

# IMPACTOS DO DESMATAMENTO, AGRICULTURA, CRESCIMENTO ECONÔMICO E GASTOS MUNICIPAIS NA INCIDÊNCIA DE MALÁRIA NA AMAZÔNIA: UMA ANÁLISE ESPACIAL

**Augusto Seabra Santos**

Mestrando em Economia Aplicada

ESALQ/USP

[augusto.seabra@usp.br](mailto:augusto.seabra@usp.br)

**Alexandre Nunes de Almeida**

Professor Doutor

ESALQ/USP

[alex.almeida859@gmail.com](mailto:alex.almeida859@gmail.com)

## RESUMO:

O objetivo deste estudo foi analisar a relação dos casos de malária com o desmatamento, crescimento econômico, desenvolvimento agrícola e gastos públicos nos municípios da Amazônia Legal entre 2003 e 2012. O artigo intenta contribuir para a literatura ao realizar uma análise econométrica espacial, viabilizando capturar efeitos *spillovers* das variáveis em estudo sobre a incidência de malária na região. Foram encontradas evidências de que o desmatamento possui uma relação positiva com os casos de paludismo; enquanto gastos municipais com educação, efetivo de bovinos e áreas destinadas ao plantio da soja estão negativamente relacionados com os casos da infecção. Ademais, foram encontradas evidências estatísticas no formato de um N-invertido entre PIB e casos de malária nos municípios. Para aferir a robustez das estimativas, o estudo também realiza um exercício de comparação dos resultados obtidos a partir de diversos modelos de econometria espacial atualmente usados pela literatura.

**Palavras Chave:** Malária, desmatamento, indicadores socioeconômicos, econometria espacial.

## ABSTRACT:

The objective of this study was to analyze the relationship between the incidence of Malaria diseases versus deforestation and other socioeconomic indicators in the municipalities of legal Amazon between 2003 and 2012. The paper intends to contribute to the literature by using spatial econometric analysis, allowing in turn the control of the spillover effects among the municipalities regarding to the number of infected people by malaria. Among the main results, we find that deforestation contributes positively to the incidence of malaria. On the other hand, public education expenditures, cattle and cultivated areas of soybeans are negatively associated with malaria. Moreover, we also find evidence that GDP shows an N-inverted format related to malaria cases in the municipalities. To check the robustness of our results, we also perform a battery of simulations using different spatial econometric models currently employed by the literature.

**Keywords:** Malaria, deforestation, socioeconomics indicators, spatial econometrics.

**ÁREA ANPEC: 10 - Economia Regional e Urbana**

**Classificação JEL:** H51; I15; Q57

## 1. Introdução

A malária, em uma década, foi responsável por cerca de 3,8 milhões de casos clínicos na região da Amazônia brasileira, gerando a necessidade de articulações nas políticas de saúde e despendendo milhões de reais dos cofres públicos para o tratamento e controle da doença. No Brasil, quase a totalidade dos casos (acima de 99%) concentram-se na região da Floresta Amazônica<sup>1</sup>, sendo três espécies de protozoários associados à malária em seres humanos no país: *P. vivax*, *P. falciparum* e *P. malariae*. O mosquito vetor transmissor mais comum na região é o *Anopheles darlingi*, sendo os vetores *An. deaneorum*, *An. marajoara* e *An. Janconnae* menos comuns, mas também com capacidade de transmissão do protozoário (Ministério da Saúde, 2015).

Os custos do paludismo vão muito além de despesas hospitalares no tratamento e de prevenção da doença. Os sintomas causados pela infecção podem gerar efeitos negativos sobre a produtividade no trabalho dos adultos, acarretando assim um custo econômico que pode ser um potencial entrave ao desenvolvimento nas regiões de risco de contaminação (Cutler et al., 2010). No entanto, o efeito mais nocivo da presença da malária está principalmente entre as crianças comprometendo seu desenvolvimento físico e cognitivo, e diminuindo sua capacidade de ter um avanço escolar significativo (Duff e Desowitz, 2001; Lucas, 2010).

Além da educação e da produtividade, outros custos econômicos da malária podem ser citados, como os impactos no comércio, migração para áreas não endêmicas, menor atividade turística e diminuição do investimento direto estrangeiro (Sachs e Malaney, 2002). Deste modo, compreender como ocorre a dinâmica de infecção da malária é de suma importância para o desenvolvimento regional dos locais endêmicos, e norteia-se como a hipótese principal do presente trabalho.

Desmatamento, agricultura, extração madeireira, mineração e migração são atividades que podem criar um ambiente propício para a proliferação do mosquito *Anopheles darlingi*, o principal vetor transmissor da malária no Brasil (Hahn et al., 2014). As quatro primeiras atividades possuem a característica de transformar a floresta Amazônica, gerando potenciais mudanças no microclima da região modificada, mudanças na biodiversidade (incluindo os predadores naturais do mosquito) e maiores espaços para a reprodução do vetor (Bauch et al., 2014). Já a migração para a região endêmica faz com que pessoas não imunes à doença sejam expostas à ação do mosquito, aumentando, assim, a incidência da infecção<sup>2</sup> (Marques, 1987). Além disto, existem evidências que o aquecimento global e o El Niño também podem propiciar condições ideais para a proliferação do mosquito hospedeiro, gerando aumentos no índice parasitário de malária (Sachs e Malaney, 2002; Boselo et al., 2006).

Desta forma, a malária na Amazônia não pode ser estudada apenas em termos médicos e biológicos, sendo que as relações entre meio ambiente, agricultura, demografia, condições socioeconômicas e políticas públicas são de suma importância para a compreensão do fenômeno da propagação da malária (Singer e Castro, 2006). É neste sentido que este artigo busca analisar os efeitos do desmatamento, do desenvolvimento agrícola e do crescimento econômico na incidência de malária na região da Amazônia brasileira. Ademais, o artigo também analisa como os gastos públicos com educação, habitação e saúde podem contribuir na política pública de saúde para a erradicação da malária.

Toda a análise proposta será empreendida levando em conta a distribuição da doença no espaço. Desta forma, o trabalho possui a capacidade de não só verificar os efeitos médios locais das políticas, do crescimento econômico, da agricultura e da mudança do uso no solo, mas também possui o potencial de compreender a ocorrência de efeitos *spillovers* de tais variáveis. A análise econométrica espacial deste problema a níveis municipais traz uma nova abordagem na literatura científica sobre a epidemia de paludismo, esperando colaborar na formulação de políticas públicas de saúde mais específicas e direcionadas de combate a malária. Especificamente, este trabalho estimou uma regressão de dados em painel espacial de efeitos fixos, sendo 518 unidades cross-section (municípios da região amazônica brasileira), com um horizonte temporal de 10 anos (2003 a 2012). Entre os principais resultados, observou-

<sup>1</sup> No Brasil, a floresta Amazônica está presente nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e partes do Maranhão, Tocantins e Mato Grosso.

<sup>2</sup> Ressalta-se que indígenas e moradores (adultos) da região endêmica geralmente desenvolvem imunidade a doenças parasitárias (Patz et al., 2000; Sachs e Malaney, 2002)

se que existem evidências de que o desmatamento e áreas destinadas ao cultivo de arroz possuem relação positiva com a incidência da infecção, enquanto os gastos públicos municipais com educação, efetivo de bovinos, área plantada de soja e o PIB possuem relação positiva com os casos de paludismo. Efeitos *spillovers* também foram encontrados.

Além desta introdução, este trabalho é composto por mais seis seções. A segunda apresenta uma revisão da literatura sobre o tema, Na terceira seção são apresentados os dados utilizados na pesquisa, ao passo que na quarta seção faz o delineamento da metodologia utilizada. Os resultados são apresentados e discutidos na quinta seção, enquanto que na sexta seção é realizada comparações entre diversos modelos espaciais, com o objetivo de verificar a robustez dos resultados. Por fim, na sétima seção são realizadas considerações finais ao trabalho.

## 2. Revisão de literatura

Atualmente cerca de metade da população mundial vive em áreas de perigo de infecção por malária, totalizando 3,2 bilhões de pessoas em situação de risco. A cada ano surgem de 300 a 500 milhões de novos casos da doença, levando a três milhões de óbitos por ano. Aproximadamente 90% dos casos são transmitidos na África Subsaariana, sendo que as crianças são mais vulneráveis a contrair a doença (Sachs e Malaney, 2002; WHO 2016).

No Brasil, a malária começou a ter notoriedade após a migração em massa para a região amazônica durante a segunda guerra mundial, época em que ocorreu a corrida pela extração da borracha, levando a óbito cerca de 27 mil pessoas que trabalhavam nas seringueiras. De 1945 até o início da década de setenta houve uma queda na incidência da doença devido o uso do inseticida DDT, chegando a 52,5 mil casos em 1970. Após o decréscimo dos casos da doença, a região amazônica passou por uma grande transformação induzida pelo programa de colonização, gerando uma massiva migração para a região, além de surgimento da mineração e construção de estradas, abrindo caminhos a locais antes inacessíveis. Esta transformação estrutural fez com que os casos de malária tivessem um aumento expressivo, passando a 200 mil casos em 1982, 500 mil em 1988 e 630 mil em 1999 (Singer e Castro, 2001).

Em 2005, o número de casos de paludismo chegou a 590 mil, sendo este o ápice da malária no século XXI em território brasileiro. De 2006 a 2015 ocorreu uma diminuição dos casos da infecção, sendo confirmados 230 mil casos em 2012 e 130 mil em 2015. A mortalidade da doença caiu em 89% de 2000 a 2015 (Ministério da Saúde, 2015).

Paralelamente em que ocorreram as diminuições na incidência de malária, houve também um processo significativo de diminuição do desmatamento da floresta amazônica sugerindo haver uma forte correlação entre desmatamento e a incidência de casos da doença na região. Em 2001, foram desmatados mais de 18 mil km<sup>2</sup>, ao passo de que em 2004 ocorreu a derrubada de 27 mil km<sup>2</sup> da floresta Amazônica. No ano 2005 houve uma inflexão na tendência de desmatamento, chegando em 2015 com apenas 5,8 mil km<sup>2</sup> desmatados. Boa parte da diminuição do desmatamento deve-se ao programa governamental PPCDAm (Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal), iniciado em 2004, que aumentou fiscalização nos municípios com altas taxas de desmatamento (Assunção et al., 2012). A figura-1 mostra a evolução do desmatamento e dos casos clínicos de malária na Amazônia, de 2003 a 2012.

