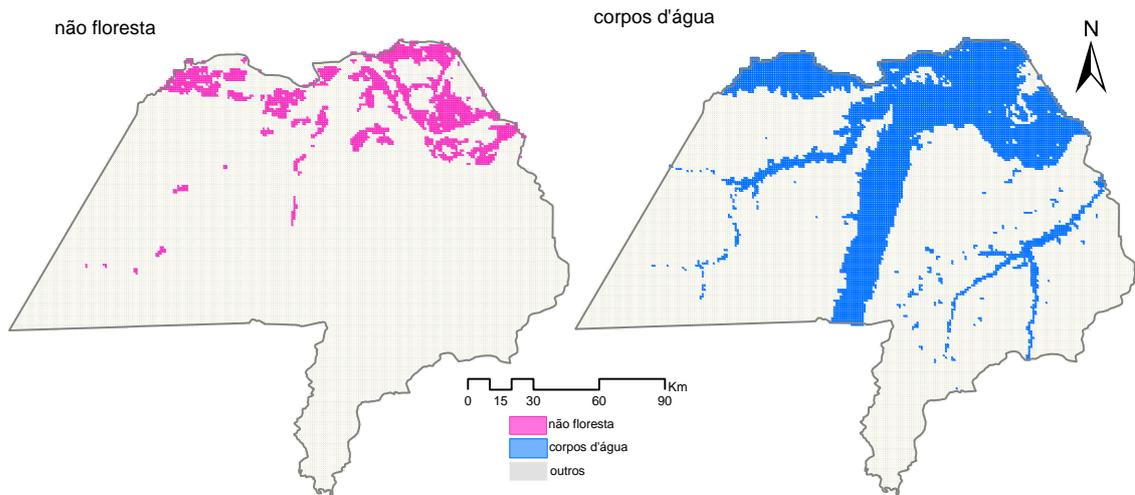
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 4.8 – Padrão da presença de células com vegetação secundária em 2004 e 2014.



Fonte: elaborada pela autora.

Figura 4.9 – Presença/Ausência das classes não floresta e hidrografia.

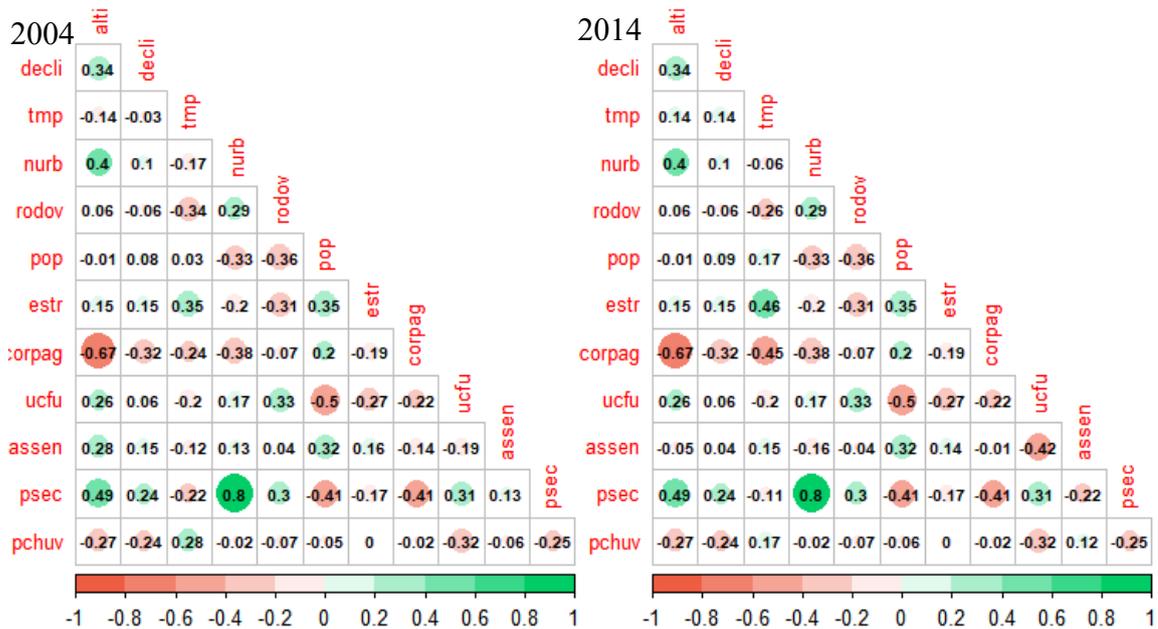


Fonte: elaborado pela autora.

4.3.3 Fatores determinantes do padrão

Na análise exploratória, a correlação entre as variáveis explicativas estiveram abaixo de 0,6, pouco correlacionadas entre si, com exceção da presença de corpos d'água e altitude (-0,67) e precipitação do trimestre seco com a distância a núcleos urbanos (0,80) (Figura 4.10). Essas variáveis não advêm indiretamente de outras variáveis, logo o efeito de colinearidade se deve a outras razões. O VIF apresentou valores abaixo de 10 demonstrando ausência de multicolinearidade das variáveis explicativas.

Figura 4. 10 – Matriz de correlação para variáveis explicativas.



Fonte: elaborado pela autora.

As Tabelas 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7 apresentam os resultados das análises estatísticas para os anos de 2004, 2010 e 2014. Para cada análise a variável dependente representa a presença (ou ausência) de cada uma das classes em células de 1 x 1 km², ou seja, o padrão espacial de um determinado uso e cobertura da terra em uma data específica.

Os coeficientes são apresentados para cada ano de análise juntamente com a razão de chances (Odds ratio) de cada variável sobre o padrão onde valores menores do que 1 indicam que um aumento no valor da variável independente leva a uma diminuição na possibilidade do padrão, enquanto que valores acima de 1 indicam que um aumento no valor da variável independente leva a um aumento na possibilidade do padrão (VERBUG et al., 2004b). Os resultados da regressão logística são referentes às seguintes classes: (1) agricultura, (2) floresta, (3) urbano, (4) pastagem e (5) vegetação secundária.

A Tabela 4.3 apresenta o resultado da análise estatística para as variáveis explicativas onde a variável dependente é a presença de agricultura em cada célula. Verifica-se que a variável distância a núcleos urbanos ganha significância em 2010 e 2014, enquanto que declividade perde. O sinal do efeito do fator unidades de conservação apresenta negativo a partir de 2010 período de crescimento da agricultura na região indicando que a presença de agricultura é menos provável de ocorrer em células com presença de unidades de conservação, resultado este confirmado pelo valor de OR menor que 1 em 2010 e 2014. O fator presença de assentamentos apresenta efeito negativo com magnitude decrescente, em que a chance de

agricultura em células com presença de assentamentos é menor do que em áreas sem a presença desse fator.

A temperatura de superfície apresentou efeito crescente sobre as chances de se ter agricultura em áreas com maiores temperaturas, isto é, para cada aumento de 1 unidade na temperatura a probabilidade aumentou em 2,8 em 2004, 2,4 em 2010 e 2,7 em 2014. Esse mesmo fator a apresentou a maior magnitude nas três datas.

Tabela 4. 3 - Regressão logística – fatores determinantes dos padrões de agricultura na RMS em 2004, 2010 e 2014.

Agricultura	2004		2010		2014	
	Coefficientes (β)	exp (β)	Coefficientes (β)	exp (β)	Coefficientes (β)	exp (β)
X₁	0,0427	1,0436	0,0362	1,0368	0,0192	1,0194
X₂	0,3774	1,4585	0,1792*	1,1962	-0,1585*	0,8534
X₃	1,0267	2,7918	0,8808	2,4128	0,9833	2,6733
X₄	-1,62E-06*	0,999998	-3,247E-05	1	-0,0001	0,9999
X₅	-7,68E-05	0,9999	-0,0001	0,9999	-0,0001	0,9999
X₆	0,0124	1,0125	0,0043*	1,0043	0,0045*	1,0045
X₇	0,9804	2,6655	0,4505	1,569	0,6461	1,9081
X₈	0,5985*	1,8194	-0,5271*	0,5903	-1,322	0,2666
X₉	-		-1,9102	0,1481	-2,5304	0,0796
X₁₀	-0,0483	0,9528	-0,0153	0,9849	0,0171	1,0172
X₁₁	-0,0046	0,9954	-0,0118	0,9883	-0,0117	0,9883
X₁₂	-		-1,2156	0,2965	-1,5308	0,2164
constante	-29,4658		-20,1154		-22,4157	
Pseudo-R²	0,5189		0,6238		0,6716	

*** não significativo; todos os demais valores significantes em p-value < 0.05.**

- não incluso na análise.

Fonte: elaborado pela autora.

Para o padrão da cobertura floresta primária, apresentado na Tabela 4.4, os coeficientes da variável presença de estradas não apresentaram significância em nenhuma das três datas analisadas. A presença de corpos d'água apresenta-se negativa nos três períodos, significando que é menos provável ter esse uso nas células de floresta, com OR em torno de 0,24 em 2014. Em contrapartida, as variáveis distância a núcleos urbanas e distância a rodovias os coeficientes foram positivos indicando que quanto mais distantes maior é a presença de floresta.

Unidades de conservação apresentam coeficientes positivos acima de 2,0, por isso o OR é elevado, significando que a presença de floresta é mais provável em células com presença de

UC. A temperatura de superfície inverte o sinal do coeficiente para negativo a partir de 2010, diminuindo a chance de floresta primária onde as temperaturas são maiores.

Tabela 4. 4 - Regressão logística – fatores determinantes dos padrões de floresta primária na RMS em 2004, 2010 e 2014.

Floresta	2004		2010		2014	
	Coeficientes (β)	exp (β)	Coeficientes (β)	exp (β)	Coeficientes (β)	exp (β)
X₁	0,0271	1,0275	0,0287	1,0291	0,0287	1,0292
X₂	1,4089	4,0915	1,4571	4,2936	1,4575	4,2953
X₃	0,13	1,1388	-0,0531	0,9483	-0,1287	0,8782
X₄	4,63E-05	1,0000463	5,23E-05	1,000052	5,12E-05	1,0000
X₅	4,16E-05	1,0000416	3,52E-05	1,000035	3,31E-05	1,0000
X₆	-0,0244	0,9759	-0,02	0,9802	-0,0196	0,9806
X₇	0,0467*	1,0478	0,038*	1,0388	0,081*	1,0844
X₈	-1,0249	0,3588	-1,3056	0,271	-1,4207	0,2415
X₉	2,6494	14,1449	3,0357	20,8154	3,0284	20,6641
X₁₀	-0,0093	0,9907	-0,0116	0,9885	-0,0114	0,9886
X₁₁	0,0142	1,0143	0,0128	1,0129	0,0129	1,0129
X₁₂	1,9254	6,8582	0,8062	2,2394	0,7726	2,1654
constante	-21,0026		-14,664		-12,5472	
Pseudo-R²	0,6161		0,636		0,6327	

* não significativo; todos os demais valores significantes em p-value < 0.05.

Fonte: elaborado pela autora.

Os resultados para o padrão urbano são mostrados na Tabelas 4.5. Os principais fatores são a presença de estradas e temperatura de superfície. Declividade não apresentou significância em 2004 e 2010, porém em 2014 foi significativo porém com baixa possibilidade com OR de 0,68. Distância a rodovias e população do distrito perderam significância a partir de 2010.

Tabela 4. 5 - Regressão logística – fatores determinantes dos padrões da classe urbano na RMS em 2004, 2010 e 2014.

Urbano	2004		2010		2014	
	Coeficientes (β)	exp (β)	Coeficientes (β)	exp (β)	Coeficientes (β)	exp (β)
X₁	-0,0034*	0,9966	-0,0104	0,9897	-0,0079	0,9922
X₂	-0,4352*	0,6471	-0,1896*	0,8273	-0,3887	0,6779
X₃	0,7268	2,0684	0,3461	1,4135	0,3346	1,3974

continua

Tabela 4.5 - Regressão logística – fatores determinantes dos padrões da classe urbano na RMS em 2004, 2010 e 2014.

Urbano	2004		2010		2014		conclusão.
	Coefficientes (β)	exp (β)	Coefficientes (β)	exp (β)	Coefficientes (β)	exp (β)	
X₄	-1,00E-04	0,9999	-1,00E-04	0,9999	-6,34E-05	0,9999	
X₅	3,96E-05	1,00001	6,315E-06*	1,00001	-5,471E-06*	0,9999	
X₆	0,017	1,0172	0,0008*	1,0008	-0,0099*	0,9901	
X₇	3,162	23,6185	3,0896	21,9684	3,122	22,6917	
X₈	1,6536	5,2258	1,3528	3,8683	1,4253	4,159	
X₉	1,8641	6,45	1,5368	4,6496	1,3013	3,6742	
X₁₀	-0,0994	0,9053	-0,0612	0,9407	-0,0568	0,9448	
X₁₁	0,0029	1,0029	0,0027*	1,0027	0,0014*	1,0014	
X₁₂	-	-	-0,0966*	0,9079	0,1461*	1,1574	
constante	-19,8072		-11,0408		-9,1293		
Pseudo-R²	0,4777		0,3804		0,3646		

* não significativo; todos os demais valores significantes em p-value < 0.05.

Fonte: elaborado pela autora.

Verifica-se nos resultados da Tabela 4.6 que somente a variável precipitação do trimestre chuvoso não foi significativa para a presença de pastagem, porém ganhou significância em 2010 e 2014. Todos as demais foram significativas nos três anos analisados, contudo, somente declividade média, temperatura de superfície, presença de estradas, presença de UC e presença de assentamentos apresentam coeficientes e OR acima de 1,2.

Tabela 4. 6 - Regressão logística – fatores determinantes dos padrões pastagem na RMS em 2004, 2010 e 2014.

Pastagem	2004		2010		2014	
	Coefficientes (β)	exp (β)	Coefficientes (β)	exp (β)	Coefficientes (β)	exp (β)
X₁	-0,0048	0,9952	-0,01	0,9901	-0,0111	0,9889
X₂	1,2695	3,5589	1,2618	3,5319	0,7926	2,209
X₃	0,7807	2,1829	0,6292	1,8761	0,6256	1,8693
X₄	-2,02E-05	0,99998	-2,68E-05	0,99997	-2,03E-05	0,99998
X₅	-2,21E-05	0,99998	-3,32E-05	0,99997	-2,94E-05	0,99997
X₆	0,0655	1,0677	0,0421	1,043	0,0424	1,0433
X₇	1,7789	5,9233	1,9632	7,1221	1,7411	5,7034
X₈	-0,3624	0,696	-0,6791	0,5071	-0,5498	0,5771

continua

Tabela 4.6 - Regressão logística – fatores determinantes dos padrões pastagem na RMS em 2004, 2010 e 2014.

Pastagem	2004		2010		2014		conclusão
	Coefficientes (β)	exp (β)	Coefficientes (β)	exp (β)	Coefficientes (β)	exp (β)	
X ₉	0,4423	1,5563	0,262	1,2996	0,3564	1,4282	
X ₁₀	-0,0001*	0,9999	0,0113	1,0114	0,0125	1,0126	
X ₁₁	-0,0068	0,9932	-0,0073	0,9927	-0,0042	0,9958	
X ₁₂	0,2262	1,2538	0,3371	1,4009	0,6734	1,961	
constante	-19,6322		-15,5999		-17,5678		
Pseudo-R ²	0,4193		0,4651		0,4067		

*** não significativo; todos os demais valores significantes em p-value < 0.05.**

Fonte: elaborado pela autora.

Para a vegetação secundária, os resultados estão apresentados na Tabelas 4.7. Os principais fatores são a declividade média, temperatura de superfície, presença de estradas e presença de unidades de conservação e presença de assentamentos humano, com OR acima de 1,8. Embora os demais coeficientes sejam baixos durante as três datas, somente a população do distrito não foi significativa e em particular para o ano de 2010.

Tabela 4.7 - Regressão logística dos fatores determinantes dos padrões de vegetação secundária na RMS em 2004, 2010 e 2014.

Veg. Secundária	2004		2010		2014	
	Coefficientes (β)	exp (β)	Coefficientes (β)	exp (β)	Coefficientes (β)	exp (β)
X ₁	-0,011	0,989	-0,0161	0,984	-0,0184	0,9818
X ₂	1,146	3,1455	1,341	3,8228	1,3991	4,0516
X ₃	0,5982	1,8189	0,7027	2,0192	0,5966	1,8159
X ₄	-1,69E-05	0,9999	-2,23E-05	0,9999	-2,31E-05	0,99997
X ₅	-2,66E-05	0,9999	-3,50E-05	0,9999	-3,33E-05	0,99996
X ₆	0,0381	1,0388	0,0004*	1,0004	-0,0054	0,99461
X ₇	1,6364	5,1367	2,0127	7,4831	1,8222	6,1857
X ₈	-1,1862	0,3054	-1,7722	0,17	-1,8892	0,1512
X ₉	0,8655	2,3762	1,1543	3,1718	1,0931	2,9836
X ₁₀	-0,0105	0,9896	-0,012	0,988	-0,0123	0,9878
X ₁₁	-0,0061	0,994	-0,0031	0,9969	-0,0056	0,9945
X ₁₂	0,7855	2,1935	0,9584	2,6074	1,0548	2,8714
constante	-11,6915		-17,1502		-11,2808	
Pseudo-R ²	0,3529		0,4506		0,4246	

*** não significativo; todos os demais valores significantes em p-value < 0.05.**

Fonte: elaborado pela autora.

Nos modelos analisados, o conjunto de variáveis para cada uso e cobertura demonstraram baixos coeficientes de determinação através do pseudo- R^2 de McFadden com valores entre 0,5 e 0,7 para agricultura, em torno de 0,63 para floresta, entre 0,48 e 0,36 para urbano, entre 0,41 a 0,46 para pastagem e 0,35 e 0,45 para vegetação secundária para os anos de 2004, 2010 e 2014, respectivamente.

4.4 DISCUSSÃO

Este estudo considerou o padrão de LUC na Região metropolitana de Santarém em um período de pós inserção da agricultura mecanizada, que ocorreu no final da década de 90 nos municípios que fazem parte da RMS (VENTURIERI et al., 2007). Um novo processo de ocupação do espaço resultante da entrada da soja alterou o padrão da paisagem na RMS, entre os quais se pode citar a migração populacional para os núcleos urbanos que, além de aumentar a densidade populacional, ocasionou a expansão da área urbana do município de Santarém e dinâmicas de outros usos e coberturas da terra principalmente no interstícios desses municípios (VENTURIERI et al., 2007; COELHO, 2009; SOUZA, ESCADA e MONTEIRO, 2015; CARDOSO et al., 2016).

A análise dos resultados demonstrou o crescimento em 2004-2010 e 2010-2014 de áreas de agricultura e de áreas construídas, enquanto que a floresta primária perdeu áreas nesses dois períodos de tempo. Em contrapartida, a vegetação secundária e a pastagem apresentaram ganhos e perdas nos respectivos períodos, demonstrando uma dinâmica para ambas as classes que pode ser justificada pelas transições que ocorrem entre essas classes de uso e cobertura da terra.

A vegetação secundária é a terceira maior classe em termos de área, entre nove classes descritas na Tabela 4.2, nos anos analisados com 5,94% em 2004 e 10,08% em 2014. Nesse sentido, percebe-se um crescimento da vegetação secundária no recorte de estudo. Vale ressaltar que em 2004 houve presença acentuadas de nuvens, resultado este identificado na classe outros com 5,03% de área. Apesar disso, existe uma tendência de crescimento da vegetação secundária, evidenciado em outras pesquisas, em função do sistema produtivo tradicional baseado, em grande parte, no sistema de corte, queima e pousio (VENTURIERI et al., 2007) apresentando, assim, um dinamismo dessa classe na área de estudo (SOUZA, ESCADA e MONTEIRO, 2015).

As transições entre vegetação secundária, pastagem e agricultura são possíveis em duplo sentido em um curto período de tempo, o que é mais difícil de acontecer por exemplo com o

uso urbano que possui uma maior dificuldade/elasticidade para ser convertida e/ou modificada para um outro uso. O processo de sucessão secundária começa com o desmatamento da floresta primária, cuja evolução pode seguir uma variedade de trajetórias (MELLO; ALVES, 2011), entre as quais desmatamento para pastagem ou seguindo um processo de regeneração da vegetação. Na região do planalto santareno os processos que levaram as mudanças de uso e cobertura iniciadas pelos desmatamentos da floresta para finalidades antrópicas culminaram com a expansão da soja que são principalmente de áreas convertidas de pastagem e vegetação secundária (COELHO, 2009).

Os fatores que afetam o padrão de mudanças de LUC mostraram padrões diferentes para os três períodos de tempo (2004, 2010 e 2014). De acordo com os valores de odds ratio, as variáveis biofísicas foram precipitação do período chuvoso para o uso urbano e cobertura floresta, temperatura de superfície exceto para classe floresta, elevação para agricultura e floresta, enquanto que a declividade para floresta, pastagem e vegetação secundária. As variáveis socioeconômicas incluem população para agricultura e pastagem, e presença de estradas para todas as classes de uso e cobertura da terra. As variáveis políticas presença de unidades de conservação e presença de assentamentos ambas não apresentaram odds para a agricultura. Os fatores subjacentes influenciam o padrão de LUC, resultante da complexa interação de variáveis sociais, políticas, econômicas, tecnológicas e biofísicas (GEIST e LAMBIN, 2002). Não é possível capturar todas essas interações, especialmente as sociais e tecnológicas, devido ao tempo e escala do estudo. Além disso, a escala na qual estão se operando os dados e o entendimento do fenômeno poderão influenciar no resultado estatístico da magnitude das relações.

Os coeficientes do modelo logit para o padrão de agricultura indicou que unidades de conservação funcionam como uma barreira para a expansão da agricultura. À medida que a área de agricultura cresceu de 2004 para 2010 e 2014 a presença deste uso em área de conservação ficava menos provável com 0,15 e 0,07 chances de ocorrer, respectivamente. A presença de estradas é um facilitador de acessibilidade a áreas com plantações de agricultura, embora tenha diminuído a magnitude de sua influência nos últimos anos ainda sim é relevante para a presença de agricultura. Agricultura, principalmente a produção da soja, estimula a implantação de projetos de investimentos em acessibilidade especialmente as de transporte para o escoamento da produção como hidrovias, ferrovias e rodovias (SILVA et al., 2013).

A temperatura de superfície é um fator de maior valor de coeficientes nas três datas, com sinal positivo indicando que a presença da agricultura é mais provável em áreas com temperaturas médias maiores. A cada incremento dos valores de temperatura aumenta a chance

acima de 2,0 de se ter a presença de agricultura. Sabe-se que o crescimento de áreas urbanas e o uso do solo por parte da agricultura modificam as características do clima local alterando os padrões e a magnitude da interação entre a radiação proveniente do Sol e o solo e, conseqüentemente, os processos de troca de energia no sistema solo-planta-atmosfera, (GARTLAND, 2008).

Os resultados estatísticos mostraram que o padrão histórico de uso e cobertura da terra na RMS pode, em parte, ser explicado pela acessibilidade e variáveis biofísicas, principalmente quando se trata da agricultura e pastagem. As variáveis de distâncias demonstraram que para pastagem, agricultura e vegetação secundária quanto mais próximo a esses fatores maior é a ocorrência da presença dessas classes de uso da terra, o que acontece diferentemente da floresta primária.

Na região do Baixo Amazonas, as áreas de pastagens aparecem concentradas nas regiões próximas a estradas e corpos d'água. Esse fato pode ser atribuído a acessibilidade a locais. A frente de exploração na Amazônia está associada com aberturas de estradas onde se instalam vilarejos, projetos de assentamentos as proximidades de rodovias, além de que o histórico de ocupação do território a instalação de sedes municipais e comunidade ribeirinhas são localizadas as margens de cursos d'água (ESCADA et al., 2013). Na área de estudo, especificamente, as concentrações e o crescimento de áreas de pastagens, principalmente as plantadas, estão próximos a estradas e a rodovias BR-163 (Cuiabá-Santarém).

De acordo com Almeida et al. (2016), as áreas de pastagens na Amazônia têm alta correlação com o desmatamento. onde áreas com pastagens ocupam uma média de 62,1% de áreas desflorestadas. Outros estudos já sugeriram que a expansão da pecuária está entre os mais importantes responsáveis pelos desmatamentos na região amazônica, assim ligando pastagem, pecuária e desmatamento. Por isso, os determinantes das pastagens são muito similares aos drivers do desmatamento como estradas, assentamentos e outras variáveis de acessibilidade (AGUIAR, 2006, RIVERO et al., 2009; ESPINDOLA et al., 2012).

Os padrões urbano de uso da terra não foram bem relacionados com as variáveis utilizadas sendo muitas não significativas (precipitação do trimestre chuvoso, assentamento e a declividade) ou com magnitude de efeito baixo (altitude, precipitação no trimestre seco e distância a núcleos urbanos). Apesar desses fatores mencionados contribuírem para as mudanças ocorridas na conversão de outras classes para o uso urbano a longo prazo, elementos importantes não foram testados nesse trabalho, como crescimento da população urbana, infraestruturas, serviços básicos de saúde, acesso à educação que são determinantes na

localização do padrão como por exemplo para usos residencial/comercial, que são subclasses da urbanização (AMARAL et al., 2013).

Processos socioeconômicos aumentaram a expectativa da população em migrar para áreas urbanas em virtude do novo reordenamento do espaço que levou a investimentos em Santarém, como as obras no porto e a instalação da unidade da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), loteamentos imobiliários de lazer e entretenimento (*shoppings*, supermercados, redes de varejo) e habitação (loteamentos urbanizados, conjuntos habitacionais e condomínios fechados) (CARDOSO et al., 2016).

Mojuí dos Campos e Belterra embora tenham apresentado expansão de suas áreas construídas, o que é mapeada pelo projeto TerraClass, a população desses municípios ainda é predominantemente rural. De acordo com os dados do Censo demográfico de 2010, a população total de Belterra correspondia a 16.324 habitantes, dos quais 6.853 (41,98%) residiam na área urbana e 9.471 (58,01%) na área rural. Além disso, grande parte da extensão desse município supracitado pertence a unidade de uso sustentável Floresta Nacional do Tapajós, restando pequenas áreas para outros tipos de usos da terra (COSTA; CORRÊA, 2018), a região da RMS como um todo é ocupado em mais de 50% pela somatoria de algum tipo de projetos de assentamentos e áreas protegidas (GOMES et al., 2017).

No que concerne aos núcleos populacionais, localidades como Alter do Chão, distrito de Boa Esperança, comunidades de Tabocal, Vista Alegre do Moju e São Jorge tiveram suas áreas duplicadas entre o período 2000 e 2010 (DAL'ASTA, 2016). Essas localidades possuem dinâmica própria, que está relacionada a agricultura familiar (pequenas lavouras de cultivos agrícolas - como mandioca, feijão, arroz e milho), extrativismo tanto para subsistência (pesca, caça e plantas medicinais) como para geração de renda (frutos, caça, pesca e plantas medicinais) (AFFONSO et al. 2016).