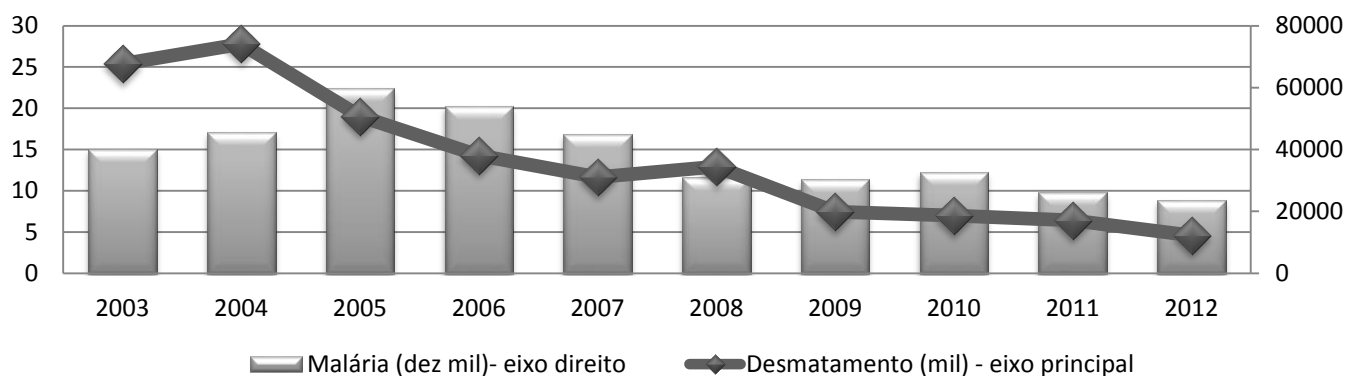


Figura 1 Evolução dos casos clínicos de malária e do desmatamento. Fonte: Prodes (2015); Ministério da Saúde (2015).

### ***Malária, desmatamento e meio ambiente***

Áreas na região de florestas tropicais possuem condições ideais para a reprodução dos insetos, devido às altas temperaturas, grandes volumes de precipitação e umidade relativa do ar elevada. O *Anopheles darlingi*, na região amazônica, é encontrado mais frequentemente nas margens das florestas, pois, na floresta densa e intacta as condições para a reprodução são dificilmente encontradas. Deste modo, cada mudança ambiental, seja ela através de fenômenos naturais ou antropogênicos, possui o poder de mudar o balanço ecológico local, podendo afetar a dinâmica de transmissão de parasitas, propiciando, assim, condições para a proliferação do vetor transmissor da malária. O desmatamento também pode causar potenciais mudanças no microclima da região modificada e eliminar predadores naturais dos vetores transmissores (Patz, 2000; Singer e Castro, 2006; Bauch et al., 2015).

No âmbito científico, existem trabalhos que documentam a relação entre desmatamento e casos de malária. Gaarg (2014) encontrou evidências de que o desmatamento pode explicar mais de um milhão de casos de malária na Indonésia, além disso, o autor estimou que um aumento de 1000 Ha desmatados em um distrito pode propiciar um aumento de casos de malária na ordem de 2% a 7,2%, culminando em 45 mil a 162 mil casos adicionais da infecção.

Para o Brasil, Saccaro Junior et al. (2015), por meio da regressão de Poisson, encontraram que o desmatamento, não só atual, mas também defasado, possui relação com a incidência de malária. Os autores utilizaram como controles na regressão o número de médicos, número de profissionais de saúde, IDH-educação, IDH-longevidade, IDH-renda<sup>3</sup> e bolsa família, tendo somente o IDH-educação estatisticamente significativo e com poder de diminuição dos casos de malária. Ademais, Sccaro Junior et al. (2015) encontraram que, para cada 1% de área desmatada, pode ocorrer um incremento de 23% nas taxas de incidência de malária.

Em consonância com Saccaro Júnior et al. (2015) e Garg (2014), Olson et al. (2010) também encontraram evidências de que o desmatamento pode acarretar em um aumento dos casos de malária no município de Mâncio Lima, localizado no Estado do Acre. Tal inferência foi possibilitada através de uma regressão binomial negativa, concluindo que o risco de malária aumentou, aproximadamente, 50% em distritos do município quando 4% da área eram submetidas ao desmatamento no período 1997-2000.

Hahn et al. (2014) encontraram, por meio de uma regressão binomial negativa, evidências empíricas de que a relação entre incidência malária e desmatamento varia dependendo da escala escolhida para o estudo. Em uma análise de amplitude municipal, a relação ente malária e desmatamento não foi estatisticamente significativa na região Amazônica Brasileira, sendo que as estradas, queimadas e extração seletiva de madeira foram mais representativos do que nível real de perturbação da floresta.

Apesar alguns artigos mostrarem relações entre desmatamento e malária, Valle e Clark (2013) encontraram resultados divergentes sobre o tema. Os autores constataram que cidades perto de áreas protegidas tendem a ter maior incidência de malária do que as cidades mais distantes. Desta forma, concluíram que evitar 10% do desmatamento pode resultar em um aumento médio de duas vezes na incidência de malária até 2050.

<sup>3</sup> IDHE, IDHL e IDHR são componentes do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), calculado pela PNUD.

O número de trabalhos na literatura que analisam a causalidade entre meio ambiente e malária por meio da econometria espacial ainda é bastante incipiente. Olson et al. (2010) argumentam que existem associações dos padrões de incidência de malária e de desmatamento ao longo do espaço, ao invés de uma tendência de incidência de malária e do desmatamento ao longo do tempo. Hahn et al. (2014) sugerem que o desmatamento tende a ser espacialmente agrupado dentro dos municípios, tornando-o difícil de igualar os níveis de desmatamento e incidência da malária através das fronteiras municipais. Deste modo, fica clara a importância de se realizar uma técnica de regressão espacial para o tema, reafirmando a importância no contexto científico do presente artigo.

### ***Malária, desenvolvimento econômico e desenvolvimento agrícola***

Malária e o desenvolvimento socioeconômico podem estar interligados em relações causais bidirecionais. Tanto a malária pode ser a propulsora de baixos índices de crescimento e desenvolvimento econômico, como o contrário, sendo que o crescimento, desenvolvimento e atividades econômicas podem alterar a dinâmica de infecção por malária.

Doenças têm gerado um debate nas ciências econômicas sobre seu poder de delimitar o desenvolvimento econômico. Acemoglu e Johnson (2007) encontraram fracas evidências de que os baixos índices de desenvolvimento das nações estejam associados ao panorama local de saúde. Já Bloom e Sachs (1998) afirmam que as condições de saúde podem explicar parte da diferença entre as taxas de crescimento na África e as taxas de crescimento nos demais países.

Outros autores estudam como as doenças podem afetar o desenvolvimento indiretamente, como efeitos na educação e na produtividade do trabalho. Miguel e Kremer (2004) encontraram um impacto positivo no tratamento de parasitas intestinais sobre o absenteísmo escolar no Quênia, porém este impacto não foi observado sobre melhoras nos resultados dos testes acadêmicos.

A relação da malária com educação e produtividade também é bem documentada no âmbito científico. A malária pode afetar a educação de crianças em diversos fatores. Durante a gravidez, a infecção pode gerar anemia, afetando o desenvolvimento físico e cognitivo do feto, assim diminuindo a probabilidade da criança ter um sucesso escolar. Além disto, contrair a infecção durante a infância pode causar sintomas ao longo da vida, diminuindo a capacidade de aprendizagem. A malária também pode gerar o afastamento da criança na escola por um longo período, interrompendo o processo de formação escolar (Duff e Desowitz, 2001; Lucas, 2010). Neste sentido, Lucas (2010) encontra uma relação positiva entre a erradicação da malária e melhorias na educação no Paraguai e na Sri Lanka, sendo que a cada diminuição de 10 pontos percentuais na incidência de malária leva a um aumento de 0,1 anos de escolaridade e um aumento na probabilidade de alfabetização de 1 a 2 pontos percentuais.

Diferentemente de Lucas (2010), Cutler et al. (2010) não encontra evidências de um efeito da erradicação da malária na melhoria da educação na Índia. Entretanto, o estudo encontrou evidências de que crianças expostas ao programa de erradicação da malária tinham um maior consumo domiciliar, quando adultos, sendo que este maior consumo pode ser fruto de ganhos de produtividade após o programa de erradicação. Todavia, não se comprova que a erradicação da malária foi um dos principais motores para o crescimento.

Apesar de a malária ter a capacidade de afetar o desenvolvimento e crescimento econômico, a relação contrária também pode ser observada. Locais mais desenvolvidos tendem a ter uma melhor vantagem na erradicação da doença. Um exemplo disso é a erradicação do paludismo nos Estados Unidos, Espanha, Itália e Grécia nas décadas de 30 e 50, resultados de desenvolvimento socioeconômico e intensiva política de saúde para o extermínio da doença. Apesar do sucesso destes países, desenvolvimento e crescimento econômico não são, por si só, suficientes para a erradicação da infecção, vide Omã e Emirados Árabes Unidos, que possuem alto PIB *per capita*, mas não conseguiram sucesso na erradicação da doença (Sachs e Malaney, 2002). Deste modo, a combinação de boas práticas ambientais e desenvolvimento socioeconômico podem ser efetivos para o controle da epidemia de malária.

Apesar de que o desenvolvimento econômico pode ser capaz de melhorar as condições sociais para o combate à infecção, Castilla e Sawyer (1993) argumentam que melhores condições econômicas nas áreas endêmicas podem levar à maior migração para a região, aumentando as estatísticas de casos de

contaminação por malária. Isto ocorre devido ao fato de que pessoas sem a imunidade à doença migrem para áreas endêmicas e contraindo paludismo. A mesma lógica não pode ser empregada para os indígenas e moradores locais (adultos) da região, que geralmente desenvolvem imunidade a doenças parasitárias (Marques, 1987; Patz et al., 2000; Sachs e Malaney, 2002; Bauch et al., 2014).

O desenvolvimento agropecuário também é alvo de constantes estudos acerca da sua relação com a incidência de malária. São documentadas diferentes interações entre culturas agrícolas e o paludismo, visto que cada vetor possui sua peculiaridade na reprodução e condições de sobrevivência. Yasuoka e Levins (2007) investigam como certas culturas podem influenciar a incidência de malária. Os autores listaram a cana-de-açúcar, borracha, chá e cacau como culturas positivamente correlacionadas com a incidência do paludismo em diversas localidades. Já o café possui divergências sobre seu potencial efeito em relação à incidência da infecção, enquanto o cultivo de mandioca é negativamente relacionado com casos da doença.

Segundo Wielgoz et al. (2012), o cultivo de milho é identificado como uma cultura que contribui para aumentos nos índices parasitários de malária. Do mesmo modo, Kebede et al. (2005), por meio de uma regressão de Poisson, encontrou evidências, em 21 aldeias no noroeste da Etiópia, de que o cultivo de milho está correlacionado com a incidência de malária, sendo esta relação explicada pelo fato de que alguns vetores, em sua forma larval, se alimentam do pólen do milho.

A atividade agrícola irrigada, em geral, também pode estar correlacionada com um aumento de casos de paludismo. Segundo Amerasinghe et al. (1991), corpos d'água podem aparecer como resquícios da irrigação, propiciando ambientes ideais para a reprodução de certos vetores. Desta forma, a produção orizícola, que utiliza intensa irrigação, pode criar ambientes propícios à reprodução do vetor, fazendo com que sua época de reprodução seja prolongada (Yasuoka e Levins, 2007).

A relação entre pecuária bovina e paludismo também é alvo de estudo entre os cientistas. Wielgoz et al. (2012) disserta que o efeito da criação de gado na incidência da infecção pode ser distinto entre os diferentes vetores e também entre as diferentes práticas pecuárias. O sangue do animal pode servir de alimento para o mosquito transmissor, podendo aumentar a quantidade de insetos devido à abundância de alimentos, elevando o risco da doença para os seres humanos. Contrariamente, para alguns vetores, o sangue de gado pode ser preferível ao sangue humano, diminuindo os casos da doença. Além disso, as distâncias geográficas entre a criação de gado e aglomerados urbanos podem determinar tal correlação.

Além do desenvolvimento econômico e agrícola, outros fatores econômicos também podem influenciar a dinâmica de infecção por malária. Hahn et al. (2014) mostram que existem evidências de que a construção de estradas na região amazônica e a extração madeireira possuem o poder de aumentar o risco de malária em um município. Olson et al. (2010) argumentam que a indústria da aquicultura na Amazônia pode ser correlacionada com os padrões de incidência de malária. Já Marques (1987) encontra relação entre mineração e assentamentos agrícolas com os casos de malária no Brasil.

Singer e Castro (2001) indicam que as condições de moradia, tanto em relação à infraestrutura, quanto em relação à localização, pode ser um ponto crucial no combate à infecção por malária, fato este que evidencia que a política de habitação pode ter um papel importante no combate à doença. Sobre intervenções das políticas de saúde, Cohen e Dupas (2010) sugerem que a distribuição gratuita de mosquiteiros tratados com inseticida possui capacidade de redução nos casos de paludismo no Quênia, fortalecendo a teoria de que políticas públicas de saúde podem ter influência sobre a infecção por malária.

Tendo em vista que fenômenos econômicos possuem a capacidade de influenciar a dinâmica de transmissão da malária, este artigo visa buscar a relação do desmatamento, desenvolvimento agrícola, dos gastos governamentais com educação, habitação e saúde com a incidência de malária na Amazônia brasileira. Além disso, analisa-se como o crescimento econômico pode influenciar nos casos da doença. Assim, este artigo multidisciplinar torna-se uma contribuição para a ciência, buscando esclarecer as relações entre malária, meio ambiente, agricultura e economia.

### 3. Dados

Os dados utilizados para a análise compõem um painel balanceado, formando observações anuais para 518 municípios inseridos na Amazônia Legal, para o período que compreende de 2003 a 2012, resultando

em um total de 5.180 observações empilhados para cada variável do estudo. O Quadro 1 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas e suas respectivas fontes.

**Quadro 1.** Estatísticas descritivas.

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Medida	Fonte
<b>Incidência de malária (<i>mal</i>)</b>	28,54	78,76	0	1344,32	Casos confirmados a cada mil habitantes	Sivep malária
<b>Desmatamento (<i>desm</i>)</b>	25,96	72,19	0	1407,8	Km²	Prodes
<b>PIB (<i>pib</i>)</b>	1,78e+07	1,31e+08	9938,511	2,85e+09	Reais a preços de 2012	IBGE
<b>Gastos municipais com educação <i>per capita</i> (<i>educ</i>)</b>	485,21	217,05	0	1949,26	Preços de 2012	IPEA
<b>Gastos municipais com habitação <i>per capita</i> (<i>hab</i>)</b>	117,0525	144,6271	0	3061,61	Preços de 2012	IPEA
<b>Gastos municipais com saúde <i>per capita</i> (<i>saude</i>)</b>	323,6994	191,0718	0	2316,87	Preços de 2012	IPEA
<b>Cabeças de gado (<i>gado</i>)</b>	120447,3	165877,1	0	2312493	Número do efetivo bovino	IPEA
<b>Área destinada ao cultivo de algodão herbáceo (<i>algodao</i>)</b>	5,86	41,30	0	736,23	Km²	IPEA
<b>Área destinada ao cultivo de arroz (<i>arroz</i>)</b>	16,46	37,35	0	600	Km²	IPEA
<b>Área destinada ao cultivo de cacau (<i>cacau</i>)</b>	1,97	10,84	0	239,50	Km²	IPEA
<b>Área destinada ao cultivo de café (<i>cafe</i>)</b>	7,69	81,21	0	2835,09	Km²	IPEA
<b>Área destinada ao cultivo de cana (<i>cana</i>)</b>	4,49	29,56	0	441,34	Km²	IPEA
<b>Área destinada ao cultivo de milho (<i>milho</i>)</b>	35,49	137,23	0	2546,13	Km²	IPEA
<b>Área destinada ao cultivo de mandioca (<i>mandioca</i>)</b>	10,87	23,91	0	450	Km²	IPEA
<b>Área destinada ao cultivo de soja (<i>soja</i>)</b>	94,67	450,76	0	6106,7	Km²	IPEA

Fonte: Sivep Malária, PRODES, IBGE e IPEA.

Embora o estudo tenha selecionado 518 municípios para a análise, a região da Amazônia Legal possui 772 municípios. Esta diferença se deve ao fato de que foram excluídos os municípios que não possuem uma área considerável de floresta, podendo viesar a análise espacial acerca do desmatamento e da própria malária, doença esta, que no Brasil, é intrinsecamente relacionada com as florestas tropicais. O critério para a análise da área de floresta foi realizado através do quociente de duas variáveis encontradas no banco de dados do PRODES: a área de não floresta e a área total do município. Assim, municípios que tiveram um quociente acima de 0,95 foram excluídos, ou seja, foram considerados no estudo somente municípios que tenham no mínimo 5% de floresta. Ademais, dois municípios (Ipiranga do Norte e Itanhangá) foram excluídos pelo fato de que, ambos, foram emancipados somente no ano de 2005. Deste modo, este artigo analisa geograficamente os Estados do Acre, Roraima, Rondônia, Amapá, Amazonas, Pará, mesorregiões Nordeste, Norte e Sudoeste do Mato Grosso, mesorregião do Oeste do Maranhão e microrregiões do Araguaia e Bico do Papagaio no Tocantins.

A incidência de malária a cada mil habitantes possui uma peculiaridade em três municípios (Rodrigues Alves e Mâncio Lima em 2006 e Anajás em 2009), pois a incidência de malária foi maior que a população residente. Esta anomalia pode acontecer devido à forma de preenchimento do prontuário médico, que relata o local de infecção da malária e não o local de residência do paciente. Desta forma, turistas, trabalhadores

temporários e população flutuante podem causar esta anomalia associada aos dados anuais de incidência de malária. Outra peculiaridade são municípios que não reportam corretamente seus gastos para o tesouro nacional, assim, computando dispêndios iguais a zero, no que tange os gastos com educação, habitação e saúde. Vale ressaltar que poucas observações tiveram tais distúrbios, não comprometendo a análise proposta.

A Figura 1 mostra a evolução espacial da incidência de malária *per capita*, entre 2003 e 2012, nos municípios selecionados no estudo. Quanto mais escuro o município, maior a incidência da infecção. Deste modo, nota-se que enquanto a região sudeste do mapa (Leste e Centro do Estado do Mato Grosso) apresenta uma queda nos índices de malária, a região noroeste (noroeste e oeste dos estados do Amazonas e do Acre) segue um padrão distinto, apresentando aumentos do paludismo.

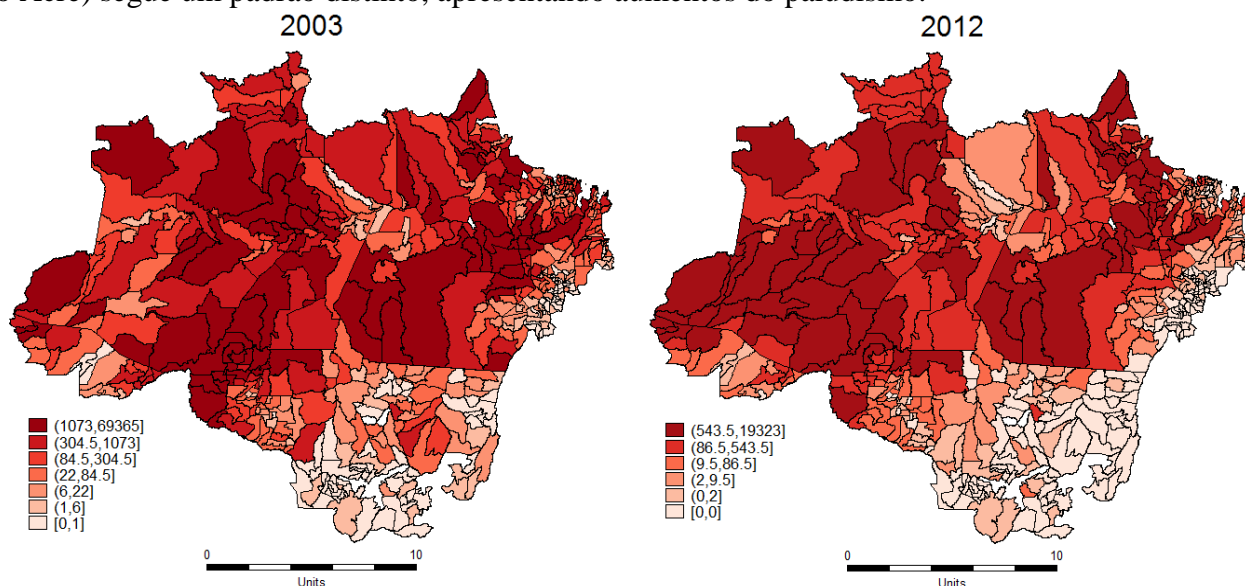


Figura 2 Incidência de casos malária na Amazônia. Fonte: Resultados da pesquisa. Software: Stata.

#### 4. Metodologia

Para captar a relação entre malária, desmatamento, desenvolvimento agrícola, crescimento econômico e gastos governamentais, foi construída uma estrutura de dados em painel, contendo 518 unidades cross-section e um horizonte temporal de 10 anos, de 2003 a 2012, compondo 5.180 observações. A escolha desta estrutura se deve ao fato de que quaisquer variáveis omitidas, desde que sejam invariantes no tempo, não afetarão as propriedades desejáveis dos estimadores, assim, contornando o problema do viés da variável omitida. Um exemplo de variável que possui tais características, ou seja, uma variável explicativa importante, mas invariante no tempo, é a altitude, que pode influenciar na incidência do *Anopheles* (Bødker et al., 2003). Deste modo, a estrutura de dados em painel permitirá que tal regressor seja omitido sem que os resultados da regressão se tornem viesados e inconsistentes (Greene, 2012).

Embora os modelos de dados em painel possuam vantagens, é de suma importância ficar atento as suas pressuposições iniciais, que se não atendidas, podem levar a estimações espúrias. Deste modo, modelos convencionais de dados em painel são rodeados da pressuposição de que as unidades cross-section não estão correlacionadas, ou seja, elas são obtidas a partir de amostras aleatórias (Almeida, 2012). Tal pressuposição pode ser satisfeita quando as unidades em estudos são retiradas de amostras aleatórias de indivíduos ou empresas. Entretanto, esta pressuposição pode não ser satisfeita quando o objeto de análise são unidades espaciais, como acontece com a variável dependente deste estudo, que está distribuída entre os municípios (Almeida, 2012).

Outra pressuposição inicial dos modelos de dados em painel é de que os resíduos não sejam autocorrelacionados entre as unidades cross-section, ou seja,  $E(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0 \quad \forall i \neq j$ . Tal pressuposição, também, pode não ser satisfeita quando os dados possuem alguma característica espacial, gerando um viés



na estimação do modelo, visto que a matriz de variância e covariância das estimativas não seja representada por uma matriz diagonal. Assim, a introdução dos componentes espaciais são recomendados quando é comprovada a autocorrelação espacial, podendo ser observada a partir da estatística I de Moran (1948), c de Geary (1954) e G de Otis (1992) (Almeida, 2012). Deste modo, a inclusão de componentes espaciais se torna necessário no sentido de manter as estimativas não viesadas e consistentes, convergindo para o verdadeiro parâmetro populacional.