Buscando identificar as variáveis associadas à presença de floresta primária nas células da área de estudo, os coeficientes indicaram os fatores presença de unidades de conservação como fator positivo. UCs ajudam a manter o padrão de cobertura florestal, apresentando áreas com menores distúrbios. Dentro dessas áreas dificilmente se tem presença de agricultura que é considerado elemento que caracterizam distúrbios na paisagem, a não ser aquelas em áreas de capoeiras exclusivas para o sistema familiar. A Floresta Nacional do Tapajós e Reserva Extrativista Tapajós Arapiuns tem uma organização particular no que se refere ao uso da terra devido às restrições impostas por essas categorias de Unidade de Conservação. Cada família pode fazer uso de até 1,25 hectares na área de capoeira, enquanto que nas áreas de floresta nativa, a área total cultivada por ano não pode ultrapassar 0,5 hectares (AFFONSO et al., 2016).

Muitos fatores são descritos na literatura como possíveis explicadores dos padrões de uso e cobertura da terra no entanto, na prática, a falta de dados e a pouca variabilidade espacial dos dados existentes dificultam o entendimento de todos os possíveis fatores que realmente podem ser determinantes no padrão de uso e cobertura na região de estudo. Apesar dessas limitações, o pseudo- R^2 de McFadden revelou um poder moderado de explicação das classes de uso e cobertura na análise conjunta de todas as variáveis, até mesmo as não significativas. O valor mais baixo foi para o uso urbano que esteve em torno de 3,5 em 2010 e 2014, indicando que aproximadamente 35% da variável dependente foram explicados pelas variáveis independentes (biofísicas, políticas e socioeconômicas).

Em uma síntese do discutido, a presença das classes de uso e cobertura da terra na área de estudo variou principalmente em função de fatores subjacentes biofísicos e políticos. Apesar de existirem fatores comuns cada interação entre fatores e uso ou cobertura específicas são distintos. Isso se dá em conformidade a identificação de padrões heterogêneos nas dinâmicas das variáveis e suas particularidades como recorte espaço-temporal de análise.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo, procurou-se identificar os padrões e fatores determinantes do uso e cobertura da terra na região metropolitana de Santarém usando métodos de regressão logística para determinar a magnitudes e efeitos das relações entres as variáveis. Verificou-se inicialmente que as áreas de florestas primárias são em maior porcentagem na área de estudo e que perdeu áreas durante o período analisado, enquanto que o uso urbano e agricultura foram crescentes. A maior dinâmica ocorreu nas classes pastagem e vegetação secundária, que em um primeiro momento ganha áreas, porém no segundo, perde. A vegetação secundária é a terceira maior classe de uso e cobertura, perdendo apenas para a hidrografia que é uma cobertura estática e floresta primária.

A partir da análise estatística, concluiu-se que fatores biofísicos e socioeconômicos influenciaram significativamente o padrão das cinco classes analisadas, sendo os principais impulsionadores do padrão urbano, florestal e uso agrícola, correspondendo à maioria dos efeitos hipotéticos sobre a mudança no uso da terra.

Limitações referentes à aquisição de base de dados de uso e cobertura da terra que contenham menos cobertura de nuvens, fato quase que impossível na região Amazônica principalmente no período conhecido como estação chuvosa, foram identificadas no trabalho, além disso a disponibilidade temporal de dados também é outro fator limitante. Nesse mesmo

contexto, dados de fatores subjacentes como a variabilidade espacial para a escala de análise na área de estudo foram relativamente escassos. Apesar disso, foi possível captar as relações entre usos e cobertura e fatores determinantes ainda que algumas relações tenham sido irrisórias como as apresentadas pela variável distância a núcleos urbanos.

5 PADRÃO DE USO E COBERTURA DA TERRA E DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES

5.1 INTRODUÇÃO

A superfície terrestre é composta por coberturas naturais e antrópicas que são habitats de diversas espécies. As relações entre essa diversidade propiciam o contato, entre outros, de agentes patogênicos com espécies hospedeiras, e isso ocorre naturalmente nas interações ecológicas (ODUM; BARRET, 2008).

A velocidade com que o homem tem alterado a superfície terrestre leva a novas dinâmicas e contatos, e assim gerando novas configurações de interações. A mudança de uso e cobertura da terra, responsável por 75% da alteração da superfície (BREARLEY, 2013), está entre as alterações que mais geram impactos, principalmente na estrutura e propriedades dos ecossistemas.

Múltiplas linhas de evidências sugerem que a perturbação de habitats devido a mudanças na cobertura da terra é provavelmente a maior causa ambiental de risco de doenças infecciosas (PATZ et al. 2004; PATZ et al., 2008, MCFARLANE; SLEIGH; MCMICHAEL, 2013; GOTTDENKER et al. 2014). Os principais impulsionadores das mudanças incluem o desmatamento, urbanização e expansão agrícola (HARRUS e BANETH, 2005; PATZ et al. 2008) que produzem *feedbacks* entre comunidades naturais e, finalmente, seus patógenos, hospedeiro e populações humanas (WILCOX; GUBLER, 2005; WILCOX; COLWELL, 2005).

Embora a mudança de uso da terra seja considerada como fator proeminente na incidência de doenças transmitidas por vetores, ainda é rudimentar a compreensão entre uso e cobertura e casos de doenças, principalmente porque cada local apresenta mecanismos e dinâmicas que se diferenciam quando se trata de questões relacionadas a saúde-doenças. Nesse sentido, a composição específica de uma paisagem pode ser utilizada como parâmetro de análise de relações entre vetores e doenças a partir da quantificação de padrões espaciais da paisagem.

As alterações ao longo do tempo, na cobertura e uso, juntamente com paisagens não alteradas se traduzem em padrões espaciais que servem como indicadores da distribuição de doenças. Dengue, malária e leishmaniose estão entre as doenças que parecem ser particularmente sensíveis a mudanças no uso da terra, representando um tema valioso para se estudar a relação entre paisagem e doenças transmitidas por vetores através de métricas vindas da ecologia da paisagem.

Nesta tese usa-se as classes de uso e cobertura da terra do projeto TerraClass como sendo o elemento a qual será aplicado métricas de paisagem buscando encontrar associações com casos de dengue, leishmanioses e malária na RMS. Dessa forma, o objetivo deste capítulo corresponde aos objetivos específicos 3 e 4 da tese: (i) Estabelecer uma tipologia de padrões de uso e cobertura da terra baseada na presença das classes de interesse à transmissão de doenças transmitidas por vetores e (ii) Descrever as associações entre padrões de uso da terra e casos de dengue, leishmanioses e malária.

5.1.1 Conexões entre uso e cobertura da terra e doenças transmitidas por vetores

Doenças transmitidas por vetores são aquelas que envolvem em seu ciclo de transmissão animais que são capazes de transmitir vírus, bactérias, ou outros parasitas ao homem formando com ele uma cadeia de transmissão. Geralmente os vetores mais representativos são artrópodes transmissores de doenças (LEMON et al., 2008) tais como os mosquitos dos gêneros *Aedes* e *Anopheles*.

Naturalmente esses vetores já existem na natureza em uma ampla diversidade de espécies biológicas (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014; SOUZA et al., 2016) e distribuídos em diferentes espaços geográficos. Cada localidade (faixa geográfica) pode dar condições para o favorecimento de transmissão de doenças, como exemplo cita-se a região Amazônica que possui clima, diversidade de espécies e habitats, um conjunto favorável de condições para a cadeia de transmissão (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014). Exemplificando em termos de condições atmosféricas, a temperatura elevada age como fator regulador de processos biológicos tais como o ciclo de vida dos mosquitos da família Culicidae, assim, resultando em maior abundância de indivíduos na faixa de temperatura adequadas para os vetores. Além disso, os patógenos precisam de temperaturas adequadas para sobreviver e se desenvolver (WU et al., 2016).

Fatores antropogênicos tem modificado o padrão de doenças transmitidas por vetores por esses serem mais sensíveis as mudanças do meio ambiente. As mudanças ambientais afetam uma variedade de mecanismos entre os quais pode-se destacar: (a) as condições biofísicas dos habitats que podem afetar a densidade ou a presença de organismos relacionados à doença; (b) exposição: a forma como os organismos interagem uns com os outros e (c) ciclos de vida dos agentes patogênicos e dos vetores (MYERS e PATZ, 2009; GOTTDENKER et al, 2014). Pode-se citar como consequência os episódios de surtos ou epidemias de doenças decorrentes da alteração desses mecanismos.

O **desmatamento** é um exemplo clássico de mudanças no uso e cobertura da terra que tem sido associado ao aumento de casos de doenças transmitidas por vetores (MYERS e PATZ, 2009; PARENTE et al., 2012; MAROLI et al., 2013). Por exemplo, a relação do desmatamento com malária é avaliada pelas possibilidades reprodutivas dos vetores, proporcionadas pela disponibilidade de novos criadouros, assim, alterando densidade de vetores no local. Ao mesmo tempo, também possibilita o mecanismo de exposição pela mobilidade humana (ÂNGELO et al., 2017), como por exemplo pela entrada do homem no habitat do vetor, possibilitando a ligação entre os elos da cadeia epidemiológica. Além disso, o ciclo de vida tanto dos vetores como de seus hospedeiros pode ser alterado porque o desmatamento ao remover a cobertura florestal altera os fatores meteorológicos, a exemplo o aumento da temperatura do ar responsável por reduzir o tempo de desenvolvimento e aumentar a sobrevivência dos mosquitos (STRESMAN, 2010).

A **agricultura** como uma forma de uso da terra representa o maior condutor de mudanças. A crescente expansão de terra agrícolas acontece devido à demanda global por alimentos, ração e combustível (PATZ et al., 2008). A expansão da agricultura está ocorrendo em escala global e resulta em aumento de áreas que necessitam de irrigação, o que aumenta a probabilidade de áreas alagadas e, assim, aumenta os locais de reprodução para vetores de doenças. Juntamente com os sistemas de irrigações a construção de **barragens** tem sido associada a transmissão de doenças vectoriais. A inundação de áreas permanentemente aumenta a proliferação de vetores da malária e leishmaniose tegumentar (KATSURAGAWA et al., 2008; KATSURAGAWA et al., 2009).

A **urbanização** é um fenômeno mundial crescente onde cada vez mais as cidades recebem um fluxo cada vez maior de pessoas. Para sustentar toda essa população as cidades se expandem para as áreas próximas a florestas causando mudanças no ambiente natural, além de promover novos caminhos e exposição a infecções por tornar o contato entre os seres humanos e vetores de doenças em maior potencial (PATZ et al., 2008). Nesse contexto, pode-se destacar os problemas de infraestrutura de grande parte das cidades, tais como sistemas precários de abastecimento de água, drenagem e sistemas de tratamento de esgoto que facilitam a criação de alguns vetores. Por exemplo, a rápida urbanização causou um surto global de dengue no final do século XX (WU et al., 2014).

A **cobertura florestal** impacta a ecologia de vetores. Na floresta primária há menos criadouros de mosquitos *Anopheles* e maior população de predadoras de vetores (BAUCH et al., 2015). Além disso, para o vetor da malária quanto maior for a densidade florestal, menor a taxa de picada do mosquito, independentemente da densidade da população humana (VITTOR

et al., 2006). A vegetação secundária apresenta ambientes propícios ao repouso de *An. darlingi* adultos. Já para os flebotomíneos altos índices de diversidade local foram encontrados em florestas de terra firme (CHAGAS et al., 2016)

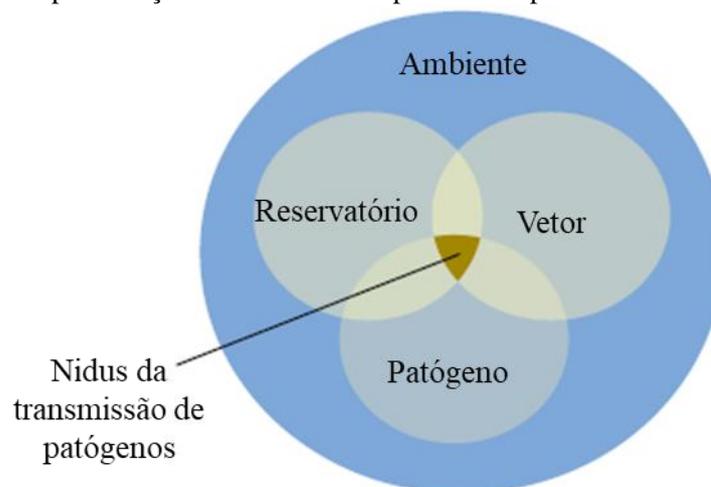
Em estudos feitos em **pastagens** (DE LUCA et al., 2003) poucas espécies de flebotomíneos foram encontrados indicando que esse tipo de uso da terra é geralmente um habitat inóspito para flebotomíneos. Para a malária foi encontrada associação positiva de transmissão, pois o ambiente permite o contato, mesmo em baixa densidade de vetores, a partir da exposição humana (VITTOR et al., 2009; LAMBIN et al., 2010).

5.1.2 Epidemiologia de paisagem

A cadeia epidemiológica de doenças transmitidas por vetores é formada por populações de hospedeiros, vetores e patógenos que estão inseridos em um ambiente que com seus fatores abióticos e bióticos modulam a produção de uma doença.

A paisagem é definida como o ambiente no qual os elementos da cadeia de transmissão existem: Patógeno, Reservatório e Homem, e podem levar a produção de uma doença específica. A Figura 5.1 apresenta o esquema conceitual no qual população de vetores, hospedeiros e patógenos se interceptam dentro de um ambiente permissivo para possibilitar a transmissão de patógenos.

Figura 5. 1 - Representação de um ambiente permissivo para transmissão de patógenos.



Fonte: traduzido de Reisen (2010).

A paisagem, como sendo lugar de transmissão de doenças, foi definido como “nidus” por Pavlovsky em 1966, em que uma doença tem uma paisagem natural própria da mesma

maneira que uma espécie. No entanto, com o aprofundamento de “nidus”, compreendeu-se que doenças podem estar associadas a paisagens com características distintas e que podem variar de lugar para lugar (REISEN, 2010).

Do conceito de nidalidade juntamente com a ecologia da paisagem surgiu a epidemiologia da paisagem, que busca analisar o impacto da paisagem nos processos epidemiológicos (OSTFELD et al., 2005) utilizando conceitos da ecologia e uso de ferramentas espaciais para caracterizar o ambiente que possa levar a compreensão da composição e configuração da paisagem e sua relação com a transmissão de doenças.

As características da paisagem podem levar ao risco de doenças ao propiciar condições aos agentes patogênicos através de habitat adequados para vetores e hospedeiros de doenças. Nesse sentido, caracterizar e compreender a influência dos padrões de paisagem nos fatores de risco é pré-requisito para o controle eficiente de doenças.

Abordagens que analisam a paisagem como potencial meio de transmissão de doenças têm sido desenvolvidas em diversas regiões, principalmente no contexto de mudanças ambientais (LAMBIN, 2010, LINARD 2009; VANWAMBEKE; BENNETT; KAPAN, 2011; BECKER, 2018). Furtado (2018) analisou as relações entre padrões de paisagem como potencial meio para a transmissão de Hantavirose em uma região modificada pela expansão da cana de açúcar, identificando padrões de uso e cobertura da terra que permitam o contato potencial entre reservatório e o homem através de métricas de paisagem.

5.1.3 Métricas de paisagem nos estudos das relações ambiente-doença

De acordo com o primeiro princípio da epidemiologia da paisagem, a incidência e a transmissão da doença estão ligadas a determinados tipos ou atributos da paisagem (LAMBIN, 2010) que possuem um forte potencial para controlar a dinâmica de doenças (LANGLOIS et al., 2001). Nesse contexto, três características da paisagem são enfatizadas: a estrutura, função e mudança. A estrutura busca analisar as relações espaciais entre os ecossistemas ou elementos distintivos; a função, as interações entre as características espaciais, enquanto que a mudança analisa a alteração na estrutura e função ao longo do tempo (GOKYER, 2013).

Abordagens sobre a estrutura são mais frequentes. Geralmente é definida em termos de "composição" e "configuração". Estes são, respectivamente, os tipos de manchas presentes na paisagem, a quantidade de cada uma a partir da presença e da diversidade de seus elementos, e as relações espaciais entre elas (McGARIGAL e MARKS, 1995).

Há uma variedade de métricas que podem ser utilizadas para quantificar e analisar a estrutura da paisagem tais como abundância, riqueza, diversidade, equidade, isolamento, conectividade, bordas e fragmentação, entre outros. No contexto de doenças transmitidas por vetores métricas tem sido explorada para análise de hantavirose (LANGLOIS et al., 2001; PRIST et al., 2016; FURTADO, 2018), doenças transmitidas por carrapatos (FERRELL e BRINKERHOFF, 2018; STEVENS, 2018), malária (BECKER, 2018), e distribuição de vetores como *Aedes aegypti* (VANWAMBEKE et al., 2011;).

Nesta tese, a métrica de paisagem utilizada corresponde a características de composição. Essa métrica se refere a medidas de presença, ausência, e à quantidade de cada tipo de *patch* dentro da paisagem, mas sem ser espacialmente explícito, ou seja, engloba a variedade e abundância de manchas dentro de uma paisagem, mas não a localização de manchas dentro do mosaico de paisagens (McGARIGAL e MARKS, 1995).

A métrica de composição é um bom indicador para a adequação do habitat de algumas espécies (tipo de *patch* apropriado para espécies) por isso a escolha dessa métrica nesse trabalho, pois a partir dela busca-se estabelecer o tipo de classe de uso e cobertura da terra que pode estar relacionado a casos de doenças através da possível presença de vetores transmissores de doenças.

A métrica de presença é pouco usual na análise de composição da paisagem, no entanto quando se refere a caracterização de diferentes composições de paisagens de relevância para transmissão de doenças vetoriais podem ser mais relevantes do que outros tipos de medidas. Nesse contexto, a métrica de presença e ausência para caracterizar diferentes composições de paisagem pode ser uma abordagem útil para o entendimento da transmissão de casos de doenças, assim como foi feito na região metropolitana de Manaus ordenando o mosaico segundo sua relevância para os casos de malária (BECKER, 2018).

Sendo o padrão espacial da paisagem resultado de diferentes composições de cobertura da terra, atrelada as formas de utilização formando um mosaico heterogêneo (METZGER, 2001), esse padrão pode ser analisado em relação aos elementos que compõe o mosaico: matriz, mancha e corredores. Utilizando o conceito de mancha (áreas homogêneas não lineares de variados tamanhos e formas), nesta tese usa-se as classes de uso e cobertura da terra do projeto TerraClass como sendo o elemento que será aplicado as métricas de composição para buscar relações entre paisagem e doenças transmitidas por vetores.

5.2 METODOLOGIA

A metodologia desse capítulo consiste (1) no desenvolvimento de uma tipologia de padrão de uso e cobertura da terra a partir de métricas de composição de paisagem para caracterizar padrões de interesse para a dinâmica de doenças transmitidas por vetores. (2) identificação da distribuição dos casos confirmados, por local provável de infecção, de dengue, leishmanioses e malária. (3) Correlação entre as tipologias identificadas e os agravos.

5.2.1 Desenvolvimento da tipologia de padrão de uso e cobertura da terra

A tipologia foi estabelecida com base em métrica de presença e dominância de classe a partir de nove classes do TerraClass (agricultura, urbano, outros, floresta, desflorestamento, vegetação secundária, pastagem, hidrografia e não floresta), conforme designados na seção 3.2.1 do capítulo 3.

A célula, baseada no tamanho da grade celular estabelecida na seção 3.3 do Capítulo 3, funciona como a unidade espacial de análise para quais são operacionalizadas as métricas de composição. Para isso, a variável uso e cobertura foi inserida no espaço celular com o uso do operador porcentagem de classe para realizar as métricas conforme será descrito adiante. Classe com porcentagem diferente de 0 caracteriza presença da classe, e o contrário ausência.

À priori à construção da tipologia, fez-se o cálculo de um índice de diversidade de paisagem para identificar a composição das classes na área estudo. O índice de paisagem calculado baseia-se na teoria da informação de Shannon e Weaver (1975) denominado por índice de diversidade de Shannon (IDSH) (conforme equação 1) que relaciona abundância (proporção de área) e a riqueza (número) de classes de uso e cobertura da terra (MCGARIGAL e MARKS, 1995; SOARES FILHO, 1998). Esse índice busca caracterizar o grau de diversidade da paisagem sendo que seus limites variam de zero ao infinito. Quanto mais próximo de zero for o índice significa que menor é a diversidade da paisagem, indicando que apenas uma classe domina a célula.

$$IDSH = - \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i \quad (1)$$

Onde:

m = número total de classes de uso e cobertura;

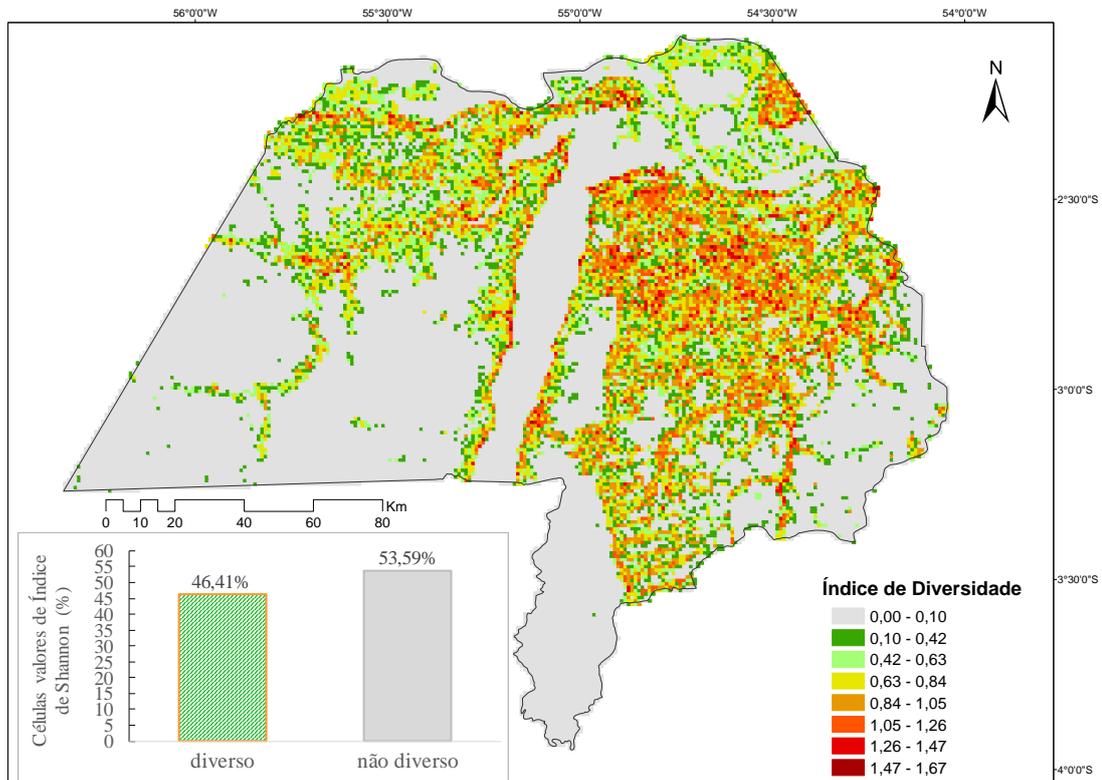
P_i = proporção da paisagem ocupada pelas classes de uso e cobertura

i = classes de uso e cobertura

Utilizando o ano de 2010 como sendo de referência para a criação da tipologia de usos e cobertura da terra, primeiramente foi calculado o IDSH para esse ano. Assim, verificou-se-

que para 53,59% das células da área de estudo a paisagem estava caracterizada por baixa diversidade apresentando na maior quantidade de células somente uma classe de uso e cobertura, como pode ser visto na Figura 5.2.

Figura 5. 2 - Índice de Diversidade de paisagem (Índice de Diversidade de Shannon) - ano de 2010.



Fonte: elaborado pela autora.

Diante dessa condição de paisagem e somado ao fato de que a quantidade e tipo de classes de uso e cobertura da terra não variaram nos anos seguintes ao ano de referência, estabeleceu-se que a tipologia seria definida por: células com **Presença única de classe** – representando áreas com baixa diversidade, ou seja, com a presença de apenas uma classe de uso e cobertura, e **Mosaicos** – células com mais de uma classe - representando células com maiores diversidades, tal como foi verificado no índice de diversidade de Shannon.

A presença única de classe (PU) é para a classe que domina em porcentagem de 100%, só existindo ela na célula. Essa tipologia representa um total de 8 padrões, designadas de PP01 a PP08, definidas de acordo com a quantidade de total de classes de uso e cobertura da terra, com exceção da classe desflorestamento no ano por apresentar pequenas manchas em termos de área em detrimento da particularidade intrínseca desse tipo de uso. Já para os mosaicos, um total de 13 composições de paisagem, designadas de PP09 a PP21, foram estabelecidos a partir da presença obrigatória primária (PP) ou presença obrigatória primária predominante (PPD) da

classe. PP significa que basta a existência da classe primária na composição para representar seu grupo, não importando o tamanho da mancha, enquanto PPD é para qualificar a classe sendo maior que a presença de outras classes em termos de porcentagem. As demais classes da composição são caracterizadas apenas pela presença, sendo presença secundária (PA) e facultativa (PF) na composição.

O Quadro 5.1 lista as principais regras estabelecidas para geração da tipologia na área de estudo em que **agr** é agricultura, **out** significa outros, **urb** é urbanizado, **desm** é o desmatamento do ano, **flo** significa floresta primária, **hidro** é a hidrografia, **nflo** significa não floresta, **past** é a pastagem e **vegsec** é a vegetação secundária. Para sistematização foi empregado um modelo baseado em regras na qual utiliza-se o formato IF x THEN y, onde x representa a presença obrigatória da classe de uso e cobertura e y é o tipo de padrão estabelecido. Utilizou-se os operadores lógicos booleano AND e OR para a presença das demais classes nas células. Por exemplo, se a célula possuir somente agr = PU, a célula é determinada por PP01. Se a célula possuir urb = PP, e flo ou vegsec = PA+, e out e hidro e nflo = PF, a célula será classificada como padrão PP09.

Quadro 5.1 – Regras de classificação para a tipologia de padrão de uso e cobertura da terra.