Em modelos de dados em painel podem ser acoplados componentes espaciais quando ocorrem a dependência e heterogeneidade espacial. A dependência espacial é representada no modelo a partir da introdução da variável dependente defasada espacialmente (caracterizado como *Modelo de Lag Espacial*) ou a introdução de um processo autorregressivo no termo de erro (*Modelo de Erro Espacial*) (Elhorst, 2003).

Neste artigo serão estimados seis modelos de dados em painel de efeito fixo que englobam a dependência espacial. Sendo eles, SEM (1), SAR (2), SAC (3), SLX (4), SDM (5) e SDEM (6):

$$Y_t = \beta_k X_t + \mu + \xi_t, \quad \xi_t = \lambda W \xi_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$Y_t = \rho W Y_t + \beta_k X_t + \mu + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$Y_t = \rho W Y_t + \beta_k X_t + \mu + \xi_t, \quad \xi_t = \lambda W \xi_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$Y_t = \beta_k X_t + \gamma_k W X_t + \mu + \varepsilon_t \quad (4)$$

$$Y_t = \rho W Y_t + \beta_k X_t + \gamma_k W X_t + \mu + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$Y_t = \beta_k X_t + \gamma_k W X_t + \mu + \xi_t, \quad \xi_t = \lambda W \xi_t + \varepsilon_t \quad (6)$$

Para todos os modelos,  $W$  é uma matriz  $nt \times nt$  de ponderação espacial,  $\lambda$  é o coeficiente de correlação espacial,  $\rho$  é o coeficiente espacial autorregressivo e  $\gamma_k$  é o coeficiente da defasagem espacial de cada variável explicativa. A equação (1) é o *Modelo de Erro Espacial* (SEM) que incorpora o termo de erro defasado espacialmente, enquanto a equação (2) é o *Modelo de Defasagem Espacial* (SAR) que acopla, no painel tradicional, a variável dependente ponderada pela matriz espacial. Já a equação (3) representa o *Modelo de Erro e Defasagem Espacial* (SAC), que incorpora tanto o erro, quanto a variável dependente, ambos defasados espacialmente. Por sua vez, a equação (4) descreve o *Modelo Espacial Cross-regressivo* (SLX), que insere a as variáveis exógenas explicativas, defasadas espacialmente. A equação (5) remete ao *Modelo Espacial de Durbin* (SDM), que incorpora a variável dependente e as variáveis explicativas, ambas ponderadas pela matriz de pesos espaciais. Por fim, a equação (6) denota o *Modelo de Erro Espacial de Durbin* (SDEM), com as variáveis explicativas e o termo de erro, ambos defasados espacialmente. Cabe ressaltar que os modelos SAR e SAC, são modelos de alcance global, enquanto os modelos SLX e SDEM são de alcance local e o SDM é um modelo de alcance global e local<sup>4</sup>.

A utilização de modelos espaciais permite aos pesquisadores que obtenham as magnitudes empíricas dos efeitos *spillovers* (Elhorst, 2003). Estes efeitos, na abordagem dos modelos econométricos padrão, não são possíveis de se obter, visto que tais modelos impõem a restrição de que os *spillovers* espaciais são iguais a zero, reafirmando a pressuposição de que as unidades cross-section são independentes (Vega e Elhorst, 2013). Vale ressaltar que, apesar do modelo SEM ser um modelo espacial, este não possui a característica de gerar efeitos *spillovers*, dado que só existe a introdução do componente espacial no termo de erro, alterando, ante os modelos de painel clássico, somente a matriz de variância e covariância (LeSage e Pace, 2009).

<sup>4</sup> A estimação dos modelos SEM, SAR, SAC, SDEM e SDM é realizada pelo método da quase-máxima verossimilhança. Já o modelo SLX é estimado via MQO, visto que este modelo não possui opção de estimação no software utilizado. Uma das vantagens da estimação por máxima verossimilhança, dado que a distribuição das variáveis segue a normalidade, é que regressores endógenos não fazem com que as estimativas sejam inconsistentes.

Os efeitos diretos e indiretos (*spillovers*) de cada modelo são apresentados na Tabela 1, sendo estes oriundos da forma reduzida de seu respectivo modelo<sup>5</sup>. Para cada matriz, a diagonal principal são os efeitos diretos, ou seja, o efeito de uma mudança de uma variável explicativa em uma sobre a variável dependente na mesma localidade, sem qualquer efeito transbordamento (Vega e Elhorst, 2013). Já os elementos não diagonais são os efeitos *spillovers*, ou seja, os efeitos transbordamentos. Ambos os efeitos possuem interpretações diferentes para cada modelo.

**Tabela 1.** Efeitos diretos e indiretos para cada modelo estimado.

Modelo	Efeito Direto	Efeito Indireto	Alcance
OLS/SEM	$\beta_k$	0	
SAR/SAC	Elementos diagonais de $(I - \rho W)^{-1}\beta_k$	Elementos não diagonais de $(I - \rho W)^{-1}\beta_k$	Global
SLX/SDEM	$\beta_k$	$\gamma_k$	Local
SDM	Elementos diagonais de $(I - \rho W)^{-1}[\beta_k + W\gamma_k]$	Elementos não diagonais de $(I - \rho W)^{-1}[\beta_k + W\gamma_k]$	Global / Local

Fonte: Adaptado de Vega e Elhorst (2013).

Os modelos de alcance global possuem interpretações diferentes dos efeitos diretos e indiretos em vista aos modelos de alcance local. Para modelos de alcance global, uma alteração na variável explicativa em qualquer local vai ser transmitida a todos os outros locais na sequência da matriz W, gerando efeitos *feedback*, oriundos de impactos que se deslocam entre as unidades vizinhas e que voltam para a unidade inicial, geradora do impacto (Vega e Elhorst, 2013).

Em modelos de alcance local, os efeitos diretos e indiretos ocorrem em outros locais sem ocorrer à sequência na matriz W, ou seja, estes efeitos não são transmitidos a todos os locais. Paradoxalmente aos modelos de alcance global, os modelos locais não possuem o efeito *feedback* (Anselin, 1988; ; LeSage e Pace, 2009; Vega e Elhorst, 2013). Deste modo, o artigo apresenta, em seus resultados, somente as estimações do modelo SDEM (equação (6)), indicado, juntamente com o SLX<sup>6</sup>, por Vega e Elhorst (2013) como modelo mais apropriado para realizar interpretações acerca dos efeitos *spillovers*, visto que as interpretações dos parâmetros de modelos de alcance local são mais funcionais para o fenômeno em estudo. Os demais modelos (equações (1), (2), (3), (4) e (5)) são apresentados na seção que visa mostrar a robustez das estimações, comparando as estimativas entre os variados modelos apresentados anteriormente.

Para a estimação de modelos espaciais é necessário a utilização de uma matriz de ponderação espacial (a matriz W, incluída nas equações (1), (2), (3), (4), (5) e (6)). Segundo Almeida (2012), esta matriz representa um arranjo espacial das interações consequentes do fenômeno em análise, sendo que regiões mais conectadas possuem maiores interações do que regiões não conectadas. Para o caso de dados em painel espacial, a matriz W necessariamente deve ser constante no tempo, o que ocorre para matrizes de proximidade geográfica. Neste estudo, utiliza-se a matriz de distância inversa, especificada por:

$$w_{ij}(d) = \begin{cases} \frac{1}{d_{ij}^\alpha}, & \text{se } d_{ij} \leq \bar{d} \text{ ou se } d_{ij} \text{ é o vizinho mais próximo} \\ 0, & \text{se } d_{ij} > \bar{d} \text{ e } d_{ij} \text{ não é o vizinho mais próximo} \end{cases}$$

Onde,  $\bar{d}$  é uma distância corte fixada em 50 km. No contexto de estudo, a análise espacial torna-se de suma importância, visto que o vetor transmissor da malária mais comum no Brasil, o *A. darlingi*, pode se deslocar até 7,2 km em nove dias (Charlwood e Alecrim, 1989), que pode se tornar bem maior, tendo em vista que o estudo possui um período anual. Como na região Amazônica alguns municípios são muito

<sup>5</sup> Para maiores detalhes, ver Vega e Elhorst (2013) e LeSage e Pace (2009).

<sup>6</sup> O motivo de este estudo não apresentar o modelo SLX nos resultados deve-se ao fato de que a sua estimação foi realizada por efeitos fixos, possuindo possíveis problemas de endogeneidade.

distantes dos outros, em um raio de 50km certamente ocorrerá ilhas, ou seja, municípios sem qualquer vizinhança. Para atenuar o problema das “ilhas”, foi computado que cada município tenha pelo menos um vizinho mais próximo, além de eventuais outros vizinhos em um raio de 50Km.

Por fim, a matriz de distância inversa utilizada foi normalizada (linha) utilizando a seguinte fórmula (Almeida, 2012):

$$w_{ij}^*(d) = \frac{w_{ij}(d)}{\sum_j w_{ij}(d)} \quad (7)$$

Segundo Almeida (2012), a normalização da matriz  $W$  possui duas vantagens. A primeira é a limitação de um número finito das somas das linhas e das colunas da matriz  $W$ . A segunda é que a matriz  $W$  normalizada permite a interpretação média dos valores da variável nos vizinhos para a defasagem espacial. Além disto, uma matriz de ponderação espacial normalizada possui a característica de ser assimétrica, assim, a influência que uma unidade cross-section exerce sobre o seu vizinho não é similar à influência do vizinho sobre a determinada unidade cross-section.

## 5. Resultados e discussão

A partir da constatação de autocorrelação espacial global e local, por meio das estatísticas de  $I$  de Moran e  $c$  de Geary, em todos os anos, para a incidência de malária, estimou-se o modelo espacial de efeitos fixos SDEM, cabendo a apresentação das estimações dos demais modelos na próxima seção. Deste modo, a especificação do modelo é dada por:

$$\begin{aligned} \log(mal)_{it} = & \alpha_1 + \beta_1 desm_{it} + \beta_2 PIB_{it} + \beta_3 PIB^2_{it} + \beta_4 PIB^3_{it} + \beta_5 educ_{it} + \beta_6 hab_{it} + \\ & \beta_7 saude_{it} + \beta_8 gado_{it} + \beta_9 algodao_{it} + \beta_{10} arroz_{it} + \beta_{11} cacau_{it} + \beta_{12} cafe_{it} + \beta_{13} cana_{it} + \\ & \beta_{14} mandioca_{it} + \beta_{15} milho_{it} + \beta_{16} soja_{it} + \beta_{17} Wdesm_{it} + \beta_{18} WPIB_{it} + \beta_{19} WPIB^2_{it} + \\ & \beta_{20} WPIB^3_{it} + \beta_{21} Weduc_{it} + \beta_{22} Whab_{it} + \beta_{23} Wsaude_{it} + \beta_{24} Wgado_{it} + \beta_{25} Walgodao_{it} + \\ & \beta_{26} Warroz_{it} + \beta_{27} Wcacau_{it} + \beta_{28} Wcafe_{it} + \beta_{29} Wcana_{it} + \beta_{30} Wmandioca_{it} + \beta_{31} Wmilho_{it} + \\ & \beta_{32} Wsoja_{it} + c_i + \lambda W\xi_t + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (8)$$

Conforme a equação (8), utiliza-se um modelo log-linear, com o logaritmo aplicado na variável dependente, a incidência dos casos de malária a cada mil habitantes por município.<sup>7</sup> De acordo com a Tabela 1,  $\beta_1$  a  $\beta_{16}$  são os coeficientes que representam os efeitos diretos, ou seja, o efeito das variáveis nos municípios correspondentes, enquanto  $\beta_{17}$  a  $\beta_{32}$  são os coeficientes que representam os efeitos indiretos (*spillover*), também conhecidos como efeitos de transbordamento. Ademais, estima-se o efeito total, que é a soma dos efeitos diretos e indiretos. Os coeficientes estimados do modelo SDEM estão representados na Tabela 2.