Classes		Regras de classificação								Padrão		
		agr	out	urb	desm	flo	hidro	nflo	past		vegsec	
Ordem da Tipologia	Aleatório	Presença Única	PU	-	-	-	-	-	-	-	PP01	
			-	PU	-	-	-	-	-	-	PP02	
			-	-	PU	-	-	-	-	-	-	PP03
			-	-	-	-	PU	-	-	-	-	PP04
			-	-	-	-	-	PU	-	-	-	PP05
			-	-	-	-	-	-	PU	-	-	PP06
			-	-	-	-	-	-	-	PU	-	PP07
			-	-	-	-	-	-	-	-	PU	PP08
	Obrigatório crescente	Mosaicos	-	PF	PP	-	PA ⁺	PF	PF	-	PA ⁺	PP09
			PA ⁺	PF	PP	PF	PF	PF	PF	PA ⁺	PF	PP10
			PPD	PF	-	-	-	PF	-	PA ⁺	PA ⁺	PP11
			PP	PF	-	PF	PA ⁺	PF	-	PF	PA ⁺	PP12
			-	PF	-	PF	PA ⁺	PF	PF	PPD	PA ⁺	PP13
			-	PF	-	PF	PPD	PF	-	PA ⁺	PA ⁺	PP14
			-	PF	-	PA ⁺	PP	PA ⁺	-	-	-	PP15
			-	PF	-	PF	PA ⁺	PF	-	PA ⁺	PPD	PP16
			-	PA ⁺	-	-	-	PA ⁺	-	-	PP	PP17
			-	PF	-	PF	PA ⁺	PF	PP	PA ⁺	PF	PP18
			-	PF	-	-	-	PF	PP	-	PF	PP19
			-	PF	-	PF	PF	PP	-	PA ⁺	PA ⁺	PP20
			-	PP	-	-	PA ⁺	-	-	PF	PA ⁺	PP21

PU= Presença Única da classe; PP = Presença obrigatória Primária; PPD= Presença obrigatória Primária predominante (classe com dominância em termos de porcentagem de área sobre as demais classes presentes na

célula); PA⁺ = Presença Obrigatória secundária de pelo menos uma classe; PF = Presença Facultativa (pode ou não haver presença) e (-) = Ausência.

Diante da possibilidade do modelo não se aplicar a alguma célula, estabeleceu-se que caso a quantidade de células fosse inferior a 0,1% (30 células) do total de células da área, se analisaria individualmente cada célula não ajustada e verificando o possível ajuste em uma das categorias já empregadas conforme a composição da célula e de seus vizinhos mais próximos.

Após estabelecido a tipologia para o ano de referência aplicou-se o modelo nos dados de uso e cobertura da terra para os anos de 2012 e 2014, o qual foram realizadas análises de correlação com os agravos.

5.2.2 Casos confirmados dos agravos

A base de dados dos agravos compreende os casos confirmados por local provável de infecção dos anos de 2012 e 2014 para toda a RMS. Dengue corresponde a dados agregados por bairros, leishmaniose identificado por comunidade e malária é um dado misto de bairros e comunidades. Os casos foram geocodificados utilizando a identificação dos bairros e comunidades (base não gráfica) e o dados vetoriais de bairros e coordenadas das comunidades (base gráfica).

Os agravos foram inseridos no espaço celular através do operador presença. A escolha desse operador se decorreu do fato de que os valores dos agravos que correspondem a áreas, mais especificamente aos bairros, apresentavam mais de uma célula com o atributo total do bairro, ultrapassando assim o valor total dos casos confirmados se usasse outro operador.

5.2.3 Correlação entre as tipologias e os agravos

Por se tratar de uma análise de corte transversal com variáveis dicotomizadas optou-se pela análise estatística de *Odds Ratio* (OR) ou Razão de Chances (equação 1) objetivando verificar se no padrão de tipologia existe alguma associação entre uma tipologia específica e os casos de doença. A análise avalia as proporções dispostas em tabela de contingência 2 x 2 onde se tem o cálculo da vantagem (ou desvantagem) de um dos eventos – sucesso – em relação ao outro (AYRES *et al.*, 2007). Análises utilizando razão de chances são frequentes na área da epidemiologia, pode-se citar análise para verificar associação entre usos e cobertura da terra e casos de Hantavirose no Distrito Federal buscando estabelecer relações entre os padrões e a doença (SANTOS; OLIVEIRA; STEINKE, 2016).

$$\frac{p/(1-p)}{q/(1-q)} = \frac{p(1-q)}{q(1-p)} \quad (1)$$

A tabela de contingência consiste no estudo de caso e controle entre a tipologia (individualizada) com os casos de cada doença. O total de células para a tipologia analisada, com a presença e ausência da doença e as demais células consistem na diferença entre o total do padrão analisado e o total de células da área, chamado de controle, que também é verificado a presença e ausência do agravo.

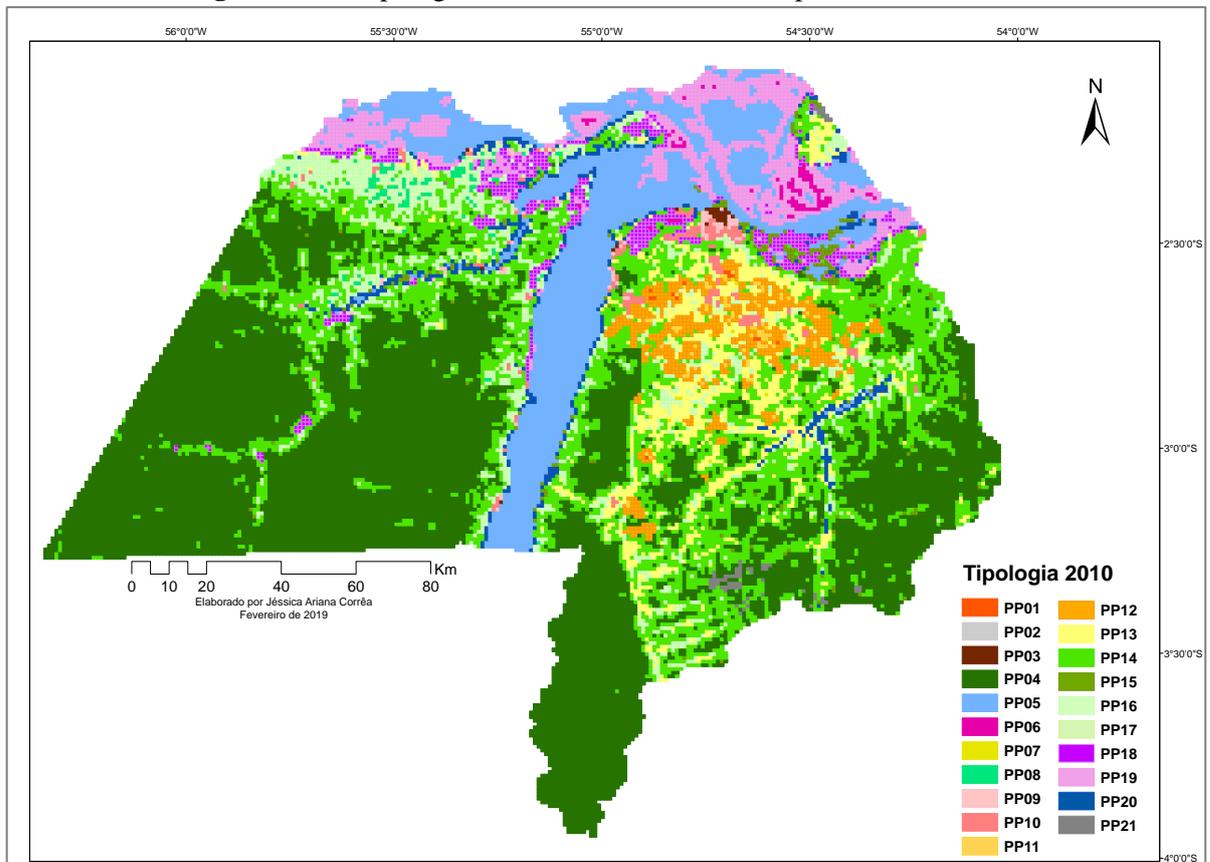
A OR identifica e quantifica a força das associações entre duas variáveis dicotômicas, sendo que um resultado de OR=1 indica que não há associação entre ambas variáveis. Uma razão de chances maior do que 1 indica que há uma associação, sendo mais forte quanto maior for o número e finalmente, uma razão de chances menor do que 1 indica que é pouco provável que ocorra o evento.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Padrão das tipologias de uso e cobertura da terra

De acordo com as análises foram identificadas 21 tipologias de uso e cobertura da terra com base nos dados do TerraClass. A Figura 5.3 apresenta a tipologia utilizada como referência para o modelo inicial. É possível observar em uma análise visual que as áreas com predomínio de PP04 (floresta) estão situadas principalmente na região das unidades de conservação Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns e FLONA Tapajós. As tipologias com a presença da classe agricultura PP01, PP11 e PP12 estão concentradas principalmente na região do planalto santareno. Enquanto que nas áreas de várzeas do Rio Amazonas predominam as tipologias PP06 e PP19 que são áreas que não se caracterizam por cobertura florestal e sim por vegetação natural do tipo campestre, herbácea e arbustivas referente a classe *não floresta* mapeada pelo projeto TerraClass.

Figura 5.3 – Tipologia de uso e cobertura da terra para o ano de 2010.



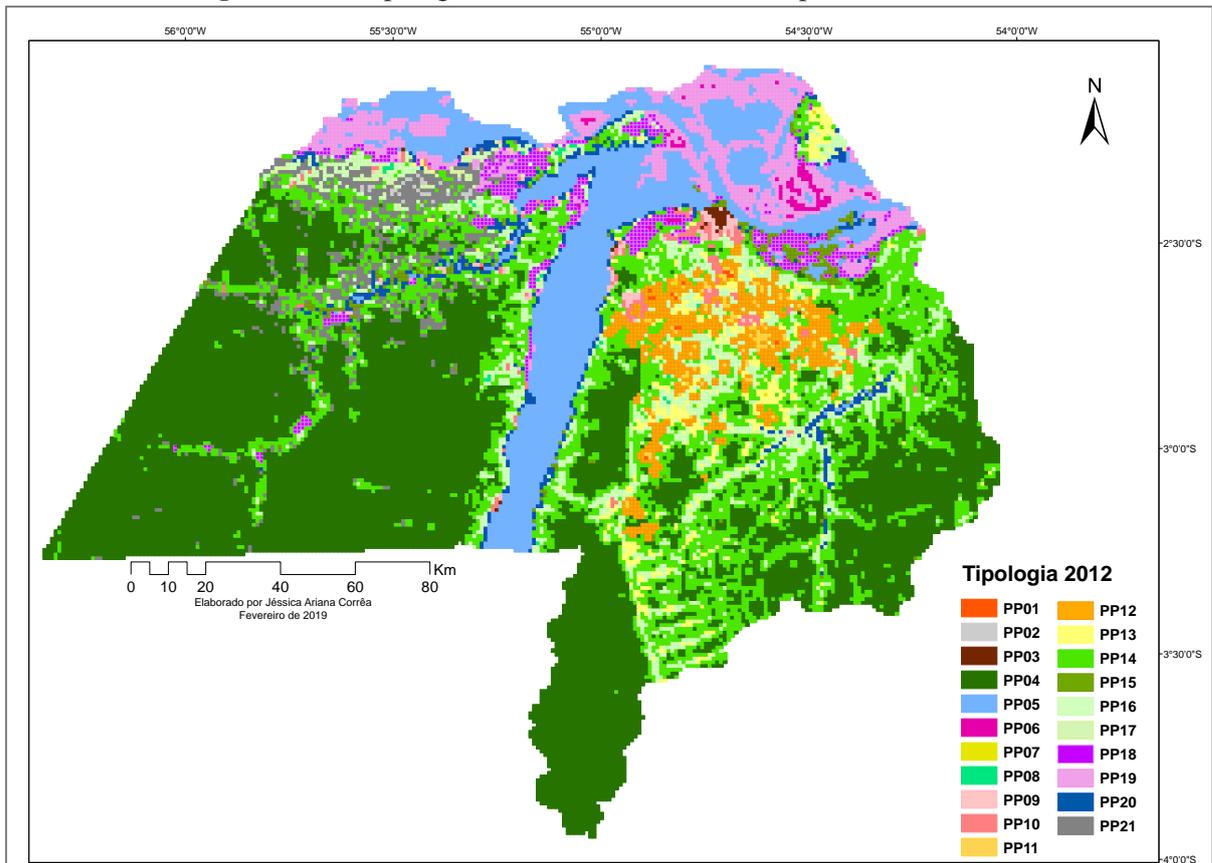
Fonte: elaborado pela autora.

Após o modelo ser aplicado para o ano de referência com um erro de 0,004% (1 célula), utilizou-o para os anos dos mapeamentos de 2012 e 2014 que são os anos de análise desse capítulo. Para o ano de 2012 e 2014 o modelo apresentou um erro de 0,025% (7 células) e 0,043% (12 células), sendo feito uma análise individual da célula que não se aplicou o modelo e a sua vizinhança, para então, sendo possível, fazer os ajustes de acordo com as tipologias já existentes.

A Figura 5.4 mostra a distribuição espacial das tipologias para o ano de 2012. Fazendo uma análise simples visual observa-se que não há muitas diferenças da distribuição gerado pelo modelo para o ano de 2010. Em 2012 houve acentuada presença de nuvens na região do assentamento PAE Lago Grande o que é possível verificar na parte noroeste do mapa que há a presença da tipologia PP02 e PP21 que é caracterizada pela presença da classe *outros*. Na região Amazônica existe uma dificuldade em se obter mapeamentos temáticos, principalmente advindo de imagens de satélite, porque há muita presença de nuvens, o que torna certas comparações temporais difíceis.

A tipologia PP03 (dominada pelo uso urbano) apresenta-se mais acentuada quando comparado a 2010, principalmente na área urbana de Santarém. Área dominadas por PP13 perdem expressividade de 2010 para 2012 dando lugar as tipologias com presença de agricultura e vegetação secundária.

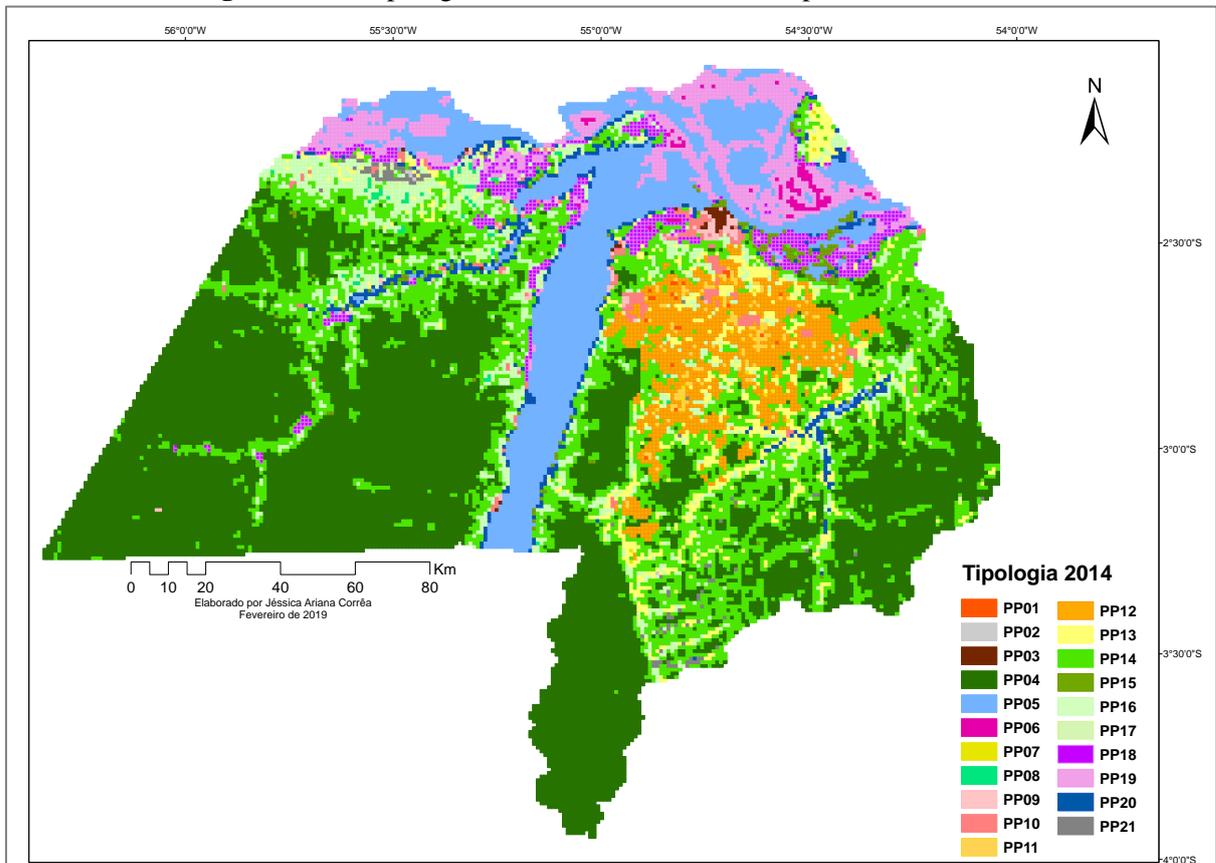
Figura 5. 4 – Tipologia de uso e cobertura da terra para o ano de 2012.



Fonte: elaborado pela autora.

Para as tipologias do padrão de uso e cobertura de 2014 o que se ressalta é o aumento dos padrões que possuem a presença da classe agricultura PP01, PP11 e PP12. Além disso, o padrão de célula dominada pela classe urbano também aparenta um crescimento ainda mais expressivo ao apresentado no ano de 2010. Além disso, o padrão PP10 ficou mais expressivo nos núcleos populacionais como a própria cidade de Belterra e Mojuí dos Campos e comunidades como Boa Esperança localizada no Km 42 da PA – 370 no município de Santarém, e comunidade de São Jorge na região da FLONA Tapajós.

Figura 5.5 – Tipologia de uso e cobertura da terra para o ano de 2014



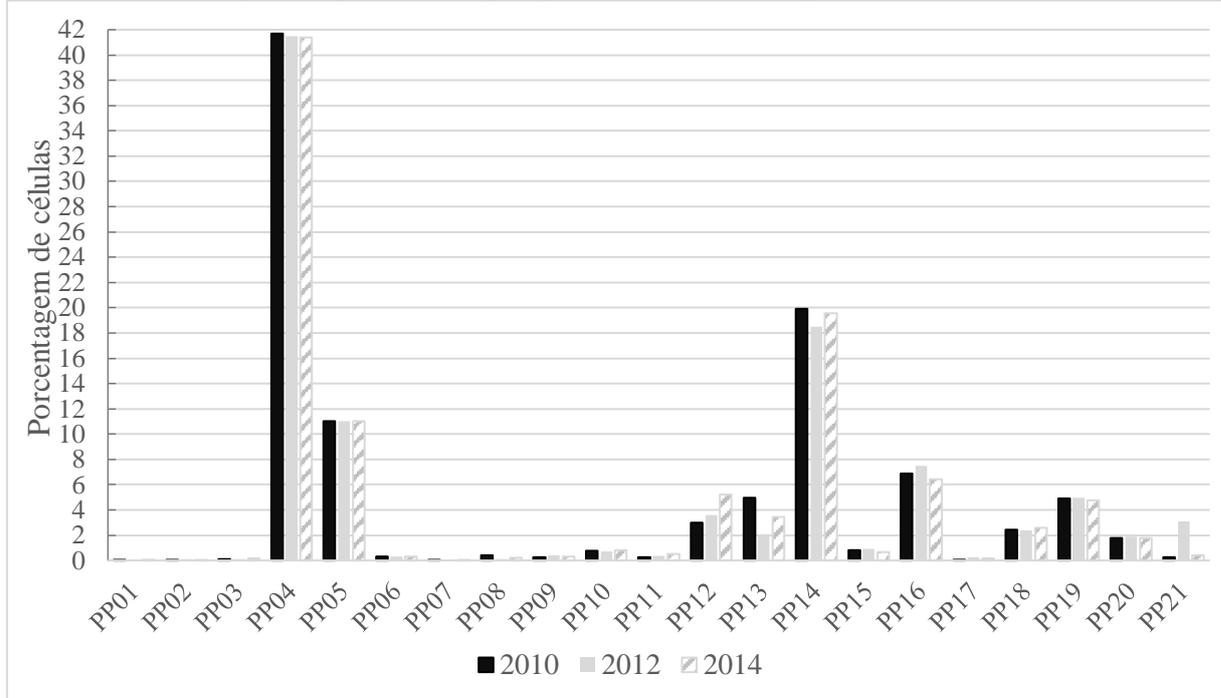
Fonte: elaborado pela autora.

Nos três períodos analisados, observa-se que a dinâmica das classes de usos e cobertura da terra representadas pelas tipologias de mosaicos ocorrem na região do planalto santareno. Nessas áreas predominam atividades agropecuárias de produção de soja e gado, o que possibilita uma dinâmica entre as classes de agricultura, pastagem e vegetação secundária.

O padrão de tipologia de uso e cobertura da terra mais encontrado foi o padrão PP04, com 41,69% em 2010, 41,50% em 2012 e 41,40% em 2014, apresentando uma diminuição nesse padrão no período analisado. O segundo maior padrão PP14 com 19,92 em 2010, 18,49 em 2012 e 19,58 em 2014 que decresceu no primeiro período, no entanto aumentou no segundo. Os padrões PP05 e PP06 estiveram estáticas nos anos analisados com 11,03% e 0,32% respectivamente. PP12 foi o padrão que apresentou uma crescente porcentagem de células no período analisado com 2,99% em 2010, 3,62% em 2012 e 5,22% em 2014. Essa classe PP12 é uma composição formada pela presença obrigatória primária da classe agricultura, por isso aparece esse crescimento desse padrão devido principalmente ao aumento das áreas de

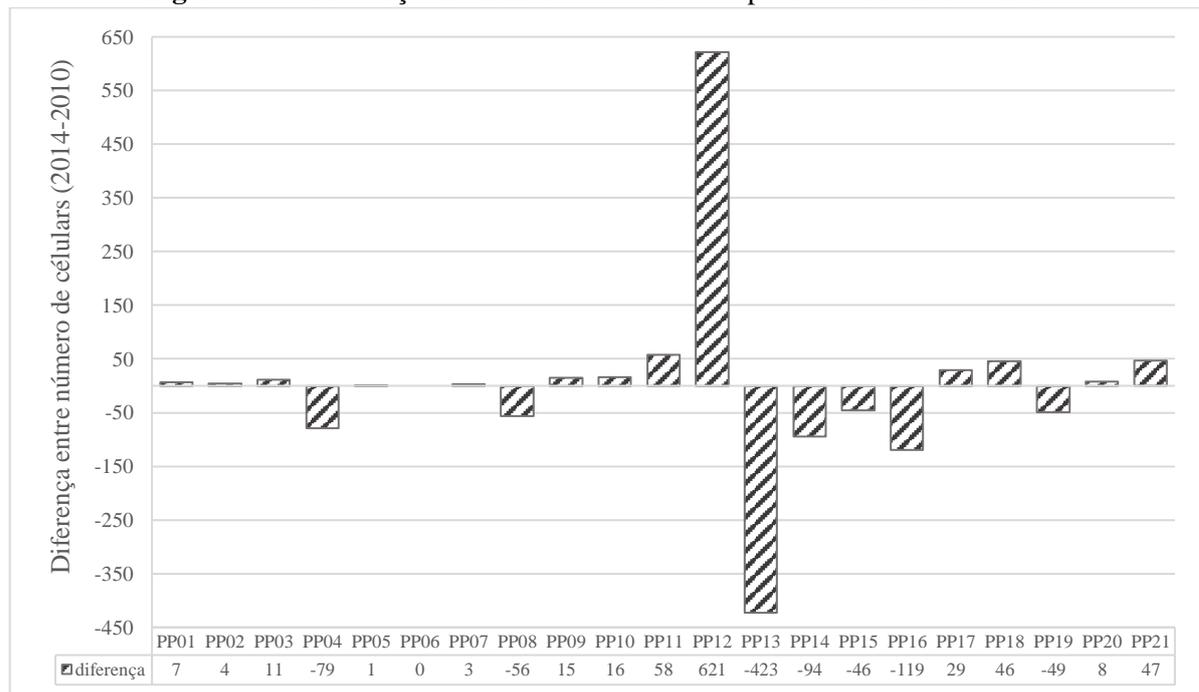
agricultura a partir dos anos de 2004 até 2014. A Figura 5.6 apresenta a evolução temporal dos padrões que ocorreram na RMS.

Figura 5. 6 - Evolução dos padrões de tipologia de uso e cobertura para os anos de 2004, 2010 e 2014.



Fonte: elaborado pela autora.

A magnitude das mudanças ocorridas entre os padrões de um período para outro pode ser visualizado na Figura 5.7. Entre 2010 e 2014 houve ganhos de células do padrão PP12, com uma diferença de 621 células entre esse período, seguido por PP11 com uma diferença de 58 células. Dentre as tipologias de presença única, somente PP04 e PP08 tiveram perdas com 79 células para a primeira e 56 para a segunda, as demais aumentaram a quantidade de células.

Figura 5.7 – Mudanças no número de células dos padrões entre 2010 e 2014.

Fonte: elaborado pela autora.

5.3.2 Presença de Dengue, Leishmaniose e Malária em 2012 e 2014 na RMS

Por serem doenças de notificação compulsória, todos os casos suspeitos de dengue, malária e leishmaniose devem ser notificados, sendo primordial a identificação do local provável de infecção para a investigação e controle de transmissão. Na região metropolitana de Santarém foram confirmados 499 casos de dengue, 155 de leishmaniose e 157 de malária em 2012 e 19 casos de dengue, 152 de leishmaniose e 18 de malária em 2014. Os resultados mostram que, durante os anos estudados, a distribuição dos casos desses agravos não foi homogênea, havendo uma diminuição dos agravos entre um ano a outro.

Do total notificado foi possível identificar o local provável de infecção de 92,38% dos casos de dengue em 2012 e 89,47% em 2014. Para a leishmaniose foram identificados 50,32% e 76,97% em 2012 e 2014, respectivamente. Para malária 72,61% em 2012 e 72,22% em 2014, conforme apresentado na Tabela 5.1. Não é objetivo desta tese discutir as questões que levam à falta dessa informação nos sistemas de notificação tanto no SINAN como no SIVEP, contudo, a ausência leva a questionamentos a respeito da qualidade do controle e vigilância dos casos ocorridos na RMS.

Tabela 5. 1 – Número de casos confirmados e local provável de infecção dos agravos na Região Metropolitana de Santarém em 2012 e 2014.

Agravos	2012		2014	
	Casos confirmados	Local provável de infecção (%)	Casos confirmados	Local provável de infecção (%)
Dengue	499	92,38	19	89,47
Leishmaniose	155	50,32	152	76,97
Malária	157	72,61	18	72,22

Fonte: elaborado pela autora.

Os casos de dengue ocorrem, em grande maioria, em zonas urbanas, e como tal a área urbana de Santarém é a região onde mais ocorreram, com poucos casos sendo confirmados na zona rural. Dos casos registrados na zona rural as localidades possuem características urbanísticas tais como aglomeração humanas e adensamento urbano crescentes como por exemplo em Alter do Chão, comunidades de Tabocal e Boa Esperança.

O ambiente urbanizado é propício a transmissão de dengue pelo fato de seu vetor ser altamente adaptado às condições estruturais e ambientais de áreas urbanas. Devido a essa adaptação, os mosquitos colocam seus ovos principalmente nas paredes dos recipientes artificiais onde a água pode se acumular, tanto no interior dos edifícios ou em seus arredores. Em vários estudos, mosquitos *Aedes* foram identificados em assentamentos humanos onde se reproduzem em uma variedade de recipientes que contém água como pneus, caixas d'água, entre outros.

No caso da leishmaniose, por se tratar de uma doença de comportamento rural, todos os casos com local provável de infecção identificados estavam em comunidades da zona rural da RMS, tal como comunidade de Maguari na FLONA Tapajós, comunidade Corta Corda no assentamento Corta Corda. A transmissão inicialmente ocorre acidentalmente devido à entrada dos hospedeiros no habitat dos vetores transmissores de parasitos do gênero *Leishmania* (LAINSON; SHAW, 1978), que são particularmente silvestres encontrados em áreas de cobertura vegetal como florestas primárias e capoeiras. Os casos de leishmaniose ocorrem principalmente através de atividades laborais, como extrativismo e mineração, por estas razões que esta doença é considerada uma doença ocupacional. Além disso, a perturbação do meio ambiente, como por exemplo, o desmatamento faz com que os vetores se adaptem às áreas de convívio humano, como em áreas de colonização ou periurbanas (MARZOCHI; MARZOCHI, 1997).

A malária apresentou redução dos números de casos de 2012 e 2014, sendo que o comportamento dessa doença pode-se apresentar de forma rural ou então em áreas periurbanas no qual pode existir a presença de vetores no limite entre floresta e periferia. A SESPA-9° regional relata uma diminuição dos casos de malária em Santarém e que os registros de casos aconteceram principalmente em comunidades que ficam próximas à hidrelétrica de Curuá-una. Casos registrados em grandes cidades dos Estados da Amazônia ocorreram principalmente em áreas periurbanas (SARAIVA *et al.*, 2009; SANTOS e SILVA, 2011), como por exemplo casos autóctones em Belém em que possivelmente o processo de urbanização tenha contribuído para o incremento do número de criadouros de vetores e possibilitou maior exposição à infecção (RENAULT *et al.*, 2007).

5.3.3 Tipologia *versus* Doenças

Após o cruzamento entre os padrões de tipologias e os casos dos agravos, foi possível identificar o padrão e a quantidade de casos na RMS para o ano de 2012 e 2014, esses resultados estão apresentados na Tabela 5.2.

É possível identificar um padrão da presença dos casos dos agravos com as tipologias identificadas. Um total de 195 células apresentaram a presença de dengue em 2012 e 46 em 2014. Leishmaniose foram 60 células em 2012 e 62 em 2014. Enquanto que para a Malária foram 47 e 16 em 2012 e 2014, respectivamente.

Casos de dengue ocorreram principalmente em células com presença da classe urbano. O padrão PP03, que é um padrão com 100% da classe urbano, apresentou 26 células com presença de dengue em 2012 e 22 em 2014. Para os mosaicos com presença da classe urbano, PP09 apresentou 44 células com presença de dengue em 2012 e 10 em 2014, já o padrão PP10 foram 56 células em 2012 e 10 em 2014. Esse resultado vem a confirmar o que foi descrito anteriormente, quando se trata de áreas que ocorrem a dengue por ser uma doença estritamente urbana. Esse comportamento se deve, entre outros, ao comportamento antropofílica do principal vetor *Aedes aegypti*, que vive predominantemente nas residências em contato com o ser humano, facilitando assim a picada da fêmea dos mosquitos.

As maiores quantidades de células com presença de leishmaniose ocorreram no padrão PP16 com 20 células, PP14 com 9, PP12 com 10 e PP10 com 7 células para o ano de 2012. Já para o ano de 2014 os padrões foram PP16 com 14, PP14 com 11 e PP10, PP12 e PP13 com 10 células cada. Um total de 60 células apresentaram a presença de casos de Leishmaniose Tegumentar Americana.

Malária apresentou um total de 47 células em 2012 com presença da doença, sendo os maiores registros com 17 células no padrão PP03, 9 células no padrão PP09, 5 células nos padrões PP10 e PP16. Para 2014, 7 células do padrão PP03, 3 do padrão PP16 e 2 de PP10, os demais com uma célula apenas.

Tabela 5. 2 – Número de células de padrões de uso e cobertura da terra com presença dos agravos.

Tipologia	2012				2014			
	Nº de Células	Células com presença de Agravos			Nº de Células	Células com presença de Agravos		
		Dengue	LTA	Malária		Dengue	LTA	Malária
PP01	14	2	-	-	21	-	-	-
PP02	37	-	-	-	5	-	-	-
PP03	34	26	1	17	38	22	1	7
PP04	11555	-	-	-	11527	-	1	-
PP05	3073	-	-	-	3073	-	-	-
PP06	90	-	-	-	90	-	-	-
PP07	4	-	-	-	14	-	-	-
PP08	31	-	-	-	58	-	-	-
PP09	110	44	2	9	91	10	2	1
PP10	195	56	7	5	227	10	10	2
PP11	96	2	2	-	137	-	1	-
PP12	1007	42	10	2	1454	2	10	1
PP13	584	2	4	1	957	-	10	1
PP14	5147	4	9	3	5453	-	11	1
PP15	256	1	-	-	183	-	-	-
PP16	2087	15	20	5	1795	-	14	3
PP17	78	-	-	-	48	-	-	-
PP18	670	-	1	2	725	1	-	-
PP19	1388	-	-	1	1324	-	-	-
PP20	521	1	4	2	501	1	2	-
PP21	864	-	-	-	120	-	-	-
Total	27841	195	60	47	27841	46	62	16

Fonte: elaborado pela autora.

5.3.3 Associação entre tipologias e agravos - Análise estatística

Objetivando verificar se no padrão de tipologia existe alguma associação entre um padrão específico de uso e cobertura da terra e a presença dos casos dos agravos, as Tabela 5.3, Tabela 5.4 e Tabela 5.5 apresentam o *Odds ratio* (OR), chamado também de razão de chances, para a dengue, leishmanioses e malária para os anos de 2012 e 2014.

Os resultados apresentados na Tabela 5.3 indicam que existe uma associação entre os padrões de uso da terra que possuem a presença da classe urbano e a dengue, tanto para o ano de 2012 como em 2014, com OR estatisticamente significativos. Esse resultado indica que

ocorrendo o padrão PP03, PP09 e PP10 são maiores as possibilidades de que se tenha a presença de casos de dengue do que não se tenha.

Para os padrões com a presença da classe agricultura, PP01 e PP12, a chance de encontrar a presença de casos de dengue também foi significativa no ano de 2012, enquanto que não houve em 2014 a presença para o primeiro e sendo não significativo para o segundo. A ocorrência desses casos deve-se às comunidades que estão inseridas na zona rural, em que não se tem uma delimitação específica da comunidade e sim um par de coordenadas que foram coletadas em locais de influência da comunidade e, assim, caindo em células de composição de agricultura, com floresta primária e vegetação secundária.

Tabela 5. 3 - Relação do padrão de uso da terra e a presença de dengue nas células na Região Metropolitana de Santarém em 2012 e 2014.

Tipologia	Células com presença de casos de Dengue	controle	OR	95% IC	p-value
2012					
PP01	2	27827	23,86	[5,305-107,3]	3,55E-05
PP03	26	27807	531,50	[237,2-1191]	1,72E-52
PP09	44	27731	121,77	[80,52-184,1]	1,29E-114
PP10	56	27646	79,726	[56,06-113,4]	3,56E-131
PP11	2	27745	3,0374	[0,7432-12,41]	0,122
PP12	42	26834	7,5898	[5,362-10,74]	2,81E-30
PP13	2	27257	0,48188	[0,1194-1,945]	0,30519
PP14	4	22694	0,091633	[0,03403-0,2468]	2,26E-06
PP15	1	27585	0,55369	[0,0773-3,966]	0,55621
PP16	15	25754	1,0286	[0,6062-1,745]	0,91686
PP20	1	27320	0,26889	[0,03761-1,922]	0,1906
2014					
PP03	22	27803	1591,5	[745,6-3397]	5,71E-81
PP09	10	27750	95,041	[45,63-198]	4,78E-34
PP10	10	27614	35,302	[17,3-72,04]	1,20E-22
PP12	2	26387	0,82466	[0,1997-3,405]	0,78989
PP18	1	27116	0,83091	[0,1144-6,036]	0,85473
PP20	1	27340	1,2131	[0,1669-8,818]	0,84861

Fonte: elaborado pela autora.

A tabela 5.4 apresenta a análise para os casos confirmados de malária. A possibilidade de se encontrar a doenças nos padrões PP03, PP09 e PP10 foram estatisticamente significativos com OR acima de 17. Esses resultados para os padrões urbanos se devem ao fato de que os dados de malária estavam representados por bairros, e assim houve uma maior quantidade de células cobrindo os bairros, dessa forma representado mais presença da doença no padrão que tivesse a presença da classe urbano. Apesar dessa situação metodológica citada, vale ressaltar

a malária "urbano" tem sido endêmica desde há vários anos, em favelas, na periferia das grandes cidades na Amazônia, como por exemplo na cidade de Manaus, onde espécies de vetores vêm da floresta próxima e as fêmeas picam os hospedeiros humanos dentro e ao redor de suas casas (SARAIVA et al., 2009).

Os demais padrões não foram significativos, com exceção do PP14 em 2014 que é um mosaico composto de presença de floresta primária, vegetação secundária e pastagem.

Tabela 5. 4 - Relação do padrão de uso da terra e a presença de malária nas células na Região Metropolitana de Santarém em 2012 e 2014.

Tipologia	Células com presença de casos de Malária	controle	OR	95% IC	p-value
2012					
PP03	17	27807	925,9	[432,3-1983]	3,66E-69
PP09	9	27731	64,939	[30,6-137,8]	1,57E-27
PP10	5	27646	17,296	[6,769-44,2]	2,60E-09
PP12	2	26834	1,1847	[0,287-4,89]	0,81475
PP13	1	27257	1,0147	[0,1397-7,37]	0,98853
PP14	3	22694	0,30022	[0,09318-0,9672]	0,043821
PP16	5	25754	1,4702	[0,581-3,72]	0,41581
PP18	2	27171	1,8048	[0,4369-7,455]	0,41458
PP19	1	26453	0,41389	[0,05704-3,003]	0,38299
PP20	2	27320	2,3357	[0,5651-9,654]	0,24132
2014					
PP03	7	27803	697,34	[244,4-1990]	1,97E-34
PP09	1	27750	20,544	[2,685-157,2]	0,0035977
PP10	2	27614	17,524	[3,96-77,55]	0,00016106
PP12	1	26387	1,21	[0,1597-9,167]	0,85362
PP13	1	26884	1,8737	[0,2472-14,2]	0,5434
PP14	1	22388	0,27358	[0,03613-2,072]	0,20952
PP16	3	26046	3,3525	[0,9544-11,78]	0,059125

Fonte: elaborado pela autora.

A tabela 5.5 apresenta a análise para os casos confirmados de leishmaniose, não apresentando associação significativa com os padrões PP14 e PP18 para o ano de 2012 e PP11, PP14, PP20 para o ano de 2014. PP16, composição de floresta, vegetação secundária e pastagem, apresentou associação significativa. A proximidade ou contato de hospedeiros com áreas de cobertura vegetal como florestas e arbustos apresentam risco de transmissão de leishmaniose por maiores possibilidades de contato com os vetores (VALDERRAMA-ARDILA et al., 2010). Além disso, o contato entre área urbana e cobertura vegetal, como é caracterizado pelo padrão PP09, com presença da classe urbano, vegetação secundária e floresta

primária, também é permissivo para a cadeia de transmissão em áreas residenciais em torno de matas. Cidades da Amazônia, como Belém e Manaus, apresentaram aumento de suas áreas urbanas avançando em regiões de floresta. Em uma pesquisa recente realizada em Manaus, observou-se que pacientes com LTA urbana geralmente moravam perto de áreas de floresta residual dentro dos limites da cidade (BENÍCIO et al., 2015). Além disso, em alguns fragmentos florestais ainda dentro na cidade foram encontrados *Leishmania* spp. em flebotomíneos capturados nesses fragmentos (SILVA et al., 2016).

Tabela 5. 5 - Relação do padrão de uso da terra e a presença de leishmaniose nas células na Região Metropolitana de Santarém em 2012 e 2014.

Tipologia	Células com presença de casos de Leishmaniose	controle	OR	95% IC	p-value
2012					
PP03	1	27807	14,252	[1,918-105,9]	0,0094262
PP09	2	27731	8,8356	[2,131-36,64]	0,0026767
PP10	7	27646	19,385	[8,7-43,19]	4,09E-13
PP11	2	27745	10,157	[2,445-42,19]	0,0014204
PP12	10	26834	5,3729	[2,717-10,63]	1,35E-06
PP13	4	27257	3,3499	[1,211-9,269]	0,0199
PP14	9	22694	0,7777	[0,3826-1,581]	0,48722
PP16	20	25754	6,2201	[3,63-10,66]	2,91E-11
PP18	1	27171	0,68688	[0,09502-4,965]	0,70977
PP20	4	27320	3,7668	[1,361-10,43]	0,010676
2014					
PP03	1	27803	12,292	[1,66-91,02]	0,014045
PP04	1	16314	0,02312	[0,003204-0,1668]	0,0001867
PP09	2	27750	10,371	[2,496-43,08]	1,29E-03
PP10	10	27614	24,426	[12,25-48,69]	1,09E-19
PP11	1	27704	3,3321	[0,4586-24,21]	0,23423
PP12	10	26387	3,5072	[1,779-6,915]	0,0002913
PP13	10	26884	5,4488	[2,761-10,75]	1,02E-06
PP14	11	22388	0,8853	[0,4611-1,7]	0,71429
PP16	14	26046	4,2576	[2,343-7,737]	1,99E-06
PP20	2	27340	1,8223	[0,4442-7,476]	0,40471

Fonte: elaborado pela autora.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi proposto uma tipologia de uso e cobertura da terra utilizando métricas de composição de paisagem com a presença das classes para então verificar a relação dos padrões com a presença de agravos.

Verificou-se com os resultados que a área é formada em grande maioria por padrão de células da classe floresta (PP04) e que os mosaicos compostos pela presença obrigatória de agricultura aumentaram em número de células de 2012 para 2014. A dinâmica de uso e cobertura da terra se intensificou após a isenção da agricultura mecanizada na região do planalto santareno. Muitas áreas antes utilizadas para agricultura familiar perderam terras para *comodities* com isso houve expulsão da população do campo para a cidade. Esse fenômeno contribuiu para o aumento populacional das áreas urbanas que se refletiu na expansão das áreas construídas conforme verificado através do aumento de células com a presença da classe urbano no período analisado.

Essas composições produzem diversas possibilidades para a produção de doenças por permitir o contato e exposição de pessoas com vetores transmissores de doenças. Nesse sentido, verificou-se que padrões que não possuíam representação da classe urbano foram significativos para a presença de dengue, indicando um possível espalhamento para outros locais fora das áreas urbanas em comunidades que deem condições para a sobrevivência e reprodução de vetores. A dengue é uma doença estritamente urbana, com isso a maior quantidade de células contendo a presença estavam em células com padrão PP03, PP09 e PP10.

Já para o agravo LTA o padrão que apresentou associação foi aqueles com composição de floresta, vegetação secundária e pastagem. Nessas áreas, principalmente de vegetação secundária, a proximidade ou contato de hospedeiros aumentam o risco de ser picado e infectados por parasitas pois o hospedeiro invade o habitat dos vetores. Nesta tese, verificou-se que os casos ocorreram em locais, indicados como local provável de infecção, em diferentes pontos da RMS em locais designados como rurais.

Os casos de malária têm diminuído na RMS, e a grande maioria dos casos foram descritas em células urbanas. Embora a doença tenha casos autóctones ocorridos em áreas urbanas, geralmente são de locais fora da cidade. Isso acontece porque tratamento muitas vezes em acontecem nos centros de saúde nas sedes municipais então o paciente acaba registrando o local provável de infecção sendo o bairro da área urbana no qual residindo temporariamente. Geralmente casos de malária ocorrem em comunidades que tem condições ambientais propícias aos vetores e disseminação entre hospedeiros.

6 LIGAÇÕES ENTRE DETERMINANTES DO USO E COBERTURA DA TERRA E DOENÇAS VETORIAIS

6.1 INTRODUÇÃO

As mudanças antrópicas são consideradas uma das principais causas das mudanças ambientais global conforme evidências amplamente sistematizadas. As mudanças de uso e cobertura da terra, resultado de pressões econômica e desenvolvimentista (GEIST; LAMBIN, 2002), estão entre os impulsionadores que impactam diferentes âmbitos, incluindo a saúde humana.

Os padrões de uso da terra juntamente com outros fatores que levam à baixa qualidade do meio ambiente são responsáveis por aproximadamente 24% da carga global de doenças entre as quais as doenças infecciosas (PRÜSS-ÜSTÜN; BONJOUR; CORVALÁN, 2008), causadas por agentes biológicos patogênicos (bactérias, vírus e parasitas, entre outros). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018) 25% de mortes são causadas por doenças infecciosas, sendo consideradas ameaças à saúde pública e à economia.

Diversas pesquisas trazem resultados diferentes quando se trata da relação entre doenças e mudanças ambientais, especialmente àquelas transmitidas por vetores, por possuírem mecanismos de transmissão modulados pelo ambiente. Associações benéficas foram descritas em países da África após a instalação de sistemas de drenagem para reduzir habitat de mosquitos vetores da malária (KEISER; SINGER; UTZINGER, 2005). Além disso, outras melhorias em termos de saúde a nível mundial ocorreram após extensas alterações humana do mundo natural. Em contraposição, há evidências dos impactos negativos das mudanças do uso da terra em várias partes do planeta, entre os quais o desmatamento por aumentar os casos de malária na África e América do Sul (MYERS et al., 2013). Em publicações relacionadas a mudanças de uso da terra e saúde humana na região Amazônica, grande parte apresentou principalmente os impactos negativos, e poucos apresentaram aspectos qualitativos (MASTEL et al., 2018).

Múltiplos fatores podem influenciar o padrão de doenças transmitidas por vetores, nesse sentido muitas pesquisas se concentraram em fatores específicos, no entanto para doenças específicas: clima, uso da terra e saneamento. Diante de um ambiente em processo de mudanças que pode influenciar diferentes tipos de doenças, a verificação da forma com a qual os mesmos fatores (multifatores) podem ter diferentes impactos em diferentes doenças fornecem

informações mais abrangentes das relações das mudanças de uso da terra e transmissão de doenças.

Por si só, as mudanças de uso e cobertura da terra são consideradas drivers de doenças por atuarem como modificadores, entre outros, dos "serviços do ecossistema" (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) e do padrão da paisagem. Os serviços do ecossistema atuam como reguladores de diversas funções do sistema, no qual os elementos da cadeia de transmissão de doenças fazem parte, como exemplo pode-se citar o clima (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), que atua no ciclo de vida de vetores, especialmente a precipitação pluvial, através da criação de criadouros, sobrevivência e reprodução de adultos. O padrão da paisagem pode indicar os locais de ocorrência de doenças a partir de medidas de indicadores de doenças em determinados padrões de uso da terra.

Múltiplos são os fatores que determinam padrões de mudanças de uso e cobertura da terra e que também influenciam no desenvolvimento de doenças: ambientais (vegetação, clima, hidrologia); sociodemográficos (migrações e densidade populacional) (BARCELLOS et al., 2009; REISEN, 2010), entre outros. Por essa ligação, e porque a transmissão de doenças pode ser extremamente heterogênea no tempo e espaço, contribuir com a literatura que relacionam fatores de uso da terra e doenças pode fornecer uma visão ampla dessas relações, incluindo o papel dos *drivers* e políticas específicas.

Considerando-se o cenário de mudanças na paisagem e os fatores que levam a tais mudanças, este capítulo objetiva verificar a relação entre os determinantes do uso da terra e doenças transmitidas por vetores e identificar as ligações existentes dos principais impulsionadores de mudanças na saúde na RMS.

6.1.1 Mudanças ambientais e impactos na saúde humana

A modificação do ambiente por ações antrópicas, o crescimento urbano desordenado, entre outros, são alguns fatores que vêm facilitando a emergência e disseminação de doenças infecciosas humanas.

Tais transformações podem fazer emergir novos padrões de determinadas doenças - emergências de novas, epidemias e perda de controle sobre as existentes (CONFALONIERI, 2000; CARMO; PENNA; OLIVEIRA, 2008; CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014). No entanto, o inverso também pode ser verificado, uma vez que a diminuição de casos de doenças pode estar associada as mudanças territoriais como verificado por (BAUCH et al., 2015; ÂNGELO, 2015).

De acordo com a região geográfica bem como o tipo de mudanças ocorridas poderá se determinar quais relações as mudanças ocorridas e a dinâmica de doenças de transmissão vetoriais. Para a Amazônia, Confalonieri (2005) discutiu a relação das paisagens e a proliferação de doenças infectocontagiosas designando três tipos determinantes de macropaisagens: paisagens naturais, paisagens antropizadas e paisagens construídas. A cada categoria de paisagem associa-se um conjunto relativamente bem delimitado de agravos a saúde, sendo diferenciadas pela prática do uso da terra dominante, a dependência das comunidades sobre os produtos florestais e o grau de degradação dos serviços ecossistêmicos. Para as paisagens naturais, as doenças relacionadas são doenças de chagas e malária, enquanto que paisagens construídas os agravos são dengue e leptospirose.

Na região Amazônica, doenças como malária, leishmaniose, hanseníase (lepra), a Tuberculose e vários arbovírus (incluindo a dengue) e ainda outros vírus, apresentam um alto índice de incidência, sendo consideradas endêmicas por causa dessa situação. Essas doenças estão relacionadas a determinadas tipos de paisagem e/ou uso e cobertura da terra: a malária continua sendo um dos maiores problemas de saúde pública nos países amazônicos associadas ao desmatamento, mineração e construção de rodovias; doenças de chagas e leishmaniose, em resposta à expansão da agricultura e pecuária (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014). Além dessas, a dengue é considerada a principal doença emergente associada ao crescimento das cidades na Amazônia.

6.1.2 Determinantes das mudanças e ligação com a transmissão de doenças

Diversos fatores podem atuar como determinantes na dinâmica de doenças e muitos deles possuem relações com as mudanças de uso da terra por estarem *linkados* ao ambiente. A **construção de rodovias e abertura de estradas**, por exemplo, aumentam o fluxo de pessoas e modificam o habitat natural dos vetores. A abertura da Transamazônica, na década de 1970, foi associado a um aumento local de leishmaniose e também a uma mudança no comportamento das espécies de vetores (FRAIHA et al, 1978). Em Manaus, a abertura de estradas e as consequentes ocupações para a agricultura foram fatores importantes no aparecimento de casos de Leishmaniose Tegumentar (GUERRA et al., 2003; CONFALONIERI, 2005).

Áreas de proteção restritas podem servir como barreiras para a transmissão de doenças, enquanto que as de uso sustentável – pela dinâmica de ocupação humana – podem estar correlacionadas a doenças vetoriais (BAUCH et al., 2015). Além disso, o favorecimento de algumas doenças em detrimento das condições ambientais, característicos de áreas de

preservação poderia não ser possível para diferentes doenças. Enquanto a malária e leishmaniose podem apresentar associação com áreas de preservação, a dengue não estaria correlacionada a Áreas de proteção restritas, sendo de menor probabilidade nesses locais (BAUCH et al., 2015).

Assentamentos humanos são tipos de políticas que induzem ao aglomeramento de pessoas, aumentando contato com vetores. Embora algumas espécies de vetores possuem alta capacidade de deslocamento em grandes distâncias (vetores da malária), outras espécies se movem em pequenas distâncias (vetor da dengue), assim a aproximações de casas e pessoas facilita o contato e transmissão (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Temperatura de superfície, é usualmente utilizada como proxy da temperatura do ar, principalmente em regiões onde é escasso a disponibilidade de dados ambientais. A temperatura interage de maneiras múltiplas sobre os aspectos da biologia de insetos e patógenos, entre as quais sobrevivência e reprodução. Assim, é possível verificar faixa adequada tanto dos vetores quanto dos patógenos. A temperatura afeta a transmissão da malária de várias maneiras, influenciando, por exemplo, o período esporogônico do *Plasmodium*, o período de desenvolvimento das fases aquáticas do vetor e a fecundidade dos adultos (STRESMAN, 2010; KOCH et al., 2017).

Precipitação pluvial é um fator importante porque alguns vetores em seu ciclo de vida apresentam estágios aquáticos (ovo, larva e pupa), portanto precisam de água no ambiente para seu desenvolvimento, outros, mesmo não depositando seus ovos na água e não possuindo uma fase de vida aquática, como os flebotomíneos, a umidade é importante para a sobrevivência do ovo (KOCH et al., 2017). Além disso, algumas doenças apresentam sazonalidade com a chuva bem definida com casos ocorrendo durante e logo após a estação chuvosa, quando há um aumento da densidade populacional de insetos (REITER, 2001, PATZ et al., 2008).

As larvas do *Anopheles darlingi* geralmente distribuem-se às margens dos **corpos d'água**, preferencialmente profundos, limpos, pouco turvos e ensolarados ou parcialmente sombreados se escondendo entre a vegetação ou detritos (HIWAT; BRETAS, 2011).

6.2 METODOLOGIA

O conjunto de dados usado na análise compreende 5 anos (2012-2016) de observações anuais sobre casos de dengue, leishmanioses e malária por local provável de infecção, assim como dados de clima sendo a chuva acumulada do trimestre mais seco e trimestre mais chuvoso e a média do trimestre de maior temperatura para dados de temperatura de superfície. Além

disso, dados transversais para categoria de áreas de proteção, assentamentos humanos, estradas e rodovias oficiais, população, e extensão dos corpos d'água (rios e lagos), declividade, altitude, foram usadas como covariáveis refletindo os fatores terminantes do uso e cobertura da terra. As covariáveis foram definidas e descritas no capítulo 4.

As variáveis independentes estão descritas de X_1 a X_{12} conforme apresentado na tabela 6.1. No capítulo 2 foi apresentado as fontes dos dados utilizadas como variável dependente e explanatória.

Tabela 6. 1 - Variáveis ambientais, políticas e econômicas.

ID	Variáveis	tipo de dado	período
X₁	Precipitação pluvial acumulada média do trimestre chuvoso	Contínuo (mm)	2012-2016
X₂	Precipitação acumulada média do trimestre seco	Contínuo (mm)	2012-2016
X₃	Temperatura de superfície média do trimestre mais seco	Contínuo (°C)	2012-2016
X₄	Altitude (m)	Contínuo (m)	-
X₅	Declividade	Contínuo (%)	-
X₆	Distância a Rodovias	Contínuo (km)	-
X₇	Distância a Núcleos urbanos	Contínuo (km)	-
X₈	população por distrito	n° de pessoas	2000 2010
X₉	Presença de Áreas protegidas	Binário (0-1)	-
X₁₀	Presença de Projeto de assentamentos	Binário (0-1)	2006
X₁₁	Presença de Estradas	Binário (0-1)	-
X₁₂	Presença de Corpos d'água	Binário (0-1)	-

Fonte: elaborado pela autora.

A área de estudo compreende toda a delimitação da RMS com as variáveis agregadas em células de 1 x 1 km² representando a unidade espacial de análise. O banco de dados foi desenvolvido com base na presença e ausência dos agravos. Considerando o valor 1 com pelo menos um caso (ou mais) por anos e o valor zero para outros anos (nenhuma ocorrência), durante o período estudado.