Os resultados estimados indicam que a cada dez km<sup>2</sup> (ou mil hectares) acrescidos de mata amazônica desmatada aumenta, em média, 1,2% a incidência de malária no próprio município. Constata-se que existe uma consonância com os trabalhos de Gaarg (2014), Saccaro Junior et al. (2015) e Olson et al. (2010), chegando à um denominador comum de que o desmatamento possui influência positiva sobre a dinâmica de transmissão da doença. Em relação ao trabalho de Gaarg (2014) – que estimou um aumento de 2% a 7% nos casos da doença quando ocorre desmatamento de mil hectares na Indonésia – houve disparidades no que tange à magnitude do impacto do desmatamento sobre a incidência do paludismo, podendo ser explicada pela possível diferença entre o vetor dominante na Indonésia, vegetação, solo, clima, dinâmica de habitação e atividades nas bordas das florestas.

Além do efeito direto, observa-se que existe um efeito transbordamento do desmatamento, ou seja, a derrubada de dez km<sup>2</sup> de floresta em um município gera um aumento, em média, de 0,8% na incidência da infecção nos municípios vizinhos. Este efeito pode estar relacionado com a capacidade de migração do vetor, o *A. darlingi*, que possui um raio de deslocamento de até 7,2 km em nove dias (Charlwood e

<sup>7</sup> Este modelo é chamado de semielasticidade da variável dependente em relação aos regressores, pois, se multiplicar o coeficiente do regressor por 100, ter-se-á a variação percentual (ou taxa de crescimento) da variável dependente (Gujarati, 2011).

Alecrim, 1989). O efeito transbordamento também pode estar correlacionado com o desmatamento próximo à fronteira municipal, gerando um maior acesso do vetor à população dos municípios contíguos.

Como o desmatamento possui influência sobre o próprio município e nos municípios vizinhos, o efeito total pode ser obtido somando-se estes efeitos. Deste modo, estima-se um efeito total de um aumento de 2% nos casos de malária quando dez km<sup>2</sup> são desmatados. A relação positiva entre os casos de paludismo e desmatamento pode ser explicada pelas mudanças no meio ambiente, gerando condições propícias à reprodução vetor, além de potenciais mudanças no microclima da região modificada e a eliminação de predadores naturais dos vetores transmissores (Bauch et al., 2015).

**Tabela 2.** Efeitos diretos, indiretos e totais estimados para o modelo SDEM

	Efeito Direto	Efeito Indireto	Efeito Total
<i>Desmat</i>	0,0012*** (0,0002)	0,0008** (0,0003)	0,0020*** (0,0005)
<i>PIB</i>	-4,30e-09*** (1,25e-09)	-1,48e-09 (1,90e-09)	-5,78e-09** (2,75e-09)
<i>PIB<sup>2</sup></i>	2,95e-18** (1,31e-18)	7,39e-19 (1,75e-18)	3,69e-18 (2,76e-18)
<i>PIB<sup>3</sup></i>	-5,86e-28* (3,49e-28)	-1,75e-28 (4,41e-28)	-7,61e-28 (7,31e-28)
<i>Educ</i>	-0,0003*** (0,0001)	-0,0006*** (0,0001)	-0,0009*** (0,0002)
<i>Hab</i>	-8,37e-05 (0,0001)	1,92e-05 (0,0001)	-6,45e-05 (0,0001)
<i>Saúde</i>	0,0001 (0,0001)	0,0001 (0,0001)	0,0002 (0,0001)
<i>Gado</i>	-1,28e-06*** (2,83e-07)	-2,32e-06*** (4,52e-07)	-3,60e-06*** (7,45e-07)
<i>Algodão</i>	-0,0001 (0,0008)	-0,0013 (0,0013)	-0,0014 (0,0026)
<i>Arroz</i>	0,0016*** (0,0004)	0,0015** (0,0006)	0,0031*** (0,0010)
<i>Cacau</i>	-0,0078** (0,0031)	-0,0004 (0,0063)	-0,0082 (0,0051)
<i>Café</i>	-0,0001 (0,0001)	-0,0027 (0,0017)	-0,0028 (0,0027)
<i>Cana</i>	-0,0009 (0,0015)	-0,0045** (0,0021)	-0,0054 (0,0040)
<i>Mandioca</i>	-0,0008 (0,0011)	0,0002 (0,0016)	-0,0006 (0,0014)
<i>Milho</i>	0,0001 (0,0002)	0,0002 (0,0003)	0,0003 (0,0004)
<i>Soja</i>	-0,0006*** (0,0001)	-0,0005* (0,0002)	-0,0011*** (0,0003)

Fonte: Resultados da pesquisa. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10. Erro padrão entre parênteses.

Utilizam-se os termos quadráticos e cúbicos do PIB, pretendendo observar como ocorre a relação do PIB com a incidência de malária, buscando uma forma funcional correta para tal relação. Esta técnica é geralmente utilizada na literatura de economia ambiental, sendo mais comum em trabalhos que buscam evidências empíricas da Curva de Kuznets Ambiental. As estimativas indicam evidências de que o crescimento econômico, medido pelo Produto Interno Bruto, no que tange os efeitos diretos, possui uma relação em formato de N-invertido com os casos de malária. Este formato preconiza que nas fases iniciais de crescimento existe uma tendência de diminuição nos casos de paludismo. Entretanto, nos níveis

intermediários de renda ocorre a tendência de um aumento nos casos da infecção. Já, em um estágio mais avançado, a relação entre crescimento econômico e malária retorna a ser negativo, ou seja, em estágios mais avançados de crescimento, um aumento do PIB corrobora para a diminuição da incidência de malária.

O motivo da renda não ser correlacionada negativamente linear com os casos da doença pode ser explicado, em partes, pela migração. Castilla e Sawyer (1993) argumentam que melhores condições econômicas nas áreas endêmicas podem levar à maior migração para a região, aumentando os casos de contaminação por malária. Assim, como o modelo não controla a equação para a variável migração, a não linearidade entre crescimento e malária pode acontecer pela captação do efeito desta variável omitida. Desta forma, aumentos dos casos de malária em municípios com níveis intermediários de renda podem estar associados com o aumento da migração nestas localidades.

Apesar de existir evidências, tendo em vista os efeitos diretos, de que o crescimento possui uma relação com a malária em formato de N-invertido, este comportamento não é observado quando são analisados os efeitos indiretos. Deste modo, a relação entre renda e paludismo é negativamente linear, no que tange os efeitos indiretos, ou seja, em qualquer estágio de renda, um aumento do PIB em um município, tende a gerar uma diminuição dos casos de malária em seus vizinhos.

Em relação aos gastos municipais com educação, habitação e saúde, somente o primeiro possui efeito em relação à incidência de malária. Foi estimado que a cada cem reais *per capita* dependidos com educação reduz, em média, 3% dos casos de paludismo no município e 6% nos vizinhos, contabilizando, assim, um efeito total de redução de 9% dos casos da doença. A melhoria nos níveis educacionais da população pode atuar no combate à malária no sentido de promover práticas de prevenção da doença (Ayi et al., 2010). Vale ressaltar, portanto, que aumentos nos gastos com educação não necessariamente melhora os níveis educacionais da população (Monteiro, 2015).

Já os gastos municipais com habitação e saúde não foram significativos do ponto de vista estatístico. Apesar da não significância, o efeito total dos gastos com habitação foi negativo, entrando em consonância com a literatura da área, como Singer e Castro (2001). O fato desta variável não ser significativa pode expor a ineficiência dos gastos com habitação no combate à malária, visto que é primordial adequar às condições de moradia, via instalação de telas mosquiteiras e melhores condições de saneamento urbano, para que haja redução dos casos de paludismo.

Já o efeito dos gastos com saúde, apesar de não significativo, foi positivo, entrando em divergência com estudos sobre o tema (Cohen e Dupas, 2010). Tal fato pode decorrer de que, um aumento dos gastos com saúde pode incorrer em melhor eficiência na detecção da doença, aumentando assim as estatísticas municipais dos casos de paludismo. Por outra via, estes resultados podem expor certa ineficiência dos dispêndios com saúde, em razão de que a atenção primária à saúde pode ser crucial no combate ao paludismo.

Em relação ao desenvolvimento agropecuário, somente a pecuária bovina e o plantio de soja e de arroz possuíram efeitos totais significativos, enquanto áreas correspondentes de cacau possuem somente efeitos diretos e o plantio de cana somente efeitos indiretos significativos. No que diz respeito às culturas de algodão, café, mandioca e milho não foram encontradas evidências de alguma relação com os casos da doença.

Foram encontradas evidências de que o efetivo bovino possui uma relação negativa com a incidência do paludismo, tanto em relação ao efeito direto, quanto em relação ao efeito *spillover*. Uma explicação para esta relação negativa se deve ao fato de que, para alguns vetores, o sangue do gado é preferível ao sangue humano, esta ação é conhecida como *Zooprophylaxis*, ou seja, o desvio de insetos patogênicos de humanos para animais (Saul, 2003; Wielgoz et al., 2012). Apesar da existência de evidências que a criação de gado contribui para a diminuição da malária, deve-se ficar atento à correlação entre atividade pecuária e desmatamento, dado que a criação de gado é visto como um determinante importante do desmatamento na Amazônia (Faria e Almeida, 2015). Deste modo, revela-se uma limitação deste artigo, que não possui embasamento para estimar o efeito da conversão de matas nativas em pastagens nos casos de malária. A relação da criação de gado com massivo desmatamento pode ser uma justificativa alternativa para o sinal negativo do coeficiente, em razão de que a introdução de pastagens possui a capacidade de alterar bruscamente o ecossistema local, podendo até aumentar a distância entre floresta e população.

Outra atividade agrícola teve evidenciada uma relação negativa com os casos de paludismo foi o plantio de soja. Apesar da soja, na região analisada, ser uma cultura de irrigação – que geralmente colabora para a proliferação do vetor – as estimações revelaram uma correlação negativa entre área plantada de soja e casos de malária. Como, no Brasil, a cultura de soja possui características de ser uma atividade agrícola de capital intensivo, uma possível explicação para a relação negativa entre soja e paludismo é o *paddies paradox*, onde o desenvolvimento agrícola resulta em um aumento de renda para a comunidade, aumentando também a capacidade de proteção contra o vetor transmissor da doença (Asenso-Okyere et al., 2009). Outra explicação para a influência negativa da soja nos casos da doença, assim como na pecuária, é a abrupta mudança do ecossistema, culminando em uma distância maior entre floresta e áreas urbanas, uma vez que o plantio de soja é intrinsecamente relacionado com o desmatamento (Faria e Almeida, 2015).