Utilizou-se regressão linear generalizada para identificar variáveis significativas para a presença de casos dos agravos com base nos dados de 2012 a 2016. A probabilidade foi definida como a probabilidade de ocorrer a presença de casos em uma célula. A regressão logística permite não só estimar a probabilidade de existir ou não a presença do agravo, como a identificação das variáveis relevantes que predizem a ocorrência desse evento binário.

Odds ratio (OR) são usados para facilitar as interpretações do modelo. A razão de chances [exp (β)], expressão traduzida de OR, pode ser interpretada como a mudança nas chances para o evento considerado (isto é, mudança no uso da terra) com o aumento de uma unidade no fator correspondente.

6.3 RESULTADOS

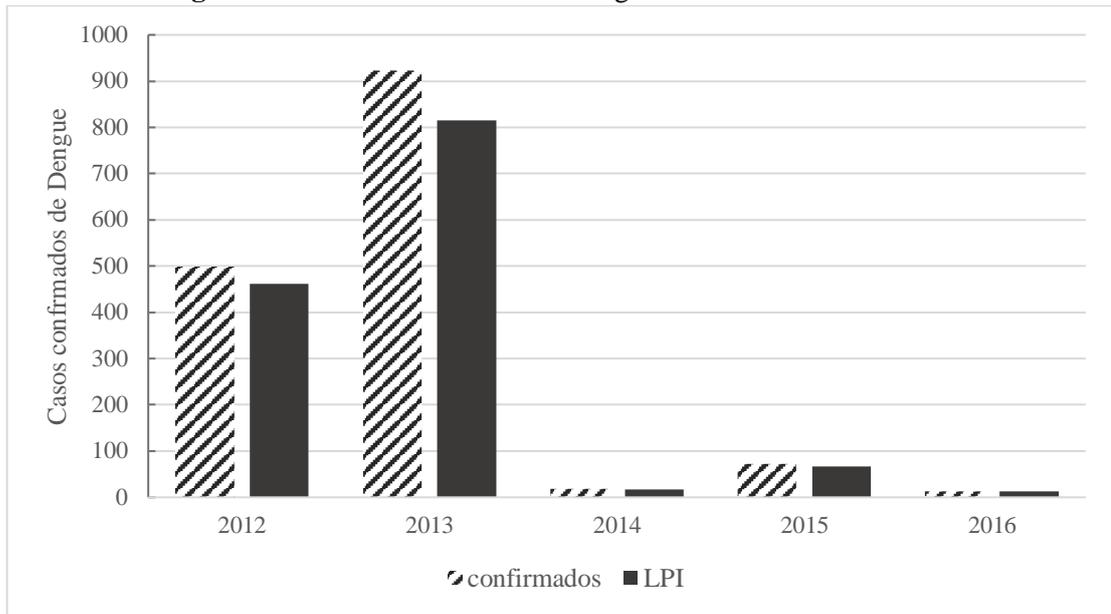
6.3.1 Análise descritiva

A RMS apresentou 1.526 casos de dengue acumulado entre 2012 a 2016. O maior número de casos confirmados por município de residência se concentrou no município de Santarém com um total de 1.420 casos.

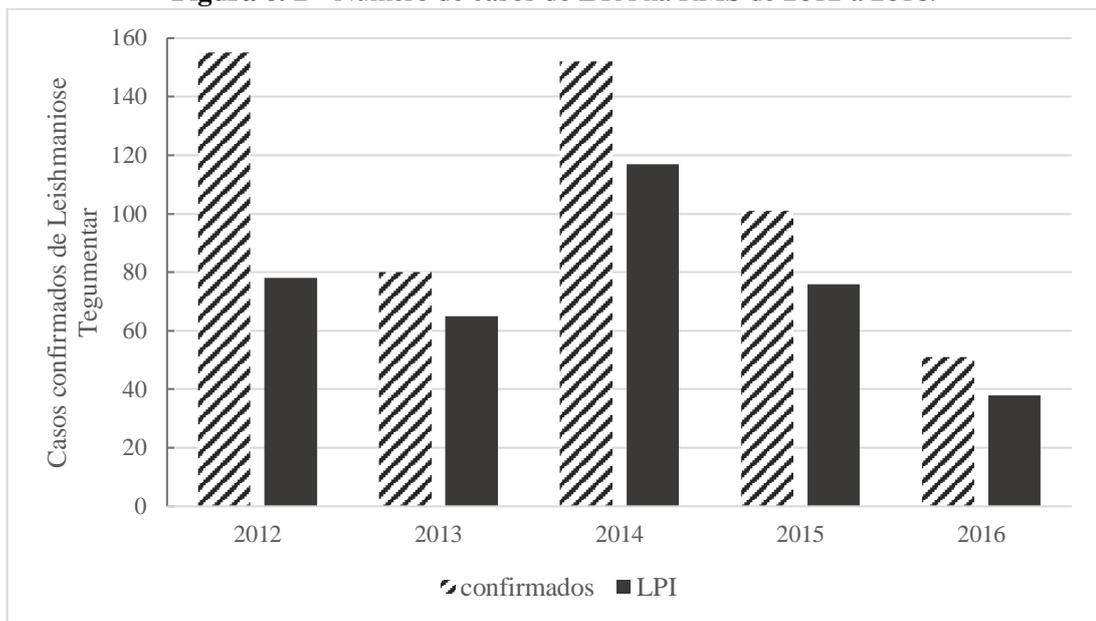
A figura 6.1 apresenta o número de casos confirmados de dengue para a RMS entre 2012 a 2016. Observa-se que o ano de 2013 apresentou a maior quantidade de casos com 923 indivíduos confirmados com dengue e que nos três anos seguintes houve uma queda no número de casos ficando abaixo de 100 casos.

Para a LTA foram confirmados 539 casos no sistema do SINAN durante o período de 2012 a 2016. O número de caso oscilou entre valor máximo de 155 em 2012 ao valor mínimo da série de 51 casos em 2016, conforme é verificado na figura 6.2.

Devido a inconsistência dos dados (principalmente a falta da identificação do local provável de infecção) utilizou-se os 374 casos confirmados com LPI disponibilizado pelo CCZ (Figura 6.2), sendo 2014 o ano que se obteve o maior número de locais identificados com 117. Observa-se que a partir de então o número de casos decresceram, tanto os confirmados quanto o local provável de infecção identificados.

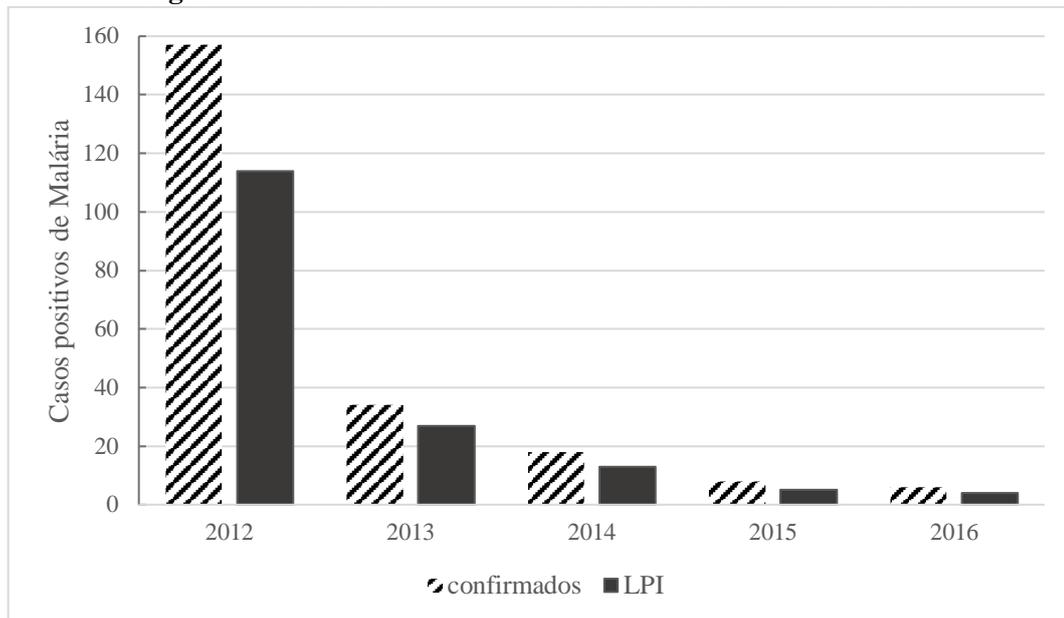
Figura 6. 1 - Número de casos de dengue na RMS de 2012 a 2016.

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados do SINAN.

Figura 6. 2 - Número de casos de LTA na RMS de 2012 a 2016.

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados do SINAN (confirmados) e CCZ (LPI).

Segundo dados do SIVEP-malária, a RMS apresentou 223 casos positivos de malária no período de 2012 a 2016. A Figura 6.3 apresenta número de casos positivos de malária para a RMS. É observado que os casos diminuíram ao longo do período analisado, sendo 2012 o ano de maior número de casos positivos da série com 157 confirmados e 114 locais identificados. Já 2016 apresentou somente 6 casos positivos com a identificação de 4 locais provável de infecção.

Figura 6. 3 - Número de casos de malária na RMS de 2012 a 2016.

Fonte: elaborado pela autora a partir dos dados do SIVEP-Malária.

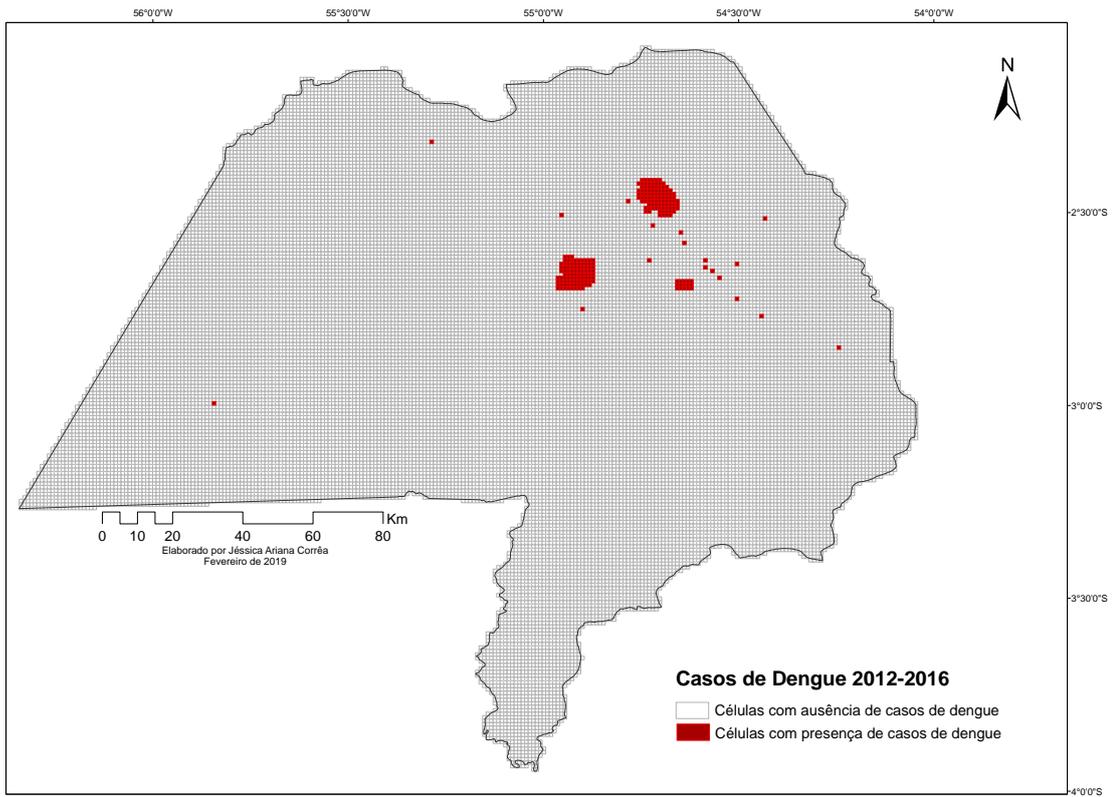
6.3.2 Distribuição espacial dos agravos

Os padrões espaciais da presença de casos de dengue mostram que os casos aconteceram em grande maioria nas células que se sobrepõem as áreas urbanas, com poucas células em áreas compreendidas pela zona rural sendo essas localizadas no planalto santareno (Figura 6.4). A região não afetada corresponde principalmente as regiões rurais em áreas de unidades de preservação locais que não possui característica urbanizada.

Dentro do período de tempo considerado de 6 anos, 194 células apresentaram a presença de casos de infecção por dengue na RMS.

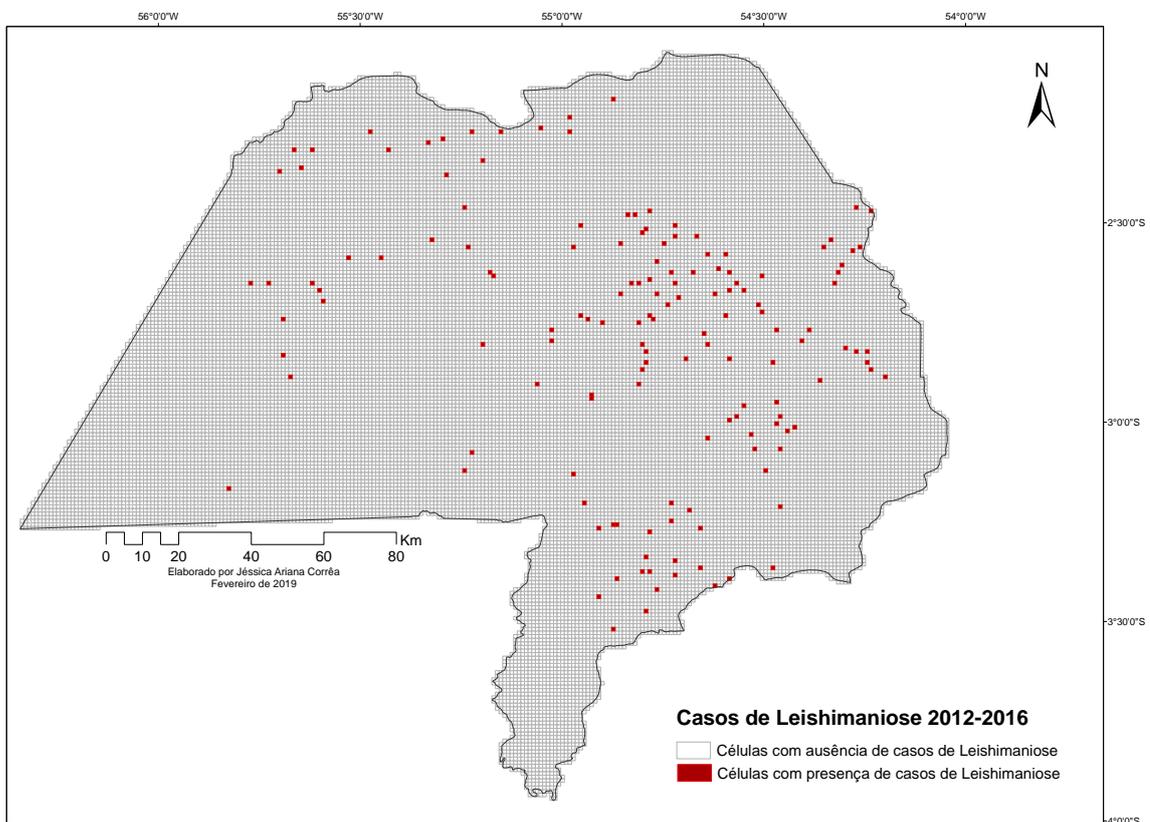
O padrão espacial da leishmaniose se apresenta distribuído em quase toda a RMS (Figura 6.5). Essas células representam comunidades rurais como local provável infecção da doença. Um total de 148 células apresentaram presença de pelo menos um caso da doença entre 2012 a 2016.

Figura 6.4 – Distribuição espacial das células dom presença de casos de dengue.



Fonte: elaborado pela autora.

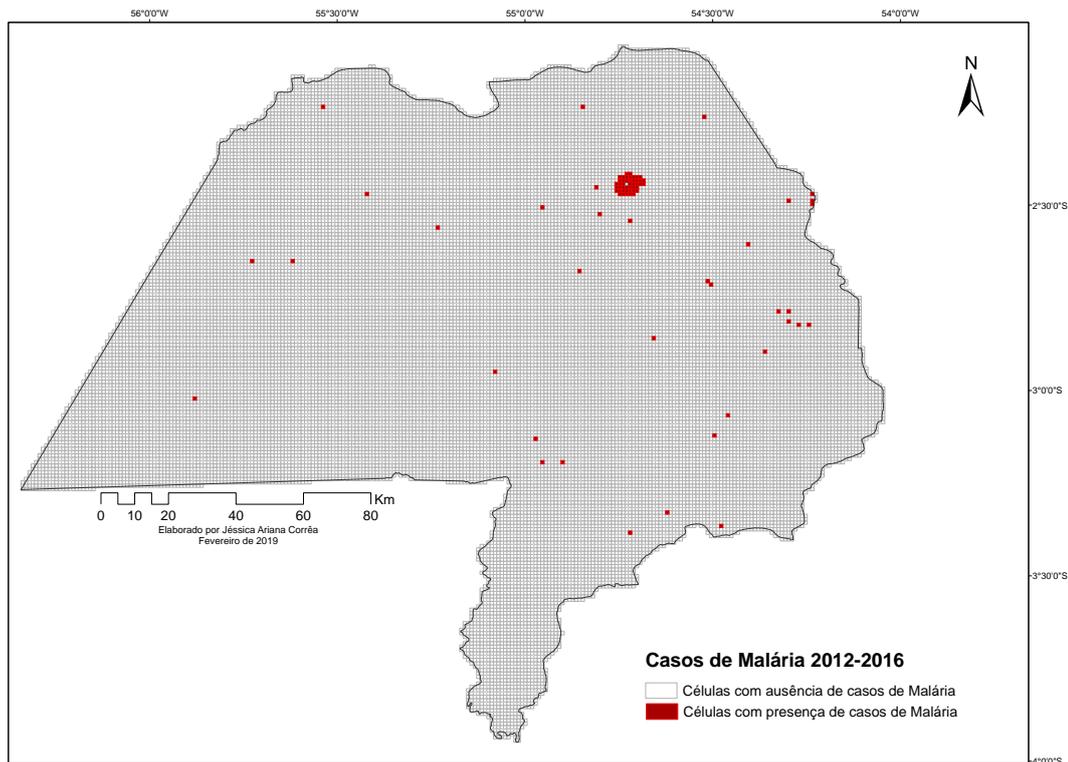
Figura 6.5 – Distribuição espacial das células dom presença de casos de LTA.



Fonte: elaborado pela autora.

Diferentemente da leishmaniose, os casos de malária além de apresentar uma distribuição em células em diversas áreas da RMS também apresentou células que cobrem a área urbana, especificamente em Santarém (Figura 6.6). Um total de 81 células com a presença de casos de malária ocorreram entre 2012 a 2016.

Figura 6. 6 – Distribuição espacial das células dom presença de casos de malária.



Fonte: elaborado pela autora.

6.3.3 Regressão Logística

As relações entre cada variável determinante do uso e cobertura da terra com a presença dos agravos estão apresentadas Tabela 6.2. Várias variáveis foram significativas na análise bivariada ($p < 0,05$) demonstrando que essas preditoras estão associadas de alguma maneira a presença dos agravos na área de estudo.

Os coeficientes com sinal positivo, indicando que a presença do agravo torna-se mais provável de acontecer diante desses fatores, foram: altitude média, número de pessoas por distrito, presença de assentamentos e presença de estradas para a dengue; temperatura de superfície média, declividade média, número de pessoas por distrito, presença de assentamentos e presença de estradas para a leishmaniose.

Para as variáveis que apresentaram o sinal do efeito negativo, chamou a atenção para a presença de malária, pois oito delas indicam que é menos provável que ocorra a doença a partir

do efeito que essas variáveis tem sobre o agravo, são elas: precipitação do trimestre seco, altitude, declividade, distância a rodovias e núcleos urbanos, presença de unidades de conservação e assentamentos, e presença de corpos d'água.

As chances da presença de doenças são maiores em células com presença de estradas, do que sem. Essa observação é constatada com o valor de OR em que a presença de estradas tem 17 mais vezes de se ter a presença de leishmaniose do que se tendo a ausência dessa preditora, 45 vezes a mais para a malária, e 60 para a dengue.

A presença de rios somente foi significativa para dengue, no entanto o efeito dela é baixo, com OR de 0,39, diminuindo as chances em células com a presença dessa variável. Para os demais agravos, OR de 1,27 para a leishmaniose embora não tenha sido significativo. A presença de unidades de conservação teve possibilidades baixas para os três agravos, sendo significativas em diminuir chances de ter casos da doença. O maior valor de OR foi de 0,43 para a leishmaniose.

A temperatura de superfície aparece como a variável associada com malária e leishmaniose, indicando que um aumento na preditora aumenta a possibilidade da presença desses agravos. A variável precipitação do trimestre chuvoso foi significativa para dengue e malária com efeito negativo para a primeira e efeito positivo para a segunda. O OR para a malária indica que um aumento dos valores de precipitação aumenta a chance do evento. Já a precipitação do trimestre seco, embora apresente significância, seu efeito é negativo com OR menor que 1.

Tabela 6. 2 - Análise bivariada dos fatores determinantes e casos de dengue, leishmanioses e malária.

Fatores	Dengue		Leishmaniose		Malária	
	β	exp (β)	β	exp (β)	β	exp (β)
X₁	-0,00134	0.9987	-0,00026*	0.9997	0,00154	1.0015
X₂	-0,00445	0.9956	-0,00329	0.9967	-0,0049	0.9951
X₃	0,57182*	1.7715	0,30724	1.3597	0,4819	1.6191
X₄	0,004	1.004	-0,00086*	0.9991	-0,01347	0.9866
X₅	-0,55112	0.5763	0,39259	1.4808	-0,45989	0.6314
X₆	-0,00024	0.9998	-0,00004	1	-0,00014	0.9999
X₇	-0,00012	0.9999	-0,00003	1	-0,00009	0.9999
X₈	0,03945	1.0402	0,03971	1.0405	0,05305	1.0545
X₉	-5,64102	0.0035	-0,83719	0.4329	-2,71184	0.0664
X₁₀	0,6431	1.9024	0,86588	2.3771	-0,84459	0.4297
X₁₁	4,09776	60.2053	2,83457	17.0231	3,82232	45.7101
X₁₂	-0,94346	0.3893	0,24143*	1.2731	-0,02503*	0.9753

* não significativo em $p < 0,05$.

Fonte: elaborado pela autora.

Analisando em conjunto todas as variáveis e suas relações sobre cada doença é possível verificar na Tabela 6.3 que as variáveis de precipitação e número de pessoas não entraram no modelo para a dengue. De acordo com o valor do pseudo-R² o ajuste dessas variáveis foram 0,37 e valor ROC de 0,964.

Para a leishmaniose as variáveis altitude média, declividade média, distância a rodovias e distância a núcleos urbanos não foram explicativas. O modelo retornou 0,14 de pseudo-R² e 0,864 para a curva ROC. Já para o modelo da malária as variáveis que não foram representativas em conjunto com todas as variáveis foram a precipitação do trimestre seco, declividade média, número de pessoas por distrito e presenças de corpos d'água, com curva ROC de 0,931 e pseudo-R² 0,32.

Tabela 6. 3 - Análise múltipla dos fatores determinantes e casos de dengue, leishmanioses e malária.

	Dengue	Leishmaniose	Malária
X₁	-	0,001022	0,001704
X₂	-	-0,00211	-
X₃	0,23687824	0,166062	0,265913
X₄	0,005882388	-	-0,03855
X₅	-0,813886714	-	-
X₆	-0,0001616	-	-4,12E-05
X₇	-5,38E-05	-	-3,12E-05
X₈	-	0,014823	-
X₉	-2,693943023	1,352581	-1,24381
X₁₀	0,852420408	0,924585	-1,69723
X₁₁	2,609472542	2,917649	4,143317
X₁₂	1,172034751	1,362222	-
constante	-11,2019251	-14,8766	-15,6822
R-quadrado de McFadden	0,371463992	0,14159	0,325086
ROC	0,964	0,864	0,931

Fonte: elaborado pela autora.

As ligações existentes entre os fatores determinantes com a transmissão de doenças vão desde o efeito sobre os vetores, os patógenos e os hospedeiros. Algumas das ligações são encontradas na literatura a respeito dos elos da cadeia epidemiológica de cada doença e os fatores determinantes.

6.4 DISCUSSÃO

A análise da presença dos agravos e os fatores determinantes do uso e cobertura da terra indicaram que fatores políticos e biofísicos estão associados porém com magnitude e efeitos diferentes para cada agravo. Os resultados demonstram que, utilizando como unidade de análise células com a presença de pelo menos 1 caso por ano, o fator que apresentou maior razão de chances de ocorrer a presença de dengue, leishmaniose e malária foi a temperatura de superfície seguida da presença de estradas, em uma análise feita fator a fator.

A probabilidade de presença de dengue, leishmaniose e malária aumentou significativamente com a temperatura de superfície da terra. Essa variável atua como proxy da temperatura do ar, sendo essa importante devido a sua influência no ciclo de vida dos vetores e dos parasitas transmissores de doenças. A temperatura afeta a transmissão da malária de várias maneiras, influenciando, por exemplo, o período esporogônico do *Plasmodium*, o período de desenvolvimento das fases aquáticas do vetor e a fecundidade dos adultos. Para a sobrevivência das larvas e pupas a temperatura ideal é entre 22 °C e 26 °C (STRESMAN, 2010). A faixa de temperatura entre 24-30 °C foi observada como faixa de temperatura ótima para eclosão dos ovos do *anopheles gambiae*, principal transmissor da malária na África (IMPOINVIL et al., 2007). O parasita também precisa de uma faixa de temperatura específica para o seu desenvolvimento no mosquito, tendo sido relatado uma faixa entre 25 °C e 30 °C. O limite superior de temperatura é determinado pela sobrevivência do vetor, como a esporogônia ocorre em menos de uma semana, temperaturas acima de 32 °C causa aumento da mortalidade de vetores e a sobrevivência diária é zero a 40 °C (CRAIG; SNOW; SUEUR, 1999).

Áreas mapeadas com dengue no município de São Paulo estavam localizadas em áreas com temperatura de superfície terrestre $> 28\text{ }^{\circ}\text{C}$ mostrando a influência desse preditor sobre a incidência (ARAUJO et al., 2015). Áreas com alta cobertura vegetal foram mais frias ($26 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) e tiveram a menor incidência em comparação com áreas com cobertura vegetal moderada ou baixa (ambas, $29 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) (ARAUJO et al., 2015). As áreas urbanas apresentam comportamentos térmicos diferentes de áreas com grandes extensões de floresta, como é observado na diferença de temperatura entre a zona urbana de Santarém com valores médios acima de 30 °C, região de maior número de casos de dengue, e áreas de proteção com valores médios abaixo de 30 °C. Já para os vetores da leishmaniose, necessitam de altas temperaturas para seu desenvolvimento e sobrevivência pois os flebótomos caracterizam-se como termofílicos, (KOCH et al., 2017).

A presença de estradas apresenta associação com os agravos indicando que um aumento da presença dessa variável há maior chance de se ter doenças. Foi verificado que municípios com mais estradas apresentam maiores taxas de malária, por exemplo, mostrando a relação

existente por facilitar o contato entre hospedeiros e vetores, danificar os ecossistemas alterando a cadeia biológica dos vetores (BAUCH et al., 2015). No caso da Leishmaniose, as estradas permitem o acesso a áreas de ocupações para a agricultura, por exemplo, deixando as pessoas que trabalham com agricultura expostos (GUERRA et al., 2003; CONFALONIERI, 2005).

Com relação a precipitação, o trimestre chuvoso apresentou-se associado significativamente com probabilidade de um aumento de casos de malária à medida que o volume de chuva aumentasse. No entanto, essa variável causa contradições a respeito de seu impacto pois dependendo da intensidade e duração pode ter comportamento antagônicos na influência sobre o ciclo de vida dos vetores. A chuva, a princípio, pode aumentar a abundância de vetores devido à quantidade de criadouros disponíveis para os mosquitos depositarem seus ovos, assim como para o desenvolvimento das larvas e pupas, através da criação de reservatórios como valas e alagadiços, porém chuvas torrenciais podem arrastar as larvas e pupas das margens dos criadouros interrompendo seu desenvolvimento, principalmente as larvas de *Aedes aegypti* (REITER, 2001; STRESMAN, 2010). Já a variável do trimestre seco apresentou menores chances de se ter a presença dos agravos nas células. A estação seca pode retardar o desenvolvimento e quantidade de vetores, assim como podem comprometer o desenvolvimento do vetor Anopheles na região amazônica. No entanto para o *Aedes aegypti* os ovos podem resistir por longos períodos de dessecação.

Casos de dengue aconteceram em áreas consideradas rurais, porém são localidades com características urbanizadas, sendo pequenos aglomerados humanos. Cada vez mais o *Aedes aegypti* e a dengue vem invadindo áreas menos urbanizadas, decorrentes da expansão do vetor. Esse vetor foi encontrado infectado por dengue em áreas rurais na Colômbia (PÉREZ-CASTRO et al., 2016). Já o *Ae. albopictus* que apresentava comportamento mais rural está invadindo as áreas urbanas (AYLLÓN et al., 2018). Para este último vetor foi verificado que os fatores não-climáticos altitude, declividade, distância entre a localidade e a estrada e a distância entre a localidade e o rio são mais significativos pois afetam as expansões desses vetores (SHABANI et al, 2018).

A probabilidade de presença dos agravos diminuíram com a presença de unidades de conservação. Esse resultado corrobora para a dengue o que foi encontrado por Bauch e colaboradores (2015) que de acordo com a teoria sugere não estar relacionado a mudanças no ecossistema em nível de paisagem, além disso essas áreas não são propícias ao desenvolvimento do mosquito *Aedes aegypti*, principal vetor, e por se tratar de uma doença características de problemas urbanos tais como saneamento e infraestrutura. Já para a malária, no entanto, esse mesmo autor e colaboradores encontraram resultados positivos indicando que na Amazônia

áreas de proteção de uso sustentável contribuem para os casos de malária por permitir o uso e ocupação dentro dessas áreas, assim aumentando a possibilidade do contato entre pessoas e os vetores.

A distância aos principais núcleos urbanos e distância a rodovias foram significativas para os três agravos, porém quase não apresentaram influência, indicando que para análise na escala adotada nessa pesquisa, essas variáveis não são tão importantes. No entanto, casos de dengue foram notificados em comunidades as margens de rodovias na região do planalto santareno onde está havendo a expansão dos pequenos núcleos populacionais. Casos de leishmaniose, no entanto, estiveram mais distribuídos não apresentando um padrão localizado próximos a rodovias e em áreas urbanas, porém o comportamento dessa doença pode se alterar pelo contato com áreas vegetadas em bordas de floresta em área periurbanas, como foi verificado por Benício e colaboradores (2015) em um estudo realizado em Manaus em que os pacientes com LTA geralmente moravam perto de áreas de floresta. Além disso, em áreas de fragmento florestais urbanos em Belém no Pará foram encontrados vetores infectados com *Leshmania* (SILVA et al., 2016), ou seja, a fragmentação florestal não impediu a manutenção do ciclo de vida dos vetores e patógenos, podendo levar a risco a população próximas. Esses resultados apontam para a expansão da leishmaniose para áreas não habituais de infecção o que requer maior controle e vigilância.

A declividade como uma variável não climática apresentou-se com efeito positivo as células com presença de leishmaniose indicando a existência de associação. Na literatura poucos estudos incluíram a declividade como fator explicativo, no entanto variáveis do tipo topográficas não são explicitamente significativas (GONZÁLEZ et al., 2010).

Uma variável importante para a leishmaniose é a presença de assentamentos humanos. Nessas áreas a vegetação natural é perturbada através do desmatamento, principalmente para agricultura familiar. Além disso a instalação de pequenos núcleos familiares com condições de infraestruturas propícias a sobrevivência de vetores como esgoto improvisados e ambientes úmidos. Embora essa variável não tenha se apresentado significativo para a presença de malária na escala de análise desse estudo, assentamentos rurais dentro de áreas de florestas tem sido *hotspots* da doença por ficarem assentadas próximos de áreas recém-desmatadas (SILVA-NUNES et al., 2012).

Em resumo, fatores biofísicos, políticos e socioeconômicos atuam de diferentes formas para gerar o padrão de uso e cobertura da terra na RMS e que esses mesmos fatores em um mesmo período de tempo atuam de diferentes modos sobre o número de casos de doenças transmitidas por vetores.

6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse capítulo objetivou verificar as relações existentes entre os determinantes que conduzem os tipos de padrões de uso e cobertura da terra com a presença de dengue, malária e leishmaniose utilizando uma escala considerada fina quando comparado a estudos que buscam investigar os fatores explicativos para a transmissão de doenças diante de mudanças ambientais que geralmente são em escalas global e regional, quando não, utilizam o município como unidade de análise. O diferencial deste trabalho consiste nessa metodologia utilizando células na tentativa de captar os atributos relacionados ao ambiente como variáveis de cunho climáticos e fatores socioeconômicos e assim traçar mais pontualmente as relações caso existam.

Por ser a região de estudo formado por uma heterogeneidade de usos e coberturas, verificou-se que os fatores que determinaram os usos, nos quais são registrados casos de doenças, que se mostraram mais significativas para a explicação das ocorrência dos agravos foram de natureza biofísica – temperatura de superfície, políticos – presença assentamentos e unidades de conservação, e acessibilidade – presença de estradas. Nessa análise verificou-se os fatores que mais contribuem para a presença de dengue, leishmaniose e malária utilizando coeficientes de regressão logística e o odds ratio. Acredita-se que os objetivos estipulados tenham sido alcançados e que a análise utilizada tenha sido útil e adequada para tal finalidade.

Foi possível verificar que os mesmos fatores, discriminados na literatura como determinantes do padrão de uso e cobertura, atuam com algum grau de intensidade como determinantes de doenças transmitidas por vetores na RMS. Essas variáveis por serem representativas do meio físico e social de uma região poderão ter influência sobre os elementos do ciclo de transmissão. No entanto o que se pretende discutir e mostrar aqui é que um mesmo fator que leva a um determinado padrão pode influenciar de diferentes formas e conduzir a padrão de diferentes doenças em uma mesma paisagem. Além disso, os elementos que compõem essa paisagem deverão ser incluídas em análises para que se possa obter relações causais e enfim ajustar modelos que venham predizer os riscos que uma paisagem tem em relação a doenças transmitidas por vetores diante de mudanças ambientais, e esse estudo é apenas uma passo preliminar para que seja possível traçar tais objetivos.

No que concerne a planejamento que envolvam ações de saúde estudos como esses podem contribuir no direcionamento de ações específicas, pois, cada região reflete não de forma igual as relações entre padrão de uso e cobertura da terra e seus fatores determinantes.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo objetivou identificar os padrões de uso e cobertura da terra onde ocorreram a presença de casos de doenças transmitidas por vetores, bem como associar os fatores subjacentes desses padrões e seus efeitos sobre os agravos em nível fino de granularidade quando comparado a outros estudos que utilizam análises realizados em nível municipal. Para isso utilizando métricas de paisagem e regressão logística para encontrar se existe algum tipo de associação.

O uso e cobertura da terra na RMS apresentou mudanças no padrão espacial, sendo as mais importantes nas classes agricultura e urbano com ganhos de áreas, o que evidenciou suas expansões de 2004 para 2014, enquanto que houve perdas para áreas de floresta primária. Os padrões podem ser explicados por uma combinação de fatores biofísicos, medidas de acessibilidade e políticas espaciais. Nesse sentido, a compreensão das forças motrizes é necessária para compreender a dinâmica socioambiental que levaram mudanças e padrões na área de estudo. É claro que, a deficiência de dados na escala de análise dificulta o entendimento do processo como um todo, no entanto esse estudo pode ser utilizado como um direcionador para a compreensão dos processos e perspectivas de análises futuras em que seja possível incluir novos fatores para a análise em profundidade dos processos de mudança do uso da terra.

As mudanças ocorridas têm uma série de consequências tanto para o sistema ecológico quanto para o social, entre os quais geram novas composição de padrões de paisagem. O padrão mais encontrado na área de estudo foi o padrão de células da classe floresta (PP04) seguida pelo padrão de presença obrigatória de floresta primária, vegetação secundária e/ou pastagem (PP14). No entanto os padrões mais significativos para as doenças foram as que tiveram presença da classe urbano e de vegetação. Os padrões urbanos (PP03, PP09 e PP10) apresentaram relevância para dengue confirmando que essa doença é de características urbanas, no entanto com outros resultados foi possível verificar que essa doença teve espalhamento além dos núcleos urbanos sedes.

O padrão de classes de vegetação secundária e primária foram importantes para a leishmaniose que se caracteriza como uma doença de cunho rural por seu vetor está presente em áreas de floresta. Já para a malária, constatou-se a diminuição de casos, sendo que o padrão frequente de presença está associado a presença da classe urbano. A presença de determinada classe de uso e cobertura da terra atua na possibilidade da presença de doenças por permitir condições de sobrevivência de vetores de diversas doenças, e acesso do contato com populações

que vivem nesses lugares ou se locomovem para eles, assim permitindo a interação entre os elementos de uma cadeia epidemiológica de doenças transmitidas por vetores.

Quanto aos fatores determinantes, embora a maioria tenha sido apresentada de forma diferenciadas entre os agravos, em comum tiveram a temperatura de superfície, presença assentamentos, unidades de conservação e presença de estradas, sendo este último o mais significativo sendo as chances da presença de doenças maiores em células com presença de estradas.

Esta tese buscou contribuir com as discussões das mudanças ambientais e doenças utilizando uma abordagem de cunho interdisciplinar. Necessita-se de mais estudos para um maior detalhamento da descrição de padrões de uso e cobertura da terra e análise espacial dos agravos. Sendo neste caso útil a localização do evento para identificação e caracterização do local onde estão ocorrendo e assim cruzar com outras informações que podem ter influência referentes a esse mesmo espaço de maneira exata para saber quanto, quando, onde e por quê da incidência de doenças.

O que se percebe ao abordar esta temática é que é preciso a combinação de vários campos que ofereça perspectivas para abordar a complexidade dos problemas de saúde. Nesse caso, a utilização de metodologias adequadas para que se possa ter resultados práticos que sejam úteis para o entendimento das mudanças de uso e cobertura da terra e transmissão de doenças, e nesse sentido não somente as transmitidas por vetores, mas em todos os setores possíveis de saúde pública.

As limitações desse trabalho incluem desde a disponibilidade ao cruzamento de dados. No caso de mapeamentos, disponibilidade a longo prazo, sem presença de nuvens, e resolução adequadas. No que se refere aos agravos, disponibilidade de dados que nem sempre são precisos, com a identificação do local provável de infecção de todos os casos confirmados e não somente no nível de referência do município.

É difícil pensar em investigações futuras para uma resolução e escalas em menor granulose devido as dificuldades de obtenção de variáveis, principalmente as explicativas que são na maioria das vezes proxies escolhidas de acordo com a disponibilidade de dados e resolução. No entanto, talvez pensar em uma análise combinando diferentes níveis onde escalas locais e regionais são estudadas em conjunto acoplando padrões de doenças transmitidas por vetores em escala local e mudanças de uso e cobertura da terra em escala regional e assim projetar cenários futuros a partir do conhecimento das interações pré-existentes.

REFERÊNCIAS

AFFONSO, A. G. et al. **As comunidades ribeirinhas do Baixo Tapajós (PA): infraestrutura, mobilidade, serviços sócio ambientais e conectividade**. São José dos campos: INPE, 2016.

AGUIAR, A. P. D. **Modelagem de mudança do uso da terra na Amazônia: explorando a heterogeneidade intra-regional**. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

AGUIAR, A. P. D. **Modelagem de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: Questões Gerais**. 2003.

AGUIAR, A. P. D.; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. **Ecological modelling**, v. 209, p. 169-188, 2007.

ALEXANDER, B.; YOUNG, D. G. Dispersal of phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) in a Colombian focus of *Leishmania (Viannia) brasiliensis*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 87, n. 3, p. 397-403, 1992.

ALMEIDA, C. A. et al. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazônica**, v. 46, n. 3, p.291 - 302, 2016.

ALMEIDA, R. M.; ALMEIDA, O. S. Análise das ações da Gerência Executiva do IBAMA de Santarém/PA no combate ao desmatamento na região de influência da BR-163 no Oeste do Pará. **In: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto - SBSR, XVII, 2015, João Pessoa-PB, Anais...** João Pessoa: INPE, 2015. p. 2293.

AMARAL, S. et al. Comunidades ribeirinhas como forma socioespacial de expressão urbana na Amazônia: uma tipologia para a região do Baixo Tapajós (Pará-Brasil). **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, v.30, n.2, 2013.

ANDRADE, P. R.; AVANCINI, R. **Creating and Filling Cellular Spaces in TerraME**. 2017 Disponível em <https://github.com/TerraME/terrame/wiki/Fill#Cellular>.

ÂNGELO, J. R. et al. The role of spatial mobility in malaria transmission in the Brazilian Amazon: The case of Porto Velho municipality, Rondônia, Brazil (2010-2012). **Plos One**, v. 12, n. 2, p. 1-12, 2017.

ÂNGELO, J. R. **Modelagem Espacial Dinâmica dos Determinantes Sociais e Ambientais da Malária e Simulação de Cenários 2020 para Município de Porto Velho – Rondônia.** Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015.

ARAÚJO, R. V. et al. São Paulo urban heat islands have a higher incidence of dengue than other urban areas. **The Brazilian Journal of Infectious Diseases**, v. 19, n. 2, p. 146-155, 2015.

AYLLÓN, T. et al. Dispersion and oviposition of *Aedes albopictus* in a Brazilian slum: Initial evidence of Asian tiger mosquito domiciliation in urban environments. **PLoS One**, v. 13, n. 3, 2018.

AYRES, M. et al. BioEstat 5.0. **Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas.** Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá –IDSM/MCT/CNPq., 2007.

BARCELLOS, C. et al. Highways and outposts: economic development and health threats in the central Brazilian Amazon region. **International Journal of Health Geographics**, v. 9, n. 30, 2010.

BARCELLOS, C. et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v.18, 2009.

BAUCH, S. C. et al. Public health impacts of ecosystem change in the Brazilian Amazon. **PNAS**, vol. 112, n. 24, p. 7414–7419 2015.

BECKER, B. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados - Dossiê Amazônia Brasileira I**, v. 19, n. 53, p. 71-86, 2005.

BECKER, J. N. **Mobilidade humana e heterogeneidade espacial: novos elementos para o estudo da malária na região metropolitana de Manaus.** Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2018.

BENÍCIO, E. et al. Sustained presence of leishmaniasis in urban Manaus, the largest human settlement in the Amazon. **Am J Trop Med Hyg.**, v. 93, p. 1208-13, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Dengue: diagnóstico e manejo clínico: adultos e criança.** Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. 5. ed., Brasília: Ministério da Saúde, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de Vigilância da Leishmaniose Tegumentar Americana**. 2 ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2010.

BREARLEY, G. et al. Wildlife disease prevalence in human-modified landscapes. **Biological Reviews**, v. 88, n. 2, p. 427-442, 2013.

BRIASSOULIS, H. **Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches**. The Web Book of Regional Science. Regional Research Institute, West Virginia University, 2000. Disponível em <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>.

BRONDIZIO, E. S. et al. Re-conceptualizing the Anthropocene: a call for collaboration. **Global Environ Change**, v. 39, p. 318-327, 2016.

CÂMARA, G. **Representação computacional de dados geográficos**. Bancos de dados geográficos, 2005. Disponível em: <http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.01.19.33/doc/cap1.pdf>.

CARMO, E.; PENNA, G.; OLIVEIRA, W. K. Emergências de saúde pública: conceito, caracterização, preparação e resposta. **Estudos Avançados**, v. 22, n.64, 2008.

CASTRO, W. M. **Análise espacial das mudanças na cobertura e uso da terra em Santarém e Belterra, Pará, Brasil**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

CHAGAS, A. P. et al. Aspectos ecológicos da fauna de flebotomíneos em focos de leishmaniose na Amazônia Oriental, Estado do Pará, Brasil. **Rev Pan-Amaz Saude**, v. 7, p. 123-132, 2016.

CHEN, D.; MOULIN, B.; WU, J. **Analyzing and Modeling Spatial and Temporal Dynamics of Infectious Diseases**. In: CHEN, D.; MOULIN, B.; WU, J. (eds), Wiley, 2015.

CHHABRA, A. et al. **Multiple impacts of land-use/cover change**. In: LAMBIN, F.; GEIST, H. J. (Eds.). *Land-use and Land-cover Change: Local Processes and Global Impacts*. (Berlin: Springer Publishers), 71–87, 2006.

COELHO, A. **Modelagem de dinâmica de uso da terra e cobertura vegetal em área de expansão de grãos na região do oeste paraense**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

CONFALONIERI, U. E. C. Environmental change and human health in the Brazilian Amazon. *Global Change Hum. Health*, v. 1, n. 2, p. 174-183, 2000.

CONFALONIERI, U. E. C. Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para a análise de paisagens e doenças. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 53, 2005.

CONFALONIERI, U. E. C.; MARGONARI, C.; QUINTÃO, A. F. Environmental change and the dynamics of parasitic diseases in the Amazon. *Acta trop.*, v. 129, p. 33-41, 2014.

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

CORRÊA, J. A. J. **Possíveis relações entre elementos meteorológicos e a epidemiologia espaço-temporal da dengue e malária no estado do Pará, Brasil**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2013.

COSTA, I. C. N. P.; CORRÊA, J. A. J. Geotecnologias aplicadas no reconhecimento de padrões de uso e cobertura da terra a partir da escala da paisagem no município de Belterra, Pará. *Scientia Plena*, v. 14, n. 11, p. 1- 10, 2018.

CRAIG, M.H.; SNOW, R.W.; SUEUR, D. A climate based distribution model of malaria transmission in Sub-Saharan Africa. *Parasitology Today*, v. 15, n. 3, 105-110, 1999.

DAL’ASTA, A. P. **Representações do fenômeno urbano na Amazônia contemporânea: observações no sudoeste paraense**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, 2016.

DE LUCA, A. S.; VASCONSELOS, H. L.; BARRETT, T. V. Distribution of sandflies (Diptera: Phlebotominae) in forest remnants and adjacent matrix habitats in Brazilian Amazonia. *Brazilian Journal of Biology*, v. 6, n.3, 2003.

DEANE, L.M.; CAUSEY, O.R.; DEANE, M.P.; Notas sobre a distribuição e a biologia dos anofelinos das regiões nordestinas e Amazônica do Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v. 1, p. 827–965, 1948.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das Pastagens no Brasil**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, p. 36, 2014.

DORMANN, C. F. et al. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. **Ecography**, v. 36, p. 027-046, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) / INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **TerraClass - levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia**. 2019. Disponível em: <https://www.terraclass.gov.br/>.

ESCADA, M. I. S. et al. **Infraestrutura, serviço e conectividades ribeirinhas do Arapiuns**. São José dos campos: INPE, 2013.

ESPINDOLA, G. M. et al. Agricultural land use dynamics in the Brazilian Amazon based on remote sensing and census data. **Applied Geography**, v. 32, p. 240-252, 2012.

FÁVERO, L. P. et al. **Análise de dados: modelagem multivariada para a tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Campus, 2009.

FERRELL, A. M.; BRINKERHOFF, R. J. Using Landscape Analysis to Test Hypotheses about Drivers of Tick Abundance and Infection Prevalence with *Borrelia burgdorferi*. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 15, 737, 2018.

FOLEY, J. A. et al. Global Consequences of Land Use. **Science**, v.309, p.570-574, 2005.

FRAIHA, H. M. D. et al. Fauna antropófila de Flebótomos da rodovia Transamazônica, Brasil (Diptera, Psychodidae). **Bol. Oficina Sanit. Panam.**, v. 114, n. 2, p. 134–140, 1978.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ (FAPESPA). **Boletim agropecuário do Estado do Pará 2017**. Belém, PA: FAPESPA, 2017. 92p.

FURTADO, M. A. **O complexo da Hantavirose em um pólo sucroalcooleiro do estado de São Paulo investigado pela análise funcional da paisagem**. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2018.

GARTLAND, L. **Heat islands: understanding and mitigating heat urban areas**. Published by Earthscan. UK and USA. 215p. 2008.

GEIST, H. et al. **Causes and Trajectories of Land-Use/Cover Change**. In: **Lambin E.F., Geist H. (eds) Land-Use and Land-Cover Change**. Global Change - The IGBP Series. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. **BioScience**, v. 52, 2002.

GÖKYER, E. **Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics, Advances in Landscape Architecture**, Murat Özyavuz, **IntechOpen**. Disponível em <https://www.intechopen.com/books/advances-in-landscape-architecture/understanding-landscape-structure-using-landscape-metrics>, 2013.

GOMES, T. V. et al. Santarém (PA): um caso de espaço metropolitano sob múltiplas determinações. **Cadernos Metr pole**, vol. 19, n. 40, p. 891-918, 2017.

GONZÁLEZ, C. et al. Climate Change and Risk of Leishmaniasis in North America: Predictions from Ecological Niche Models of Vector and Reservoir Species. **PLoS Negl Trop Dis.**, v. 4, n. 1, e585, 2010.

GOTTDENKER, N. L. et al. Anthropogenic land use change and infectious diseases: a review of the evidence. **EcoHealth**, p. 1-14, 2014.

GUERRA, J. A. O. et al., Aspectos clínicos e diagnósticos da leishmaniose tegumentar americana em militares simultaneamente expostos   infe o na Amazônia. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 36, n. 5, p. 587-590, 2003.

GUNKEL, G.; LANGE, U.; WALFE, D.; ROSA, J. W. C. The environmental and operational impacts of Curu -Una, a reservoir in the Amazon region of Pará, Brazil. **Lakes Reserv. Res. Manage**, v. 8, p. 201–216, 2003.

HARRUS, S.; BANETH, G. Drivers for the emergence and re-emergence of vector-borne protozoal and bacterial diseases. **International Journal for Parasitology**, v. 35, p. 1309-1318, 2005.

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.

HONÓRIO, N. A. et al. Dispersal of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in an Urban Endemic Dengue Area in the State of Rio de Janeiro, Brazil. **Mem Inst Oswaldo Cruz**, v. 98, n. 2, p. 191-198, 2003.

HYANDYE, C.; MANDARA, C. G.; SAFARI, J. GIS and Logit Regression Model Applications in Land Use/Land Cover Change and Distribution in Usangu Catchment. **American Journal of Remote Sensing**, v. 3, n. 1, p. 6-16, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografias e Estatísticas. **Cidades**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em fevereiro de 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografias e Estatísticas. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em fevereiro de 2019.

IMPOINVIL, D. E. et al. Constant temperature and time period effects on *Anopheles gambiae* egg hatching. **J. Am. Mosq. Control Assoc.**, v. 23, p. 124-130, 2007.

KATSURAGAWA, T. H. et al. Endemias e epidemias na Amazônia. Malária e doenças emergentes em áreas ribeirinhas do Rio Madeira. Um caso de escola. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 6, 2008.

KATSURAGAWA, T. H. et al. Malária e aspectos hematológicos em moradores da área de influência dos futuros reservatórios das hidrelétricas de Santo Antônio e Jirau, Rondônia-Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v.25, n. 7, p. 1486-1492, 2009.

KEISER, J.; SINGER, B. H.; UTZINGER, J. Reducing the burden of malaria in different eco-epidemiological settings with environmental management: a systematic review. **Lancet Infect Dis.**, v. 5, p. 695-708, 2005.

KOCH, L. K. et al. Modeling the climatic suitability of leishmaniasis vector species in Europe. **Scientific Reports**, v. 7, n. 13325.

LAINSON, R; SHAW, J. J. Epidemiology and ecology of leishmaniasis in Latin-America. **Nature**, v. 273, p. 595-600, 1978.

LAMBIN, E. F. et al. Pathogenic landscapes: Interactions between land, people, disease vectors, and their animal hosts. **International Journal of Health Geographics**, v. 9, n. 54, p. 1-13, 2010.

LAMBIN, E. F. et al. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. **Global Environmental Change**, v. 11, p. 261-269, 2001.

LAMBIN, E. F.; GEIST, H. J.; LEPEERS, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annu. Rev. Environ. Resour.**, v. 28, p. 205–241, 2003.

LANGLOIS, J. P. et al. Landscape structure influences continental distribution of hantavirus in deer mice. **Landscape Ecology**, v. 16, p. 255–266, 2001.

LEMON, S. M. et al. **Vector borne diseases: Understanding the environmental, human health and Ecological Connections**. Washington, DC: National Academic Press, 2008.

LESSCHEN, J. P.; VERBURG, P. H.; STAAL, S. J. **Statistical methods for analysing the spatial dimension of changes in land use and farming systems**. LUCC Report Series No. 7. The International Livestock Research Institute/LUCC Focus 3 Office, Nairobi/Wageningen, 2005.

LINARD, C. et al. A multi-agent simulation to assess the risk of malária re-emergence in southern France. **Ecological modelling**, v.220, p.160-174, 2009.

Lucena, L. T. et al. Dengue na Amazônia: aspectos epidemiológicos no Estado de Rondônia, Brasil, de 1999 a 2010. **Rev Pan-Amaz Saude**, v. 2, n. 3, p. 19-25, 2011.

MAROLI, M. et al. Phlebotomine sandflies and the spreading of leishmaniasis and other diseases of public health concern. **Med. Vet. Entomol.**, v. 27, p. 123-147, 2013.

MARZOCHI, M. C. A.; MARZOCHI, K. B. F. Leishmanioses em áreas urbanas. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 30, p. 162-164, 1997.

MASTEL, M. et al. Critical linkages between land use change and human health in the Amazon region: A scoping review. **PLoS ONE**, v. 3, n. 6, 2018.