O efeito *spillover* também é observado para a área plantada de soja em relação à malária, que assim como o efeito local, possui uma relação negativa com a doença. Deste modo, um aumento da área de soja em um município, tende a diminuir os casos de malária nos municípios contíguos. Somando-se os efeitos diretos e indiretos, conclui-se que o efeito total de cada adição de dez km<sup>2</sup> de soja, tende a diminuir, em média, 1,1% dos casos de malária, sendo que ocorrem 0,6% de redução no próprio município e 0,5% nos municípios vizinhos.

Diferentemente da cultura de soja, o plantio de arroz possui um impacto positivo na incidência de malária na Amazônia. A atividade orizícola--mesmo muito incipiente na região--possui a característica de utilizar intensa irrigação, conhecida por irrigação por inundação, criando assim condições propícias para a reprodução do vetor (Yasuoka e Levins, 2007). De acordo com as estimativas, a cada dez km<sup>2</sup> destinados ao plantio de arroz, possui um efeito total positivo de 3,1% na incidência de malária, sendo que 1,6% são efeitos diretos no município de origem da atividade e 1,5% são provenientes efeitos indiretos, refletidos nos municípios contíguos.

Apesar da não significância nos efeitos totais, as áreas de cacau e cana possuíram impactos negativos significativos nos efeitos diretos e indiretos, respectivamente. O plantio de cacau possui correlação negativa com os casos de paludismo, no que tange os efeitos diretos, podendo esta relação ser explicada pelo fato de que o cacau é uma cultura nativa da região, sendo supostamente relacionado com a conservação da floresta. Por fim, as áreas plantadas de algodão, café, milho e mandioca não tiveram impactos, do ponto de vista estatístico, nos casos de paludismo. Particularmente, era esperado que o plantio de milho tivesse um impacto positivo nos casos de malária, visto que alguns vetores, em sua forma larval, se alimentam do pólen do milho (Kebede et al., 2015).

## 6. Checagem de robustez dos resultados

Com o objetivo de verificar a robustez das estimativas dos resultados apresentados na seção anterior, foram estimados os modelos espaciais SEM, SAR, SAC, SLX e SDM, os confrontando com o modelo SDEM. Na Tabela 3 estão apresentados os efeitos diretos e indiretos<sup>8</sup> dos modelos descritos, ao passo de que a Tabela 4 apresenta os efeitos totais e também o Critério de Informação de Akaike (AIC)<sup>9</sup>.

Ressalta-se que os modelos SEM, SAR, SAC, SDM e SDEM são estimados via método da máxima verossimilhança, enquanto o modelo SLX é estimado via Efeitos Fixos, possivelmente gerando diferenças entre os coeficientes estimados. Frisa-se também que existem diferenças de interpretações entre os modelos apresentados, onde os modelos SAR, SAC e SDM são modelos de alcance global, incorporando um efeito *feedback* nos efeitos das variáveis, ao passo que os modelos SEM, SLX e SDEM são modelos de alcance local, sem qualquer efeito *feedback*.

Percebe-se, em relação aos efeitos diretos e indiretos, que existe consonância entre os modelos no que tange as variáveis de desmatamento, gastos municipais com habitação, educação e saúde, efetivo bovino, algodão, arroz, milho e soja. Já em relação aos efeitos totais, somente as variáveis PIB<sup>2</sup>, PIB<sup>3</sup>, café e cana possuíram divergências entre os coeficientes estimados.

<sup>8</sup> Ressalta-se que o modelo SEM não possui efeito indireto.

<sup>9</sup> AIC = -2LIK + 2p. Onde, LIK é o valor do log da função de Máxima Verossimilhança e p é a quantidade de parâmetros do modelo.

Os coeficientes que representam os impactos do desmatamento convergiram na totalidade dos modelos propostos. Em relação aos efeitos diretos, os coeficientes variaram de 0,0014 a 0,0012. Já os efeitos indiretos tiveram coeficientes estimados entre 0,0017 a 0,0008. Deste modo, em relação aos efeitos totais, só houve diferença entre as estimações na quarta casa decimal, variando de 0,0029 a 0,0020. Assim, conclui-se, via estimação dos modelos espaciais, que a cada dez km<sup>2</sup> desmatados aumenta-se a incidência de malária entre 2,9% a 2%.

Os coeficientes do crescimento econômico também dispõem de certa estabilidade, sendo que as variáveis PIB, PIB<sup>2</sup> e PIB<sup>3</sup> só tiveram diferenças entre os modelos na oitava, décima sétima e vigésima sétima casas decimais, respectivamente, em relação aos efeitos diretos, indiretos e totais. Em relação aos efeitos diretos, o PIB e o PIB<sup>2</sup> foram significativos na totalidade dos modelos, enquanto o termo cúbico só obteve significância nos modelos SEM, SAR e SDEM. Já no que tange os efeitos indiretos, o PIB e o PIB<sup>2</sup> só foram significativos nos modelos SAR e SAC, ao passo de que o PIB<sup>3</sup> só é significativo no modelo SAR. Deste modo, em relação aos efeitos totais, à medida que o PIB foi significativo em todos os modelos, o termo quadrático só apresentou significância nos modelos SEM, SAR e SAC e o PIB<sup>3</sup> exclusivamente no modelo SEM.

Os coeficientes estimados dos gastos municipais com educação, habitação e saúde convergiram em todos os modelos, sendo que, somente os gastos com educação foram significativos. Os dispêndios com educação, no que diz respeito aos efeitos diretos, teve coeficientes estimados entre -0,0004 e -0,0002, ao passo de que, nos efeitos indiretos, os coeficientes se encontram no intervalo entre -0,0009 e -0,0002. Assim sendo, os efeitos totais estimados dos dispêndios municipais com educação variaram de -0,0013 até -0,0002.

Em relação aos coeficientes estimados do efetivo de rebanho bovino, arroz e soja, houve convergência na totalidade dos modelos. No que tange os efeitos totais, a variável que representa o efetivo bovino teve seu coeficiente estimado entre -7,70e-07 a -4,37e-06, ao passo que os coeficientes estimados para a área plantada de arroz e soja estão contidos nos intervalos entre 0,0013 a 0,0039 e -0,0015 a -0,0005, respectivamente.

Houve divergências entre os modelos em relação os coeficientes das áreas plantadas de cacau, café e cana. No que tange os efeitos totais, o coeficiente estimado para a cultura de cacau foi significativo nos modelos SEM e SAR, sendo que nos modelos SLX e SDEM os coeficientes do cacau foram significativos somente no que tange os efeitos diretos. Os coeficientes previstos para o plantio do café só tiveram significância nos efeitos indiretos e totais para os modelos SLX e SDM. Já o plantio de cana obteve coeficiente significativo, em relação aos efeitos totais, somente no modelo SLX, sendo que nos modelos SLX, SDM e SDEM os coeficientes estimados para a cultura de cana foram significativos nos efeitos indiretos. Ademais, as áreas plantadas de algodão, milho e mandioca não possuíam coeficientes significativos em nenhum modelo estimado.

Sintetizando, ocorreu a convergência dos coeficientes estimados para diversos modelos espaciais, ante o modelo SDEM, o para o desmatamento, PIB, gastos municipais com educação, habitação e saúde, efetivo bovino e as áreas plantadas de algodão, arroz, mandioca, milho e soja. Diferentemente, os coeficientes estimados para o PIB<sup>2</sup>, PIB<sup>3</sup> e para as culturas de cacau, café e cana possuíam divergências entre os modelos, impossibilitando a inferência destas variáveis.

Na Tabela 4 também estão apresentados o coeficiente de correlação espacial ( $\lambda$ ), o coeficiente espacial autorregressivo ( $\rho$ ) e o AIC. O coeficiente de correlação espacial foi significativo em todos os modelos de erro espacial (SEM, SAC e SDEM), enquanto o coeficiente espacial autorregressivo também obteve significância na totalidade dos modelos de lag espacial (SAR, SAC e SDM). Apesar da significância do coeficiente espacial autorregressivo, a intenção do artigo não é a interpretação de modelos espaciais globais, visto que o fenômeno em questão possui características locais. Por fim, o Critério de Informação de Akaike preconiza que o melhor modelo é aquele que possui menor valor AIC. Apesar de as estimações indicarem que o melhor modelo estimado é o SAC, frisa-se, novamente, que o objetivo do trabalho não é obter estimativas de coeficientes com o efeito *feedback*, estimando o modelo SDEM, que quando comparado com os demais modelos locais, SEM e SLX, possui o menor AIC.