MCFARLANE, R. A.; SLEIGH, A. C.; MCMICHAEL, A. J. Land-Use Change and Emerging Infectious Disease on an Island Continent. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 10, p. 2699-2719, 2013.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Washington: U.S. Forest Service General, 1995.

MELLO, A. Y. I.; ALVES, D. S. Secondary vegetation dynamics in the Brazilian Amazon based on thematic mapper imagery. **Remote Sensing Letters**, v. 2, n. 3, p. 189-194, 2011.

MENDONÇA, F. Aquecimento Global e suas manifestações regionais e locais – Alguns indicadores da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, p. 71–86, 2007.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotrop.**, v. 1, n. 1-2, 2001.

MEYFROIDT, P. et al. Globalization of land use: distant drivers of land change and geographic displacement of land use. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, p. 1-7, 2013.

Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Island Press, Washington, DC, 2005.

Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Vector-borne Disease Control. Ecosystems and Human Well-being: Policy Responses**. Island Press, Washington, DC, 2005.

MONASTERSKY, R. Anthropocene: The human age. **Nature**, n. 519, p. 144-147, 2015.

MOUTINHO, P. R. et al. 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.

MYERS, S. S. et al. A. Human health impacts of ecosystem alteration. **PNAS**, v. 110, n.47, p 18753-18760, 2013.

MYERS, S. S.; PATZ, J. A. Emerging Threats to Human Health from Global Environmental Change. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 34, n. 1, p. 223–252, 2009.

NOBRE, C. A. et al. Características do Clima Amazônico: Aspectos Principais. Amazonia and Global Change. **Geophysical Monograph Series** 186, 2009b.

NOBRE, C.A.; MARENGO, J.A.; ARTAXO, P. Understanding the Climate of Amazonia: Progress from LBA. **Amazonia and Global Change**, v.186, p. 145-147, 2009a.

NÚNCIO, M. S.; ALVES, M. J. (editores). **Doenças Associadas a Artrópodes Vetores e Roedores**. Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge. Ministério da Saúde. Lisboa, 2014.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

OSTFELD, R. S.; GLASS, G. E.; KEESING, F. Spatial epidemiology: an emerging (or re-emerging) discipline. **Trends in Ecology und Evolution**, v. 20, n. 6, p. 328–336, 2005.

PARENTE, A. T.; SOUZA, E.B.; RIBEIRO, J. B. M. The occurrence of malaria in 4 municipalities of the State of Pará, from 1998 to 2005, and its relationship with deforestation. **Acta. Amaz.**, v. 42, n. 1, p. 44–48, 2012.

PATZ, J. A. et al. Disease Emergence from Global Climate and Land Use Change. **Medical Clinics of North America**, v. 92, n. 6, p. 1473–1491, 2008.

PATZ, J. A. Unhealthy Landscapes: Policy Recommendations on Land Use Change and Infectious Disease Emergence. **Environmental Health Perspectives**, v. 112, n. 10, 2004.

PÉREZ-CASTRO, R. et al. Detection of all four dengue serotypes in *Aedes aegypti* female mosquitoes collected in a rural area in Colombia. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 111, n. 4, p. 233–240, abr. 2016.

PESSOTO, U. C.; HOLCMAN, M. M.; BARBOSA, G. L. Análise da associação entre potenciais criadouros de *Aedes aegypti* e as características dos domicílios e seus responsáveis, na região de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. **BEPA**, v. 10, n. 113, p. 1-14, 2013.

PLOWRIGHT, R. et al. Causal influence in disease ecology: investigation ecological drivers of disease emergence. **Front. Ecol. Environ.**, v.6, n. 8, p. 420–429, 2008.

PRIST, P. R. et al. Landscape, Environmental and Social Predictors of Hantavirus Risk in São Paulo, Brazil. **PLoS ONE**, v. 11, n. 10: e0163459. doi:10.1371/journal.pone.0163459. 2016.

PRÜSS-ÜSTÜN, A.; BONJOUR, S.; CORVALÁN, C. The impact of the environment on health by country: a meta-synthesis. **Environmental Health**, v. 7, n. 7, 2008.

RADAMBRASIL: **Folha SA-21 - Santarém: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, Departamento de Produção Mineral (DNPM), 1976. 1 v. (Levantamentos de recursos naturais, 10).

REISEN, W.K. Landscape epidemiology of vector-borne diseases. **Annual Review of Entomology**, v. 55, p. 461–83, 2010.

REITER, P. Climate Change and Mosquito-Borne Disease. **Environmental Health Perspectives**, v. 109, n. 1, 2001.

RENAULT, C. S. et al. Epidemiologia da malária no município de Belém – Pará. **Revista Paraense de Medicina**, v. 21, 2007.

RIVERO, S. et al. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, p.41-66,2009.

ROCHA, J. F. G. **Solos da região sudeste do município de Santarém, estado do Pará: mapeamento e classificação**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Santarém, 2014.

ROCHA, V. M.; CORREIA, F. W. S.; FONSECA, P. A. M. Reciclagem de precipitação na Amazônia: um estudo de revisão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, 59 - 70, 2015.

ROSSITER, D. G.; LOZA, A. **Analyzing land cover change with logistic regression in R**. Enschede., Netherlands: University of Twente, Faculty of Geo-Information Science & Earth Observation (ITC), 2012.

SALVIAN, M. **Multicolinearidade**. Universidade de São Paulo, 2016. Disponível em https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2340848/mod_resource/content/0/Mayara_Multicolinearidade.pdf

SANTOS, I. G.; SILVA, R. S. U. Malária autóctone no Município de Rio Branco, Estado do Acre, Brasil, no período de 2003 a 2010. **Rev Pan-Amaz Saude**; 2: 31-37, 2011.

SANTOS, J. P.; OLIVEIRA, S. V.; STEINKE, V. A. O uso e a cobertura da terra e a sua relação com a Hantavirose na região integrada de desenvolvimento do Distrito Federal e entorno. **Ra'eGa**, v. 37, p. 282 - 306, 2016.

SANTOS, V. R. et al. Fatores socioambientais associados à distribuição espacial de malária no assentamento Vale do Amanhecer, Município de Juruena, Estado de Mato Grosso. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, n. 1, p. 47-53, 2009.

SARAIVA, M. G. G. et al. Expansão urbana e distribuição espacial da malária no município de Manaus, Estado do Amazonas. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 42, p. 515-522, 2009.

SCHLESINGER, S.; NORONHA, S. **O Brasil está nu!: O avanço da monocultura da soja, o grão que cresceu demais**. Rio de Janeiro: FASE, 2006.

SHABANI, F. et al. A comparative modeling study on nonclimatic and climatic risk assessment on Asian Tiger Mosquito (*Aedes albopictus*). **PeerJ**, v. 19, n. 6, 2018.

SILVA, A. F.; MITSUYA, M.; SILVA, R. Análise do índice pluviométrico da região de Santarém (PA), entre 1969 e 2010. **In**: Reunião Anual da SBPC, 65, 2013, Recife – PE. Resumo. Recife: SBPC, 2013.

SILVA, A. N. M. et al. Leishmaniose tegumentar americana na região metropolitana de Belém, Pará, Brasil: fragmentação florestal urbana não impede manutenção do ciclo enzoótico de *Leishmania* (L.) amazonenses. **In**: Anais do 52 Congresso da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical; 2016 ago 21-24; Maceió, Brasil. Maceió: Medtrop; 2016. Disponível em: <http://www.sbmt.org.br/medtrop2016/wp-content/uploads/2016/10/10473-Leishmaniose-tegumentar-Americana-na-Regia%CC%83o-Metropolitana-de-Bele%CC%81m...pdf>.

SILVA, et al. A transformação do espaço amazônico e seus reflexos na condição atual da cobertura e uso da terra. **Novos Cadernos NAEA**, v. 16, n. 1, p. 229-248, jun. 2013.

SILVA, M. M. et al. Mapas médios climatológicos do estado do Pará. **In**: Congresso Brasileiro De Meteorologia, XI, 2000, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: CBMET, 2000. p.1247.

SILVA, P.; LI, L. Mapping Urban Expansion and Exploring Its Driving Forces in the City of Praia, Cape Verde, from 1969 to 2015. **Sustainability**, v. 9, 2017.

SILVA-NUNES, M. et al. Amazonian malaria: asymptomatic human reservoirs, diagnostic challenges, environmentally driven changes in mosquito vector populations, and the mandate for sustainable control strategies. **Acta Trop.**, v. 121, n. 3, p. 281–291, 2012.

SILVEIRA, M. A **Implantação de Hidrelétricas na Amazônia Brasileira, Impactos Socioambientais e à Saúde com as Transformações no Território: O Caso da UHE de Belo Monte**. Tese (Doutorado). Universidade de Brasília – UnB, Instituto de Ciências Humanas. Departamento de Geografia, Brasília, 2016.

SOARES FILHO, B. S. **Modelagem da Dinâmica de Paisagem de uma Região de Fronteira de Colonização Amazônica**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transporte. São Paulo, 1998.

SOUZA, A. A. A. et al. Natural *Leishmania* (*Viannia*) spp. infections in phlebotomine sand flies (Diptera: Psychodidae) from the Brazilian Amazon region reveal new putative transmission cycles of American cutaneous leishmaniasis. **Parasite**, v. 23, n. 22, 2016.

SOUZA, A. R.; ESCADA, M. I. S.; MONTEIRO, A. M. V. Gradientes de intensificação do uso da terra: Análise no entorno de comunidades ribeirinhas e de terra firme em Santarém e Belterra (PA) entre 1990 e 2010. **In:** Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 17., 2015, João Pessoa. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015.

STEVENS, L. K. **Future Lyme disease risk in the southeastern united states based on projected land cover.** Dissertation (Master) - Faculty of Virginia - Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, 2018.

STRESMAN, G. H. Beyond temperature and precipitation: Ecological risk factors that modify malaria transmission. **Acta Tropica**, v. 116, 167-172, 2010.

VALDERRAMA-ARDILA, C. et al. Environmental risk factors for the incidence of American cutaneous leishmaniasis in a sub-Andean zone of Colombia (Chaparral, Tolima). **Am J Trop Med Hyg**, v. 82, p. 243-50, 2010.

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>.

VANWAMBEKE, S. O.; BENNETT, S. N.; KAPAN, D. D. Spatially disaggregated disease transmission risk: land cover, land use and risk of dengue transmission on the island of Oahu. **Tropical Medicine and International Health**, v. 16, n. 2, p. 174–185, 2011.

VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. M.; DONALISIO, M. R. Uso do sensoriamento remoto para estudar a influência de alterações ambientais na distribuição da malária na Amazônia brasileira. **Cad. Saúde Pública**, v. 22, n. 3, p. 517-526, 2006.

VERBURG, P. H. et al. Determinants of land-use change patterns in the Netherlands. **Environment and Planning B: Planning and Design** 2004, volume 31, pages 125-150, 2004b.

VERBURG, P. H. et al. Land use change modelling: current practice and research priorities. **GeoJournal**, v. 61, n.4, p. 309-24, 2004a.

VIANA, R. L.; FREITAS, C. M.; GIATII, L. L. Saúde ambiental e desenvolvimento na Amazônia legal: indicadores socioeconômicos, ambientais e sanitários, desafios e perspectivas. **Saúde Soc.**, v. 25, n. 1, p. 233-246, 2016.

VITTOR, A. Y. et al. Linking deforestation to Malaria in the Amazon: characterization of the breeding habitat of the principal malaria vector, Anopheles Darlingi. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v.81, p.5-12, 2009.

VITTOR, A. Y. et al. The effect of deforestation on the human-biting Rate of Anopheles Darlingi, the Primary Vector of Falciparum Malaria in the Peruvian Amazon. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, v. 74, n. 1, p. 3-11, 2006.

WILCOX, B. A.; COLWELL, R. R. Emerging and Reemerging Infectious Diseases: Biocomplexity as an Interdisciplinary Paradigm. **EcoHealth**, v. 2, p. 244-257, 2005.

WILCOX, B. A.; GUBLER, D. J. Disease ecology and the global emergence of zoonotic pathogens. **Environmental Health and Preventive Medicine**, v. 10, p. 263-272, 2005.

WU, X. et al. Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. **Environment International**, v. 86, p. 14-23, 2016.

XIE, Y.; SHA, Z. Quantitative analysis of driving factors of grassland degradation: a case study in Xilin River Basin, Inner Mongolia. **The Scientific World Journal**, 2012.

APÊNDICE A - COBERTURA DO SOLO EM ASSOCIAÇÃO A LARVAS DE *Aedes albopictus* EM ÁREA URBANA AMAZÔNICA

1 INTRODUÇÃO

Vetores transmissores de doenças existem na natureza em uma ampla diversidade de espécies biológicas, apresentando distribuição geográfica bem definida com maiores concentrações em áreas quentes e úmidas (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014), como por exemplo em regiões da África e América Latina com vetores que transmitem malária e dengue (WHO, 2014). Ressalta-se que a faixa de adequabilidade de sobrevivência de espécies de vetores tem se modificado em regiões anteriormente inóspitas, as quais vêm atualmente constituindo meios para a sobrevivência de várias espécies.

A distribuição global do *Aedes albopictus* (Skuse, 1894), espécie homóloga e simpátrica ao *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (PINHEIRO; TADEI, 2002; GOMES, et al., 2005), tem sido a mais ampla de todos os tempos da faixa de adequabilidade de habitat para a espécie (KRAEMER et al., 2015). O *Ae. albopictus* apresenta comportamento mais rural e em áreas com maior cobertura vegetal, utilizando recipientes naturais como criadouros, tais como buracos em árvore e cascas de frutas (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994; AYLLÓN et al., 2018). Porém, sua distribuição também tem sido associada à presença humana pela disposição de recipientes artificiais, propícios à deposição de ovos da espécie em discussão.

Assim, importa frisar que mudanças ambientais têm modificado o padrão de doenças transmitidas por mosquitos, por serem estes mais sensíveis às mudanças do meio ambiente. Um exemplo é a urbanização, fenômeno mundial crescente. Estima-se que, na atualidade, mais da metade da população mundial reside nas áreas urbanas (IBGE, 2016). No Brasil, essa taxa é de 84,4% (IBGE, 2011) e na Amazônia em torno de 71,8% (Fundo de População das Nações Unidas, 2014).

Por meio das mudanças do uso e cobertura do solo, a urbanização promove novos caminhos e exposição a infecções por tornar o contato entre os seres humanos e vetores de doenças em maior potencial (PATZ et al., 2008). A rápida urbanização causou um surto global de dengue no final do século XX (WU et al., 2014) e pode ter contribuído para os casos no Brasil de Chikungunya em 2014 e Zika em 2015 (LUZ; SANTOS; VIEIRA, 2015).

Essas doenças possuem comprovadamente um vetor de transmissão em comum, o *Aedes aegypti*. Além desse vetor, o *Ae. albopictus* tem recebido atenção mundial nas últimas décadas, devido a sua vulnerabilidade à infecção por diferentes tipos de doenças arbovirais humanas

(GALATI et al., 2015). Embora seja considerado de baixa capacidade de transmitir patógenos a humanos, foi demonstrado o papel potencial dessa espécie na transmissão e surtos de Dengue, Chikungunya e Zika vírus (AYLLÓN et al., 2018).

Na região Amazônica, o clima, a diversidade de habitats, e outros fatores socioambientais, formam um conjunto favorável de condições para a sobrevivência de vetores (CONFALONIERI; MARGONARI; QUINTÃO, 2014). Além disso, têm apresentado um novo ciclo de urbanização das cidades (SATHLE; MONTE-MOR; CARVALHO, 2009), principalmente as de médio porte, com uma crescente expansão de suas áreas urbanas e, consequente, mudanças de uso e cobertura do solo (DAL'ASTA et al., 2013).

Nessa região, foram designados três tipos determinantes de macropaisagens (CONFALONIERI, 2005) de interesse a saúde pública: paisagens naturais, paisagens antropizadas e paisagens construídas. O agravo da dengue é característico das paisagens construídas, em decorrência das particularidades intrínsecas aos vetores *Ae. aegypti* e *Ae. Albopictus*. Os fatores ambientais, incluindo o uso do solo, vegetação e características hidrológicas, são relacionados à abundância de mosquitos e à composição da comunidade (VITTOR et al., 2006; FERRAGUTI et al., 2016).

O *Ae. Albopictus* teve seu primeiro registro no Brasil em 1986 e se espalhou por quase todos os estados brasileiros. Alguns registros da presença deste potencial vetor em áreas urbanas têm sido notificados, como por exemplo, na área urbana de Manaus, no Estado do Amazonas, em 2002 (FÉ et al., 2003), no município de Mateiros, Estado de Tocantins em 2006 (BALESTRA et al., 2008) e na área urbana de Santarém-Pará em 2013.

Em estudos entomológicos e epidemiológicos é cada vez mais comum a abordagem ambiental oferecida pela epidemiologia paisagística, associada à utilização de geoprocessamento e de sensoriamento remoto (SANTOS; MONTEIRO; SILVA, 2013). Essas ferramentas têm se tornado cada vez mais úteis à vigilância, monitoramento e mapeamento do risco de diversas doenças, sendo possível verificar a distribuição espacial de pontos-chaves para o planejamento de ações no controle de vetores de endemias, além da avaliação de áreas de risco para a população. Além disso, é possível, com estas ferramentas geotecnológicas, caracterizar o ambiente através da análise da vegetação, uso e cobertura do solo e condições climáticas, que identifique e caracterize o habitat de vetores (OLIVEIRA et al., 2012).

Nesse contexto, compreender a distribuição de vetores e suas relações com o meio ambiente torna-se um passo inicial para verificação de riscos de doenças, principalmente no contexto de mudanças ambientais, especificamente, quando se trata do fenômeno da urbanização na Amazônia. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo analisar a relação

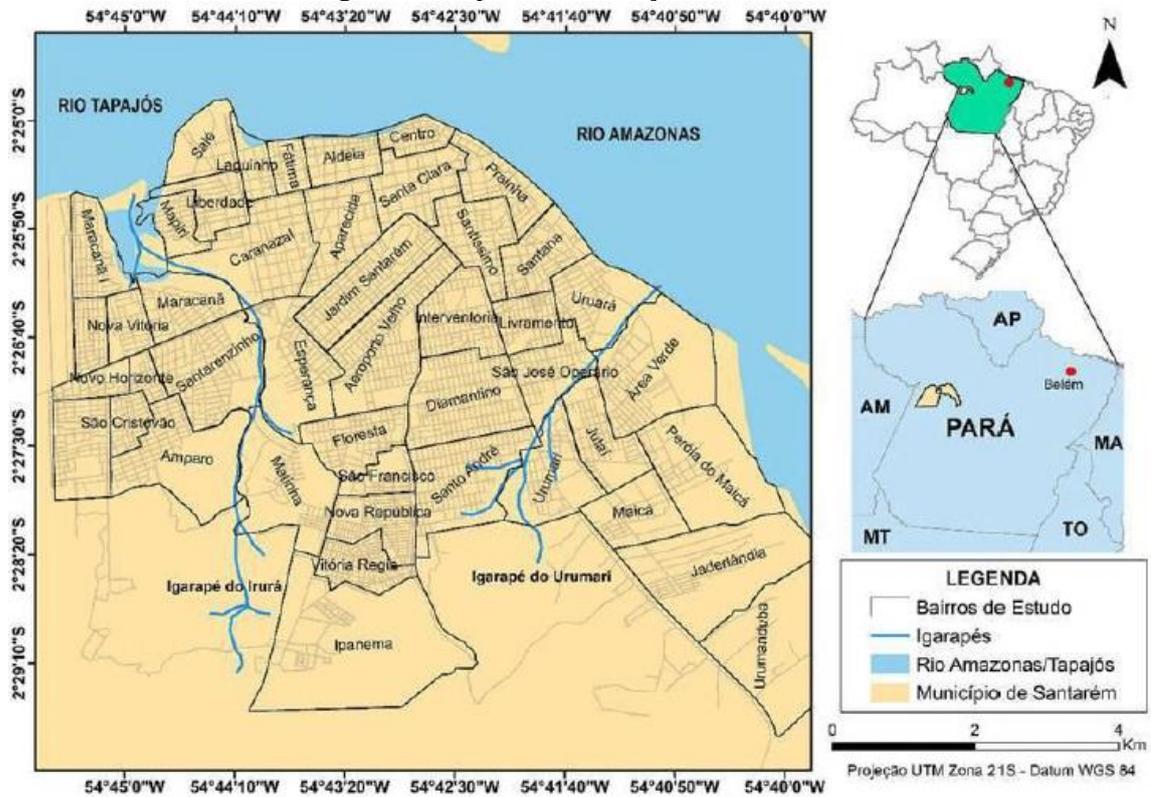
entre o uso e a cobertura do solo com a distribuição de larvas de *Ae. albopictus* na área urbana de Santarém – PA, com a finalidade de se compreender quais as potenciais relações existentes entre essas variáveis.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo compreende a área urbana do município de Santarém, localizado na região Oeste do Estado do Pará (Figura 1). O clima dominante na região é quente e úmido, com temperatura média anual variando entre 25 °C e 28 °C. Apresenta pouca variabilidade na umidade e temperatura do ar. Segundo a classificação climática de Köppen, que leva em consideração os valores de temperatura e precipitação, Santarém enquadra-se no tipo climático *Am*, ou seja, o clima é equatorial úmido com uma estação seca bem definida e outra com elevados índices pluviométricos, permitindo, portanto, condições adequadas para as fases de desenvolvimentos dos mosquitos *Aedes*.

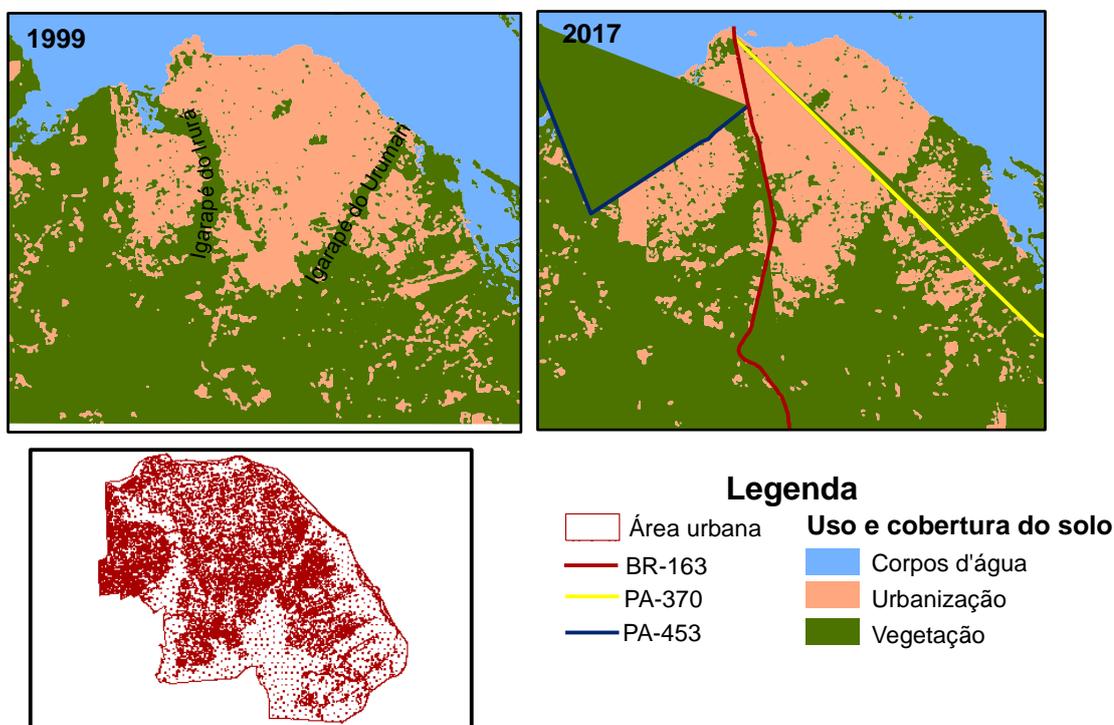
Figura 1- Mapa de Localização de Santarém.



Fonte: Dourado et al. (2017).

A área urbana de Santarém tem apresentado uma notável expansão, principalmente, a partir da década de 90, com a expansão da agricultura mecanizada no planalto santareno, que vem ocasionando além de intenso êxodo rural, transformações marcantes na paisagem com o surgimento de mosaicos cada vez mais elaborados, além disso investimentos imobiliários tem modificado a estrutura urbana da cidade com a intensificação do processo de verticalização. A Figura 2 apresenta a expansão horizontal da malha urbana entre 1999 a 2017 (dados do satélite LandSat). Observa-se o direcionamento seguindo o eixo da BR-163 ao sul, além dos eixos da Rodovia- 370 (Santarém-Curuá-Una) a Leste e Rodovia 453 (Fernando Guilhaon) a Oeste, posteriores aos igarapés que cortam a cidade.

Figura 2 – Expansão da malha urbana de Santarém – PA de 1999 a 2017.



Fonte: elaborado pela autora.

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho utilizou-se a base de dados Sistema de Informação de Febre Amarela e Dengue (FAD) a qual apresenta a ocorrência de larvas de *Aedes albopictus*, contabilizadas por bairros referente ao ano de 2015, disponibilizada pela Divisão de Vigilância em Saúde (DIVISA) da Secretaria Municipal de Saúde de Santarém-Pará. Utilizou-se também a malha dos setores censitários urbano do ano de 2010, disponibilizada pelo Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística (IBGE). E por fim, uma imagem do satélite Sentinel-2, resolução espacial de 10 m, data de 19/09/2016, bandas número B03 (banda do verde), B04 (banda do vermelho) e B08 (banda do Infravermelho Próximo), rótulo da grade T21MYT, disponibilizado pela Agência Americana *United States Geological Survey* – USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), para a classificação de uso e cobertura do solo.

Os setores censitários foram agrupados a partir dos setores urbanos para formar os bairros de Santarém a partir de ferramentas do software Quantum GIS 2.18.13. A partir dessa delimitação, foi possível extrair o limite da área urbana. Recortou-se área de estudo na cena do Sentinel-2, e posteriormente realizou-se a composição colorida falsa cor RGB 04/08/03 para análise das feições urbanas.

A classificação foi realizada no software SPRING versão 5.5.1 (<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/download.php>) pelo método da classificação supervisionada por pixel Máxima Verossimilhança (MAXVER) com grau de aceitação de 99,9%. O MAXVER é o método de classificação, que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Foram realizados treinamentos com amostras de pixels para gerar três categorias de classes de interesse para o estudo com potencial de associação a distribuição de *Aedes albopictus*: Água, vegetação e urbanizado. Caracterizou-se como urbanizado todas as áreas dentro do setor censitário urbano com características antropizadas tais como aglomerados residências, ruas pavimentadas e não pavimentadas.

Adotou-se a metodologia de grades regulares, conforme aplicações de Johansen; Carmo; Bueno (2014), para organizar os valores de larvas e as classes de cobertura do solo em células de mesmo tamanho. O espaço celular foi criado no gerenciador FillCell versão 2.0 com grade de 250 x 250 m distribuídas ao longo de toda a área urbana do município. Através dos operadores porcentagem de classe, para a variável cobertura e valor máximo para a variável quantidades de larvas por bairro as variáveis foram inseridas no espaço celular. O preenchimento de célula visa compatibilizar dados vindo de diferentes fontes em uma mesma base, no caso deste estudo cobertura da terra em formato raster e distribuição espacial das larvas em formato vetorial.

Após a integração dos dados, realizou-se o teste de normalidade para a variável resposta através do teste de normalidade de Shapiro Wilk. Em seguida, procedeu-se a análise de correlação de Pearson (r) entre as larvas de *Aedes albopictus* e as classes vegetação, urbanizado e água para verificar o grau de associação entre elas. O valor de r oscila entre -1 a 1 onde: 0,75

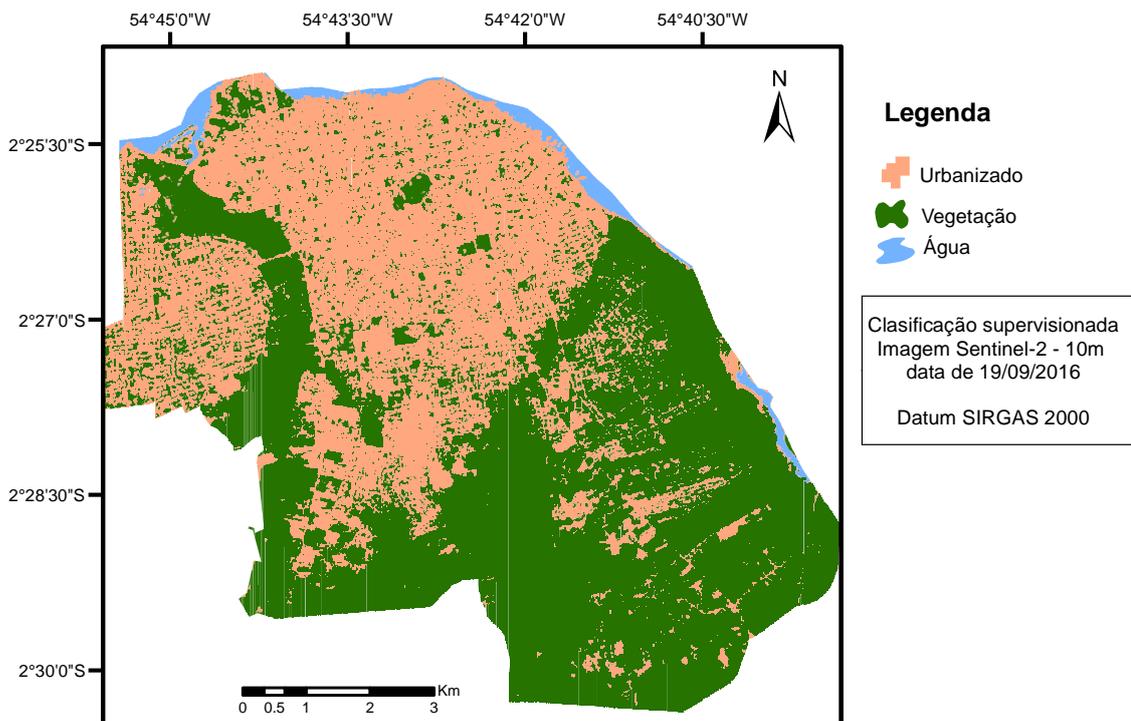
$\leq r < 1$ indica uma correlação forte, $0,50 \leq r < 0,75$ indica uma correlação média, $r < 0,50$ indica uma correlação fraca, $r = 0$ indica ausência de correlação e $r = \pm 1$ indica uma correlação perfeita.

Além disso, fez-se o teste do índice de Moran (I) nos dados espaciais de distribuição de Aedes para verificar a tendência de autocorrelação espacial, considerando o primeiro vizinho (DRUCK et al., 2004). O Índice de Moran é um índice global, que varia de -1 a 1, e indica a dependência espacial dos dados. Valores mais próximos a -1 indicam dados com forte autocorrelação negativa ou inversa. Valores mais próximos a 1 indicam dados com forte autocorrelação positiva ou direta e valores próximos a 0 indicam aleatoriedade. Quanto mais próximo de 1 indica que há tendência do evento analisado se espalhar pela vizinhança.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As classes cobertura do solo da área urbana estão apresentadas na Figura 3. Pela área dos limites dos bairros, a área urbana de Santarém corresponde aproximadamente a 82 Km², dos quais é possível verificar que 1,64 Km² pertence à classe água. A classe vegetação está em maior representação com área de 49,51 Km². As maiores áreas com vegetação se encontram nos bairros periféricos e áreas no entorno dos igarapés que atravessam a cidade. A classe urbanizado apresenta 31,56 Km² distribuídos em todos os bairros (Gráfico 1).

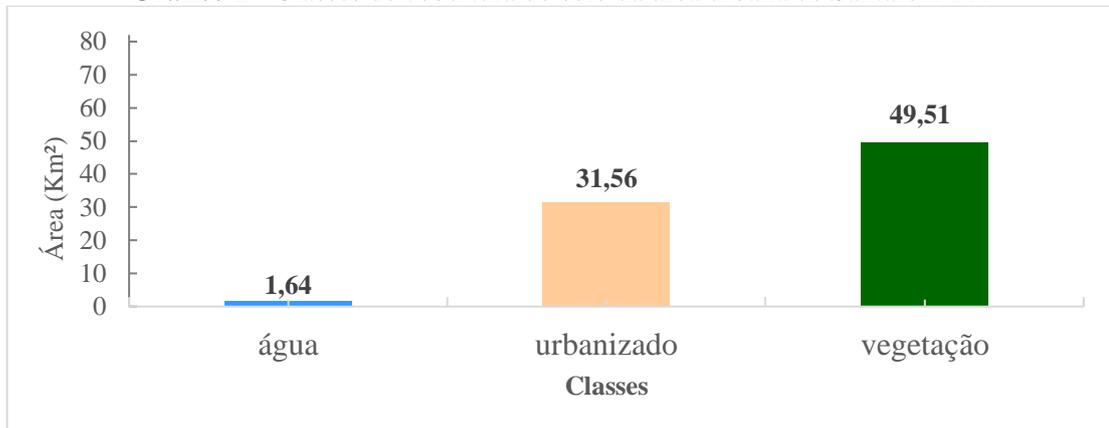
Figura 3 - Mapa de cobertura do solo da área urbana de Santarém-PA.



Fonte: elaborado pela autora.

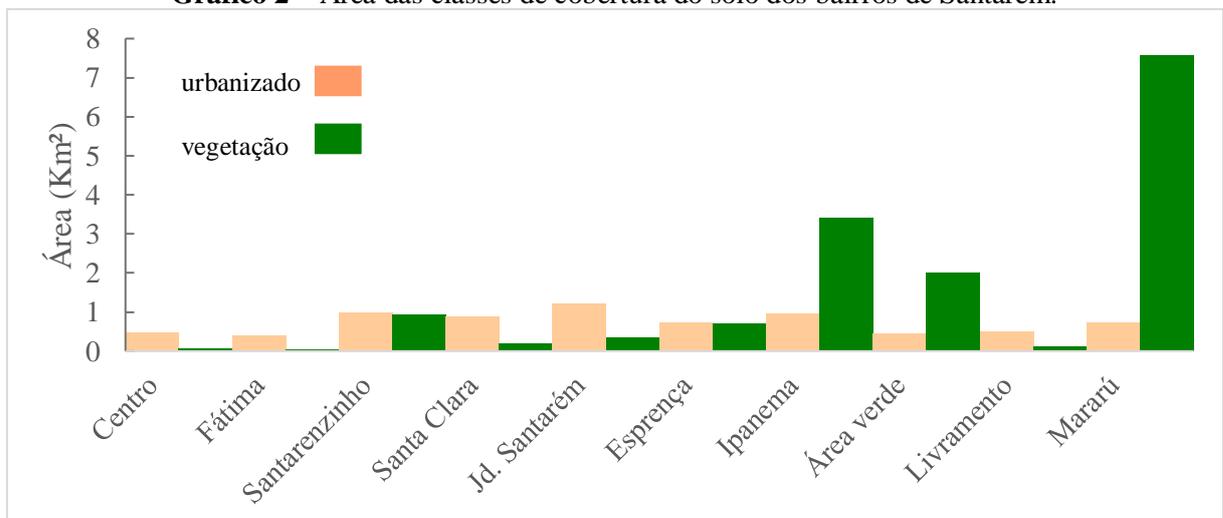
Os bairros de Santarém possuem níveis de urbanização diferenciados. De acordo com IBGE (2010), possui taxa de arborização de vias públicas de 43,3% apresentado maior taxa que as principais capitais da região Amazônica, tais como Rio Branco (13,9%), Belém (22,4%), Manaus (25,1%) e Porto velho (40,2%). Existem bairros que são estritamente urbanizados com baixo percentual de arborização urbana, como por exemplo o Centro comercial, bairro de Fátima e Aldeia que, na maioria dos casos, apresentam unidades arbóreas isoladas (UCHÔA, 2011). Em contrapartida, bairros com características rurais, situadas nas áreas periurbanas, apresentam maior porcentagem de vegetação, como por exemplo o Bairro de Mararú e Ipanema, conforme Gráfico 2.

Gráfico 1 - Classes de cobertura do solo da área urbana de Santarém-PA



Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 2 – Área das classes de cobertura do solo dos bairros de Santarém.

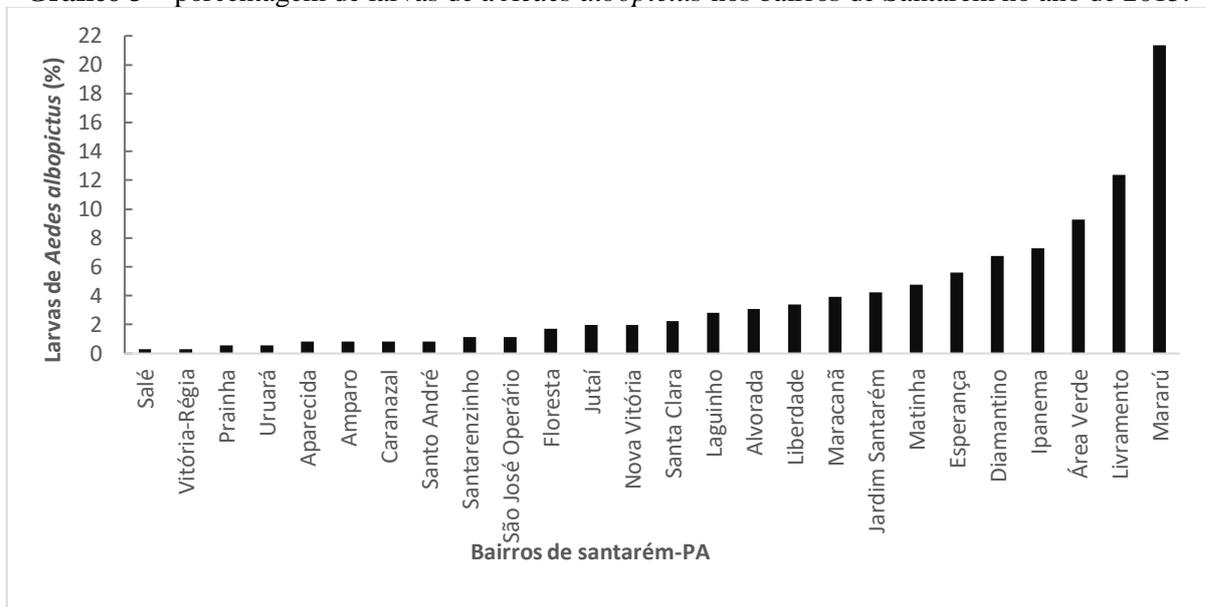


Fonte: elaborado pela autora.

Um total de 356 larvas de *Aedes albopictus* foram identificadas na área urbana de Santarém no ano de 2015, distribuídos nos 48 bairros (conforme malha urbana de 2010 do IBGE), 45,83% não apresentaram nenhuma larva, enquanto 54,17% tiveram uma variação de 1 a 76 larvas por bairro.

No Gráfico 3, é possível verificar os bairros que apresentaram larvas de *Aedes albopictus*, os demais bairros não citados no gráfico não apresentaram nenhuma unidade de larvas. O bairro de Mararú apresentou 21,35% dos registros. Esse bairro como verificado anteriormente apresenta uma grande área com vegetação, sendo caracterizado como bairro periurbano por apresentar características rurais.

Gráfico 3 – porcentagem de larvas de a *Aedes albopictus* nos bairros de Santarém no ano de 2015.

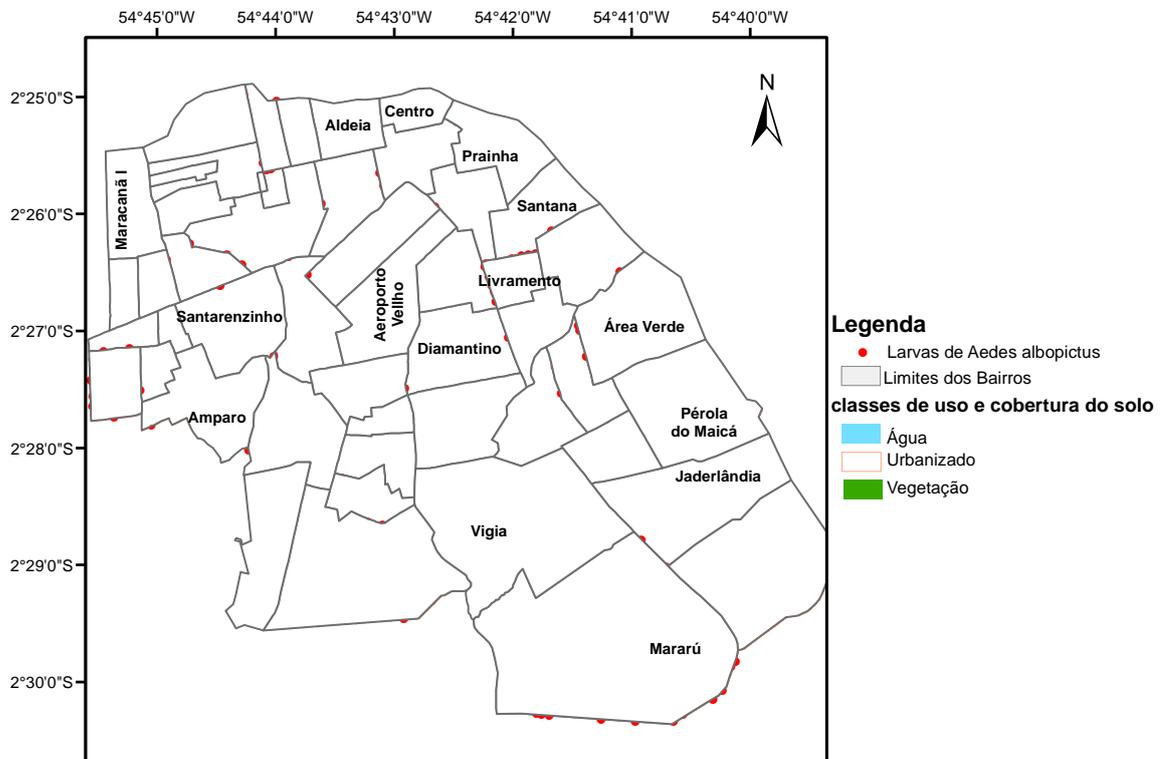


Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 4 apresenta a distribuição espacial das larvas nos bairros sobrepostos com o uso e cobertura do solo. Verifica-se que há uma distribuição espacial diversificada de larvas na área urbana de Santarém. O bairro do Mararú foi o que apresentou a maior quantidade de larvas com 21,35% no ano de 2015 com um total de 76 larvas de *Aedes albopictus*. Esse bairro apresenta-se ainda bem arborizado, com uma área de 8,03 km² aproximadamente 7 km² ainda são de vegetação. O segundo bairro com maiores valores de larvas foi o bairro do Livramento com 44 larvas (12,36%). O bairro do Livramento é pequeno com apenas 0,61 km², dos quais 0,5 km² pertence à classe urbanizado. Os bairros como Centro e Aldeia não apresentaram nenhum registro de larvas do vetor em 2015.

De modo geral, verificou-se que a presença de larvas de *Aedes albopictus* estavam presentes nos bairros com áreas mais urbanizadas, porém os maiores quantitativos anuais ocorreram nos bairros com maior proporção de vegetação. Além disso, foi possível verificar que o vetor se espalhou ao longo da malha urbana. Ayllón et al. (2018) verificaram que na área urbana de Manguinhos, na região sudeste do Brasil, o *Ae. Albopictus* estava presente e se alastrou em áreas negligenciadas e densamente urbanizadas, sendo coletado a uma grande distância das áreas de encontro típicas para esta espécie. Diante disso, ressalta-se a importância do monitoramento entomológico por se tratar de uma espécie que pode facilmente se deslocar entre os ambientes silvestre e urbano.

Figura 4 - Mapa de distribuição das larvas de *Aedes albopictus*.



Fonte: elaborado pela autora.

O índice de Moran para a distribuição espacial do *Aedes albopictus* foi de aproximadamente 0,78. Esse resultado foi comparado com 999 permutações aleatórias, e constatou-se que a 5% de nível de significância pode ser considerado maior que o obtido aleatoriamente. Dessa forma, há um indicativo de correlação espacial, sendo o resultado próximo de 1, indicando forte autocorrelação direta, ou seja, na maior parte da área, células com altos valores de larvas são mais prováveis de ocorrerem próximo de células que possuem larvas. O que é provável de acontecer, uma vez que área de dispersão de vetores *Aedes*

albopictus está em torno de 500 metros (SILVA JÚNIOR e PIMENTA JÚNIOR, 2008). Em experimento realizado por Honório et al. (2003) para determinar o alcance de vôo das espécies *Aedes albopictus* e *Aedes aegypti* foi verificado que as fêmeas podem voar pelo menos 800 m em 6 dias e, se infectadas, potencialmente espalhar vírus rapidamente.

Aedes albopictus e a classe urbanizada apresentaram correlação fraca negativa com valor de r de -0,28, e correlação fraca positiva de 0,32 com a classe vegetação (Tabela 1). A classe de vegetação e classe urbanizada demonstraram influência sobre a distribuição da espécie, mas de maneiras opostas. Esse resultado dá uma indicação de que a distribuição do *Aedes albopictus* é proporcional a área com vegetação, conforme já descritos nas características de ambientes para a espécie. É importante ressaltar que a distribuição também pode estar associada com áreas urbanizadas como verificado em Porto Alegre, onde a abundância relativa de *Ae. albopictus* estava mais relacionada às áreas mais urbanizadas (MONTAGNER; SILVA; JAHNKE, 2018). A adaptabilidade do *Aedes albopictus* proporcionam à espécie maiores chances de dispersão e colonização, levando a ocupação de diversificados ambientes (BORGES, 2001). Embora a preferência deste vetor seja por locais onde haja alto grau de cobertura vegetal, tem-se verificado sua presença em locais de maior adensamento urbano.

Tabela 1 - Correlação de Pearson de larvas de *Aedes albopictus* e as classes de cobertura do solo.

	mínimo	máximo	total
Larvas <i>Aedes albopictus</i>	0	76	356
	Correlação de Pearson		p
classe urbanizada	-0,28		0,0000
classe vegetação	0,32		0,0000
classe água	-0,14		0,0000

Fonte: elaborado pela autora.

A localização espacial do *Aedes albopictus* em áreas não considerada característica para a espécie mostra a adaptabilidade desse vetor as condições antropizadas, assim, diante do cenário de mudanças ambientais aceleradas é essencial o conhecimento de sua distribuição devido aos riscos à saúde humana, principalmente, em áreas que tem sofrido uma rápida expansão urbana, como a cidade de Santarém, cuja dinâmica socioespacial atual é marcada por intensos processos que impactam direto e negativamente na mudança de uso e ocupação do solo. Além disso, a demonstração da competência vetora de *Ae. albopictus* para transmissão do vírus da febre amarela e a expansão de sua área de ocupação no território nacional, apontam

para o aumento das áreas de risco de febre amarela, uma vez que a espécie transita tanto nos ambientes silvestre e antrópico.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Santarém tem apresentado crescente expansão urbana, sendo que em muitos bairros tem ocorrido a supressão da vegetação, tornando bairros cada vez mais urbanizados, com pouca presença de unidades de vegetação. De acordo com os resultados aqui encontrados verificou-se que o *Aedes albopictus* está bem distribuído nos bairros da cidade, tanto em locais com proporção maior de vegetação, assim como em áreas com características mais urbanizadas, demonstrando assim um indicativo de adaptabilidade a diferentes ambientes no município, e o que merece a atenção do poder público e da sociedade em geral.

Assim, compreender e identificar a distribuição de vetores em áreas urbanas torna-se essencial diante de mudanças ocorridas no meio ambiente. E o uso de geotecnologias apresenta-se como uma ferramenta de análise para o entendimento tanto das mudanças ambientais como da distribuição de vetores de grande funcionalidade. Por fim, este estudo ressalta a importância de análises interdisciplinares para a compreensão das condições de saúde pública e meio ambiente, principalmente naqueles que envolvem espécies vetoriais transmissoras de doenças, neste caso particularmente, o *Aedes albopictus* que tem se mostrado um vetor para arbovírus em diferentes países e se estabelecendo em áreas urbanas.

REFERÊNCIAS

- AYLLÓN, T. et al. Dispersion and oviposition of *Aedes albopictus* in a Brazilian slum: Initial evidence of Asian tiger mosquito domiciliation in urban environments. **PLoS ONE.**, v. 13, n. 3, 2018.
- BALESTRA, R. et al. Ocorrência de *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse) em Área Urbana do Estado do Tocantins. **Neotrop. Entomol.**, v. 37, n. 2, p. 233-235, 2008.
- BORGES, S. M. A. **Importância epidemiológica do *Aedes albopictus* nas américas.** Dissertação (Mestrado) - Departamento de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública/USP, São Paulo, 2001.
- CONFALONIERI, U. E. C. Saúde na Amazônia: um modelo conceitual para a análise de paisagens e doenças. **Estudos Avançados.** V. 19, n. 53, 2005.
- CONFALONIERI, U. E. C.; MARGONARI, C.; QUINTÃO, A. F. Environmental change and the dynamics of parasitic diseases in the Amazon. **Acta trop.**, v. 129, n. 33-41, 2014.
- CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil.** Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1994.
- DAL'ASTA, A. P. *et al.* Evolução do arranjo espacial urbano e das terras agrícolas no entorno de Santarém (Pará) no período de 1990 a 2010: Uma análise integrada baseada em sensoriamento remoto e espaços celulares. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013.
- DRUCK, S. et al. **Análise espacial de dados geográficos.** Brasília: Embrapa, 2004.
- FÉ, N. F. et al. Registro da ocorrência de *Aedes albopictus* em área urbana do município de Manaus, Amazonas. **Rev Saúde Pública.**, v. 37, n. 5, p. 674-675, 2003.
- FERRAGUTI, M. et al. Effects of landscape anthropization on mosquito community composition and abundance. **Scientific reports.**, v. 6, p. 1-9, 2016.
- GALATI, E. A. B. et al. Mudanças climáticas e saúde pública. *Revista USP*, n. 10, p. 79-90. 2015
- GOMES, A. C. et al. Atividade antropofílica de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em área sob controle e vigilância. **Rev. Saúde Públ.**, v. 39, n. 2, p. 206-210, 2005.
- GOMES, T. V. et al. Santarém (PA): um caso de espaço metropolitano sob múltiplas determinações. **Cadernos Metrópole**, v. 19, n. 40, p. 891-918, 2017.
- HONÓRIO, N. A. et al. Dispersal of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in an Urban Endemic Dengue Area in the State of Rio de Janeiro, Brazil. **Mem Inst Oswaldo Cruz.**, v. 98, n. 2, p.191-198, 2003.

- IBGE. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil**. 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 2016. E-Book (PDF).
- IBGE. **Censo Demográfico 2010**: Características da população e dos domicílios-Resultados do universo. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografias e Estatísticas. **Cidades**. Brasília, 2018.
- JOHANSEN, I. C.; CARMO, R. L.; BUENO, M. C. D. Análise Espacial em População e Ambiente: aplicação para o estudo da dengue em Caraguatatuba, São Paulo, em 2013. **Revista Espinhaço**, v. 3, n. 1, p. 62-77, 2014.
- KRAEMER, M. U. G. et al. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. Albopictus*. **eLIFE**, v. 4, p. 1–18, 2015.
- LUZ, K. G.; SANTOS, G. I. V.; VIEIRA, R. M. Febre pelo vírus Zika. *Epidemiol. Serv. Saúde*, v. 24, n. 4, p. 785-788, 2015.
- MONTAGNER, F. R. G.; SILVA, O. S.; JAHNKE, S. M. Mosquito species occurrence in association with landscape composition in green urban areas. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 2, p. 233-239, 2018.
- OLIVEIRA, E. F. et al. Biotic factors and occurrence of *Lutzomyia longipalpis* in endemic area of visceral leishmaniasis, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Mem Inst Oswaldo Cruz**. V. 107, n. 3, p. 396-401, 2012.
- PATZ, J. A. et al. Disease Emergence from Global Climate and Land Use Change. **Med Clin N Am.**, v. 92, n. 6, p. 1473–1491, 2008.
- PINHEIRO, V. C. S.; TADEI, W. P. Frequency, diversity, and productivity study on the *Aedes aegypti* most preferred containers in the city of Manaus, Amazonas, Brazil. **Rev Inst Med Trop São Paulo**, v. 5, n. 44, p. 245-250, 2002.
- SANTOS, D. B. O.; MONTEIRO, T. P. B.; SILVA, C. N. A. **Distribuição Espacial da Leishmaniose Visceral Americana no Município de Salvaterra-PA e sua relação com o índice de vegetação NDVI**. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.
- SATHLER, D.; MONTE-MOR, R. L.; CARVALHO, J. A. M. As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira. *Nova economia.*, v. 19, n. 1, 2009.
- SILVA JÚNIOR, J. B.; PIMENTA JÚNIOR, F. G. **Epidemiologia da Dengue**. In: SANTOS, L. J. (Ed.). *Dengue – diagnóstico, tratamento e prevenção*. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2008.
- UCHÔA, P. W. S. **Estudo de variações termo-higrométricas de cidade equatorial devido ao processo de urbanização: o caso de Santarém-PA**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia/UFOPA; Santarém, 2011.

UNFPA - Fundo de População das Nações Unidas. **População e desenvolvimento sustentável na Amazônia. Série população e desenvolvimento sustentável.** Brasília: UNFPA-Fundo de População das Nações Unidas; 2014. Disponível em <http://www.unfpa.org.br/Arquivos/amazonia1.pdf>.

VITTOR, A.Y. et al. The effect of deforestation on the human-biting Rate of Anopheles Darlingi, the Primary Vector of Falciparum Malaria in the Peruvian Amazon. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, v. 74, n. 1, p. 3-11, 2006.

WHO - World Health Organization. **A global brief on vector-borne diseases.** Geneva, Switzerland: World Health Organization, DCO/WHO/2014, 2014.

WU, X. et al. Impact of global change on transmission of human infectious diseases. **Science China Earth Sciences.**, v. 57, n. 2, p. 189-203, 2014.