**Tabela 3** Efeitos diretos e indiretos dos modelos SEM, SAR, SAC, SLX, SDM e SDEM.

	SEM		SAR		SAC		SLX		SDM		SDEM	
	ED		ED	EI	ED	EI	ED	EI	ED	EI	ED	EI
<i>Desmat</i>	0,0014*** (0,0002)		0,0014*** (0,0002)	0,0010*** (0,0001)	0,0012*** (0,0002)	0,0017*** (0,0003)	0,0012*** (0,0003)	0,0009** (0,0003)	0,0012*** (0,0002)	0,0010** (0,0005)	0,0012*** (0,0002)	0,0008** (0,0003)
<i>PIB</i>	-4,66e-09*** (1,18e-09)		-4,86e-09*** (1,36e-09)	-3,45e-09*** (9,66e-10)	-4,07e-09*** (1,39e-09)	-5,41e-09*** (1,80e-09)	-4,07e-09*** (1,46e-09)	-2,94e-09 (1,97e-09)	-3,76e-09*** (1,33e-09)	-2,35e-09 (2,30e-09)	-4,30e-09*** (1,25e-09)	-1,48e-09 (1,90e-09)
<i>PIB<sup>2</sup></i>	2,80e-18*** (1,05e-18)		3,07e-18** (1,26e-18)	2,18e-18** (8,79e-19)	2,73e-18* (1,44e-18)	3,60e-18** (1,83e-18)	2,63e-18* (1,35e-18)	8,58e-19 (1,67e-18)	2,48e-18* (1,28e-18)	7,97e-19 (2,28e-18)	2,95e-18** (1,31e-18)	7,39e-19 (1,75e-18)
<i>PIB<sup>3</sup></i>	-4,78e-28* (2,64e-28)		-5,66e-28* (3,26e-28)	-4,01e-28* (2,28e-28)	-5,48e-28 (3,74e-28)	-7,20e-28 (4,81e-28)	-5,15e-28 (3,46e-28)	-1,29e-28 (4,11e-28)	-4,83e-28 (3,32e-28)	-1,82e-28 (5,83e-28)	-5,86e-28* (3,49e-28)	-1,75e-28 (4,41e-28)
<i>Educ</i>	-0,0002** (0,0001)		-0,0003*** (0,0001)	-0,0002*** (5,26e-05)	-0,0003*** (0,0001)	-0,0004** (0,0001)	-0,0004*** (0,0001)	-0,0009*** (0,0001)	-0,0003*** (0,0001)	-0,0009*** (0,0001)	-0,0003*** (0,0001)	-0,0006*** (0,0001)
<i>Hab</i>	-5,46e-05 (0,0001)		-7,93e-05 (0,0001)	-5,63e-05 (5,98e-05)	-0,0001 (0,0001)	-0,0001 (0,0001)	-6,74e-05 (0,0001)	-4,19e-05 (0,0002)	-7,98e-05 (0,0001)	-5,62e-05 (0,0001)	-8,37e-05 (0,0001)	1,92e-05 (0,0001)
<i>Saúde</i>	-3,39e-07 (0,0001)		-5,89e-05 (0,0001)	-4,19e-05 (0,0001)	0,0001 (0,0001)	0,0002 (0,0001)	0,0002 (0,0001)	0,0001 (0,0001)	0,0001 (0,0001)	0,0002 (0,0002)	0,0001 (0,0001)	0,0001 (0,0001)
<i>Gado</i>	-7,70e-07*** (2,68e-07)		-1,25e-06*** (2,79e-07)	-8,87e-07*** (2,04e-07)	-1,45e-06*** (2,75e-07)	-1,95e-06*** (3,94e-07)	-1,21e-06 (3,32e-07)	-2,54e-06*** (4,99e-07)	-1,30e-06*** (2,72e-07)	-3,07e-06*** (7,03e-07)	-1,28e-06*** (2,83e-07)	-2,32e-06*** (4,52e-07)
<i>Algodao</i>	0,0005 (0,0007)		0,0003 (0,0007)	0,0002 (0,0005)	2,38e-05 (0,0008)	2,23e-05 (0,0011)	0,0002 (0,0009)	0,0006 (0,0013)	0,0002 (0,0008)	-0,0005 (0,0021)	-0,0001 (0,0008)	-0,0013 (0,0013)
<i>Arroz</i>	0,0013*** (0,0004)		0,0015** (0,0004)	0,0011*** (0,0003)	0,0017*** (0,0004)	0,0022*** (0,0006)	0,0015*** (0,0005)	0,0014** (0,0007)	0,0015*** (0,0004)	0,0021** (0,0009)	0,0016*** (0,0004)	0,0015** (0,0006)
<i>Cacau</i>	-0,0082** (0,0028)		-0,0063** (0,0031)	-0,0045** (0,0022)	-0,0035 (0,0030)	-0,0046 (0,0040)	-0,0074** (0,0052)	0,0045 (0,0046)	-0,0045 (0,0031)	-0,0036 (0,0060)	-0,0078** (0,0031)	-0,0004 (0,0063)
<i>Café</i>	-1,31e-05 (0,0002)		-0,0014 (0,0012)	-0,0001 (0,0001)	-0,0002 (0,0001)	-0,0002 (0,0002)	-0,0001 (0,0001)	-0,0007*** (0,0002)	-0,0001 (0,0001)	-0,0007*** (0,0002)	-0,0001 (0,0001)	-0,0027 (0,0017)
<i>Cana</i>	0,0016 (0,0013)		0,0001 (0,0016)	3,47e-06 (0,0012)	-0,0016 (0,0017)	-0,0021 (0,0022)	-0,0007 (0,0017)	-0,0044** (0,0022)	-0,0009 (0,0017)	-0,0072** (0,0028)	-0,0009 (0,0015)	-0,0045** (0,0021)
<i>Mandioca</i>	-0,0008 (0,0009)		-0,0012 (0,0011)	-0,0008 (0,0007)	-0,0007 (0,0011)	-0,0009 (0,0014)	-0,0007 (0,0012)	-0,0009 (0,0017)	-0,0012 (0,0011)	-0,0002 (0,0002)	-0,0008 (0,0011)	0,0009** (0,0004)
<i>Milho</i>	-2,38e-06 (0,0002)		0,0011 (0,0017)	-0,0001 (0,0001)	0,0002 (0,0002)	0,0003 (0,0002)	0,0001 (0,0002)	0,0001 (0,0004)	0,0002 (0,0002)	0,0005 (0,0005)	0,0001 (0,0002)	0,0002 (0,0003)
<i>Soja</i>	-0,0005*** (0,0001)		-0,0007*** (0,0001)	-0,0004*** (0,0001)	-0,0006*** (0,0001)	-0,0008*** (0,0002)	-0,0005*** (0,0001)	-0,0004* (0,0002)	-0,0006*** (0,0001)	-0,0006* (0,0004)	-0,0008** (0,0003)	-0,0005* (0,0002)

Fonte: Resultados da pesquisa. \*\*\* p &lt; 0,01; \*\* p &lt; 0,05; \* p &lt; 0,10. Erro padrão entre parênteses.



Tabela 4. Efeitos totais dos modelos SAR, SAC, SLX, SDM e SDEM

	SEM	SAR	SAC	SLX	SDM	SDEM
<b>Desmat</b>	0,0014*** (0,0002)	0,0024*** (0,0003)	0,0029*** (0,0004)	0,0021*** (0,0001)	0,0023*** (0,0006)	0,0020*** (0,0005)
<b>PIB</b>	-4,66e-09*** (1,18e-09)	-8,32e-09*** (2,32e-09)	-9,48e-09*** (3,18e-09)	-7,01e-09** (3,28e-09)	-6,11e-09** (2,87e-09)	-5,78e-09** (2,75e-09)
<b>PIB<sup>2</sup></b>	2,80e-18*** (1,05e-18)	5,25e-18** (2,14e-18)	6,34e-18** (3,27e-18)	3,49e-18 (2,84e-18)	3,27e-18 (3,11e-18)	3,69e-18 (2,76e-18)
<b>PIB<sup>3</sup></b>	-4,78e-28* (2,64e-28)	-9,67e-28* (5,53e-28)	-1,27e-27 (8,55e-28)	-6,44e-28 (7,15e-28)	-6,65e-28 (8,17e-28)	-7,61e-28 (7,31e-28)
<b>Educ</b>	-0,0002** (0,0001)	-0,0005*** (0,0001)	-0,0007*** (0,0002)	-0,0013*** (0,0002)	-0,0012*** (0,0002)	-0,0009*** (0,0002)
<b>Hab</b>	-5,46e-05 (0,0001)	-0,0001 (0,0001)	-0,0002 (0,0002)	-0,0001 (0,0002)	-0,0001 (0,0002)	-6,45e-05 (0,0001)
<b>Saúde</b>	-3,39e-07 (0,0001)	-0,0001 (0,0002)	0,0003 (0,0002)	0,0003 (0,0002)	0,0003 (0,0002)	0,0002 (0,0001)
<b>Gado</b>	-7,70e-07*** (2,68e-07)	-2,13e-06*** (4,81e-07)	-3,40e-06*** (6,64e-07)	-3,75e-06*** (8,57e-07)	-4,37e-06*** (8,29e-07)	-3,60e-06*** (7,45e-07)
<b>Algodão</b>	0,0005 (0,0007)	0,0005 (0,0013)	4,61e-05 (0,0018)	0,0008 (0,0026)	-0,0003 (0,0027)	-0,0014 (0,0026)
<b>Arroz</b>	0,0013*** (0,0004)	0,0026*** (0,0007)	0,0039*** (0,0010)	0,0029** (0,0011)	0,0036*** (0,0012)	0,0031*** (0,0010)
<b>Cacau</b>	-0,0082** (0,0028)	-0,0107** (0,0052)	-0,0081 (0,0070)	-0,0120 (0,0078)	-0,0009 (0,0080)	-0,0082 (0,0051)
<b>Café</b>	-1,31e-05 (0,0002)	-0,0002 (0,0002)	-0,0004 (0,0003)	-0,0008** (0,0003)	-0,0008*** (0,0003)	-0,0028 (0,0027)
<b>Cana</b>	0,0016 (0,0013)	1,86e-05 (0,0028)	-0,0038 (0,0039)	-0,0051 (0,0043)	-0,0081** (0,0040)	-0,0054 (0,0040)
<b>Mandioca</b>	-0,0008 (0,0009)	-0,0020 (0,0018)	-0,0016 (0,0025)	-0,0016 (0,0030)	-0,0014 (0,0030)	-0,0006 (0,0014)
<b>Milho</b>	-2,38e-06 (0,0002)	0,0001 (0,0003)	0,0005 (0,0004)	0,0002 (0,0003)	0,0007 (0,0006)	0,0003 (0,0004)
<b>Soja</b>	-0,0005*** (0,0001)	-0,0011*** (0,0003)	-0,0015*** (0,0004)	-0,0009** (0,0004)	-0,0012*** (0,0004)	-0,0011*** (0,0003)
<b><math>\lambda</math></b>	0,4779*** (0,0115)		0,6667*** (0,0139)			0,4576*** (0,0118)
<b><math>\rho</math></b>		0,4714*** (0,0110)	-0,3463*** (0,0267)		0,4559*** (0,0113)	
<b>AIC</b>	9044,993	8960,563	8830,986	10142,53	8938,712	8903,441

Fonte: Resultados da pesquisa. \*\*\* p < 0,01; \*\* p < 0,05; \* p < 0,10. Erro padrão entre parênteses.

## 7. Conclusão

O objetivo deste estudo foi buscar evidências de como o paludismo possui relações com diversas atividades econômicas, que por sua vez possuem a capacidade de alterar o meio ambiente, podendo gerar condições propícias ou hostis à proliferação do vetor transmissor da malária. Especificamente, foi estimada a relação dos casos de paludismo com o desmatamento, crescimento econômico, desenvolvimento agrícola e gastos públicos municipais. O artigo também contribui para a literatura ao realizar uma análise econométrica-espacial, viabilizando a apreciação de efeitos *spillovers* municipais das variáveis em estudo sobre a incidência de malária.

Foram encontrados indícios de que o desmatamento da floresta amazônica contribui para a propagação dos casos de malária. Estima-se de a cada dez km<sup>2</sup> de mata nativa desmatada aumentam-se, em média, de 1,2% a 1,4% as internações por malária no próprio município onde ocorreu o

desmatamento. O desmatamento localizado em certo município também possui influência sobre os casos de paludismo nos municípios vizinhos, sendo que, dez km<sup>2</sup> de desmatamento geram um efeito *spillover* de incremento da doença na ordem de 0,9% a 1,7%. Assim, o efeito total de dez km<sup>2</sup> de desmatamento aumenta de 1,4% a 2,9% os casos de infecção por malária. Deste modo, este artigo expõe que a prática do desmatamento causa externalidades além da perda de biodiversidade e emissões de gases de efeito estufa, afetando também a população no que tange a epidemia de malária.

Em relação ao crescimento econômico, existem evidências de que existe um comportamento de N-invertido em relação à incidência de malária, tendo em vista os efeitos diretos. Tal comportamento não foi evidenciado quando se considera o efeito transbordamento, implicando com que os efeitos totais demonstrassem uma relação linear negativa entre malária e crescimento econômico.

No tocante sobre os gastos municipais, somente os gastos com educação exerceram efeitos sobre os casos de paludismo, onde, a cada cem reais *per capita* gastos em educação tende a diminuir 9% dos casos de paludismo. Os gastos com saúde e habitação não exerceram efeitos sobre a infecção por malária.

Tendo em vista o desenvolvimento agropecuário, os resultados estimados indicaram que o efetivo total de bovinos e o plantio de soja possuem relação negativa com a malária, enquanto a cultura de arroz possui associação positiva com os casos de paludismo. Os resultados foram inconclusivos para as culturas de algodão, cacau, café, cana, mandioca e milho.

A justificativa dos efeitos negativos da atividade pecuária pode ser reflexo da *Zooprophylaxis*, em que ocorre o desvio de insetos patogênicos de humanos para animais (Saul, 2003). Já no que tange os efeitos da soja, a relação negativa com o número de casos da doença pode estar associado à ocorrência de *paddies paradox*, onde um aumento da quantidade de vetores não necessariamente aumenta os casos de malária, em que aumento da renda proveniente da soja pode elevar a capacidade de proteção contra o vetor (Asenso-Okyerere et al., 2009). Uma explicação alternativa para a relação negativa de ambas as atividades está na capacidade de transformação do meio ambiente, promovido pelas pastagens e pelo plantio da soja, sendo capaz de aumentar a distância entre floresta e população.

Deste modo, este estudo contribui para a formulação de políticas públicas de saúde no combate ao paludismo, indicando como diversas atividades econômicas afetam a dinâmica de infecção por malária. Este trabalho também colabora com a literatura no sentido de mostrar a importância de se realizar estimativas espaciais a cerca da incidência de malária, evidenciando que estimativas que não levam em conta os efeitos *spillovers* podem subestimar os efeitos das atividades, como o desmatamento, na incidência da doença. A importância de contabilizar os efeitos transbordamentos ocorre devido à capacidade de migração do vetor, que chega a se movimentar em até 7km a cada nove dias (Charlwood e Alecrim, 1989). Assim, conclui-se que a estimação espacial é de suma importância para o fenômeno em estudo.

Ademais, este trabalho deixa uma lacuna na influência do clima, como a pluviosidade e temperatura média. Também não foi possível verificar, especificamente, como a substituição de terras nativas para terras agrícolas possui influência sobre os casos da doença, como por exemplo, a verificação da conversão de florestas em pastagens. Deste modo, indica-se, para trabalhos futuros, a inclusão de variáveis climáticas e variáveis que captam a mudança no uso do solo.

## 8. Referências

- Acemoglu, Daron; and Simon Johnson.** 2007. "Disease and Development: The Effect of Life Expectancy on Economic Growth." *Journal of Political Economy*, 115(6): 925–85.
- Almeida, Eduardo Simões.** 2012. *Econometria Espacial Aplicada*. Campinas, SP: Editora Alínea.
- Amerasinghe FP, Ariyasena TG.** 1990. "Larval Survey of Surface Water-Breeding Mosquitoes during Irrigation Development in the Mahaweli Project, Sri Lanka". *Journal of Medical Entomology* 27(5): 789–802.
- Anselin, L.** 1988. *Spatial Econometrics: Methods and Models*, Kluwer, Dordrecht.
- Asenso-Okyerere, Kwadwo; Felix A. Asante; Jifar Tarekegn; Kwaw S. Adam.** 2009. "The Linkages between Agriculture and Malaria". *International Food Policy Research Institute: Discussion Paper* 00861. Disponível: <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/29795>

- Assunção, Juliano; Clarissa C. e Gandour; Rudi Rocha.** 2012. "Deforestation Slowdown in the Legal Amazon: Prices or Policies?". *Climate Policy Initiative, Rio de Janeiro*. Disponível: <http://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2012/03/Deforestation-Prices-or-Policies-Working-Paper.pdf>. Acesso em 05/05/2016.
- Ayi, Irene; Daisuke Nonaka; Josiah K Adjovu; Shigeki Hanafusa; Masamine Jimba; Kwabena M Bosompem; Tetsuya Mizoue; Tsutomu Takeuchi; Daniel A Boakye e Jun Kobayashi.** 2010. "School-based participatory health education for malaria control in Ghana: engaging children as health messengers". *Malaria Journal*, 9(98): DOI: 10.1186/1475-2875-9-98.
- Bauch, Simone C.; Anna M. Birkenbach; Subhrendu K. Pattanayak; and Erin O. Sills.** 2014. "Public Health Impacts of Ecosystem Change in the Brazilian Amazon". *Proceedings of the National Academy of the United States of America (PNAS)*, 112(24): 7414–7419.
- Bloom, David E.; and Jeffrey D. Sachs.** 1998. "Geography, Demography, and Economic Growth in Africa." *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, pp. 207–295.
- Bosello, Francesco; Roberto Roson; Richard S.J. Tol.** 2006. "Economic-Wide Estimates of the Implications of Climate Change: Human Health". *Ecological Economics*, 58(3): 579-591.
- Bødker, R; Akida J; Shayo D; Kisinza W; Msangeni HA; Pedersen EM; Lindsay SW.** 2003. "Relationship between Altitude and Intensity of Malaria Transmission in the Usambara Mountains, Tanzania." *Journal of Medical Entomology*, 40(5): 706-717.
- Castilla, Rogelio E. Fernandez; and Diana Oya Sawyer.** 1993. "Malaria Rates and Fate: a Socioeconomic Study of Malaria in Brazil". *Social Science & Medicine*, 37(9): 1137–1145.
- Charlwood, Jacques D.; W. A. Alecrim.** 1989. "Capture-recapture studies with the South American malaria vector *Anopheles darlingi*, Root". *Annals of tropical Medicine and Parasitology*, 86(6): 569-576.
- Cohen, Jessica; and Pascaline Dupas.** 2010. "Free Distribution or Cost-Sharing? Evidence from a Randomized Malaria Prevention Experiment." *Quarterly Journal of Economics*, 125(1): 1-45.
- Cutler, David; Winnie Fung; Michael Kremer; Monica Singhal e Tom Vogl.** 2010. "Early-Life Malaria Exposure and Adult Outcomes: Evidence from Malaria Eradication in India." *American Economic Journal: Applied Economics*, 2(2): 72-94.
- Duffy, Patrick E. and Robert S. Desowitz.** 2001. "Pregnancy Malaria Throughout History: Dangerous Labors." In *Malaria in Pregnancy: Deadly Parasite, Susceptible Host*, ed. Patrick E. Duffy and Michal Fried, 1–27.
- Elhorst, J.P.** 2003. "Specification and Estimation of Spatial Panel Data Models". *International Regional Science Review*, 26(3): 224-268.
- Faria, Weslem Rodrigues; e Alexandre Nunes Almeida.** 2015. "Relationship between Openness to Trade and Deforestation: Empirical Evidence from the Brazilian Amazon". *Ecological Economics*, 121: 85-97.
- Greene, W. H.** 2012. *Econometric Analysis*. Seventh Edition. Pearson
- Garg, T.** 2014. "Public health effects of natural resource degradation: evidence from deforestation in Indonesia". *Agricultural and Applied Economics Association, Annual Meeting, July 27-29, 2014, Minneapolis, Minnesota*. Disponível: [http://economics.cornell.edu/sites/default/files/files/events/Teevrat.Garg\\_JMP\\_August%20\(2\).pdf](http://economics.cornell.edu/sites/default/files/files/events/Teevrat.Garg_JMP_August%20(2).pdf) Acesso em: 30/04/2016.
- Gujarati, Damodar N.** 2011. *Econometria Básica*. 5 ed. Porto Alegre, RS: AMGH.
- Hahn MB; Gangnon RE; Barcellos C; Asner GP; Patz JA.** 2014. "Influence of Deforestation, Logging, and Fire on Malaria in the Brazilian Amazon". *PLoS ONE*, 9(1): e85725. doi:10.1371/journal.pone.0085725.
- IBGE.** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA - Disponível: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=3939&z=p&o=28>
- IPEA.** Instituto de Pesquisa em Economia Aplicada, IPEA data. Disponível: <http://www.ipeadata.gov.br/>.
- Kebede, Asnakew; James C. Mccann; Anthony E. Kiszewski; e Yemane Ye-Ebiyo.** 2005. "New Evidence of the Effects of Agro-Ecologic Change on Malaria Transmission". *America Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 73(4): 676–680.

- LeSage, J.P. and R.K. Pace.** 2009. *Introduction to Spatial Econometrics*, Taylor & Francis CRC Press, Boca Raton.
- Lucas, Adrienne M.** 2010. "Malaria Eradication and Educational Attainment: Evidence from Paraguay and Sri Lanka." *American Economic Journal: Applied Economics*, 2(2): 46-71.
- Marques Agostinho Cruz** 1987. "Human migration and the spread of malaria in Brazil". *Parasitology Today*, 3(6): 166–170.
- Miguel, Edward, and Michael Kremer.** 2004. "Worms: Identifying Impacts on Education and Health in the Presence of Treatment Externalities." *Econometrica*, 72(1): 159–217.
- Ministério da Saúde.** 2015. Portal da Saúde. Disponível: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/leia-mais-o-ministerio/662-secretaria-svs/vigilancia-de-a-a-z/malaria/11783-publicacoes-malaria>.
- Monteiro, Joana.** 2015. "Gasto Público em Educação e Desempenho Escolar". *Revista Brasileira de Economia*, 69(4): <http://dx.doi.org/10.5935/0034-7140.20150022>.
- Olson, Sarah H.; Ronald Gangnon; Guilherme Abbad Silveira; and Jonathan A. Patz.** 2010. "Deforestation and Malaria in Mâncio Lima County, Brazil". *Emerging Infectious Diseases*, 16(7): 1108-1115.
- Patz, Jonathan A., Thaddeus K. Graczyk, Nina Geller, Amy Y. Vittor.** 2000. "Effects of Environmental Change on Emerging Parasitic Diseases". *International Journal for Parasitology*, 30(12-13): 1395-1405.
- PRODES.** Coordenação Geral de Observação da Terra. Disponível: [www.obt.inpe.br/prodes](http://www.obt.inpe.br/prodes)
- Sachs, Jeffrey and Pia Malaney.** 2002. "The Economic and Social Burden of Malaria". *Nature* 415, 680-685.
- Saccaro Junior, Nilo Luiz; Lucas Ferreira Mation; Patrícia Alessandra Morita Sakowski.** 2015. "Impacto do Desmatamento Sobre a Incidência de Doenças na Amazônia". *Texto para a discussão 2142 (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada)*. Disponível: [http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=26458](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=26458). Acesso em: 22/04/2016.
- Saul, Allan.** 2003. "Zooprophylaxis or Zoopotential: The Outcome of Introducing Animals on Vector Transmission is Highly Dependent on the Mosquito Mortality While Searching". *Malaria Journal*, 2(32): 01-18.
- Singer, Burton H.; Marcia Caldas de Castro.** 2001. "Agricultural Colonization and Malaria on the Amazon Frontier". *Annals of the New York Academy of Sciences*, 954: 184–222.
- Valle D; Clark J.** 2013. "Conservation Efforts May Increase Malaria Burden in the Brazilian Amazon". *PLoS ONE*, 8(3): e57519. doi:10.1371/journal.pone.0057519.
- Vega, Solmaria Halleck e, J. Paul Elhorst.** 2013. *53rd ERSA Palermo, August 27-31, 2013*. Disponível: [http://www.sre.wu.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa13/ERSA2013\\_paper\\_00222.pdf](http://www.sre.wu.ac.at/ersa/ersaconfs/ersa13/ERSA2013_paper_00222.pdf). Acesso em: 17/05/2016.
- Wielgoz, Benjamin; Margaret Mangheni; Daniel Tsegai; e Claudia Ringler.** 2012. "Malaria and Agriculture". *International Food Policy Research Institute: Discussion Paper 01232*. Disponível: <http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Malaria%20and%20Agriculture.pdf>. Acesso: 15/06/2016.
- WHO.** 2016. World Health Organization. Disponível: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094>.
- Yasuoka, J., and R. Levins.** 2007. "Impact of Deforestation and Agricultural Development on Anopheline Ecology and Malaria Epidemiology". *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 76 (3): 450–460.