



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Sociais Aplicadas
Programa de Pós-Graduação em Economia

Avaliação do Impacto da Lista de Municípios Prioritários no Bioma Amazônia sobre Indicadores de Saúde e Produtividade Pecuária

Ana Karolina Acris Melo

João Pessoa - PB
2020

Ana Karolina Acris Melo

**Avaliação do Impacto da Lista de Municípios Prioritários
no Bioma Amazônia sobre Indicadores de Saúde e
Produtividade Pecuária**

Dissertação apresentado ao Programa de
Pós-Graduação em Economia da Universi-
dade Federal da Paraíba - UFPB como parte
dos requisitos necessários à obtenção do tí-
tulo de Mestre em Economia.

Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Sociais Aplicadas
Programa de Pós-Graduação em Economia

Orientador: Dr. Paulo Aguiar do Monte
Coorientador: Dr. Aléssio Tony Cavalcanti de Almeida

João Pessoa - PB

2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M528a Melo, Ana Karolina Acris.

Avaliação do impacto da lista de municípios prioritários no bioma Amazônia sobre indicadores de saúde e produtividade pecuária / Ana Karolina Acris Melo. - João Pessoa, 2020.
68 f. : il.

Orientação: Paulo Aguiar do Monte Monte.

Coorientação: Aléssio Tony Cavalcanti de Almeida Almeida.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/PPGE.

1. Proteção do meio ambiente. 2. Lista de municípios prioritários. 3. Avaliação de impacto. 4. Bioma - Amazônia. I. Monte, Paulo Aguiar do. II. Almeida, Aléssio Tony Cavalcanti de. III. Título.

UFPB/BC

CDU 504.06(043)



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Sociais Aplicadas
Programa de Pós-Graduação em Economia

Campus Universitário I – Cidade Universitária – CEP 58.059-900 – João Pessoa – Paraíba
Telefone: (83) 3216-7482 – <http://www.ccsa.ufpb.br/ppge> – E-mail: ppge.ccsa@gmail.com

Ata da reunião da Banca Examinadora designada para avaliar o trabalho de dissertação da mestranda **ANA KAROLINA ACRIS MELO** submetida para obtenção do grau de mestre em Economia área de concentração em **Economia Aplicada**.

Aos dezenove dias do mês de fevereiro do ano dois mil e vinte, às quatorze horas, na Sala 01 do Bloco da Pós-Graduação, do Centro de Ciências Sociais Aplicadas, da Universidade Federal da Paraíba, reuniu-se em cerimônia pública os membros da Banca Examinadora, constituída pelos professores doutores **PAULO AGUIAR DO MONTE** (Orientador) da Universidade Federal da Paraíba, **WALLACE PATRICK SANTOS DE FARIAS SOUZA**, (Examinador Interno) da Universidade Federal da Paraíba e **ANTONIO VINICIUS BARROS BARBOSA** (Examinador Externo), da Universidade Federal da Paraíba, a fim de examinarem o candidato ao grau de mestre em Economia, área de concentração em **Economia Aplicada**, **ANA KAROLINA ACRIS MELO**. Além dos examinadores e do examinando, compareceram também, representantes do Corpo Docente e do Corpo Discente. Iniciando a sessão, o professor **PAULO AGUIAR DO MONTE**, na qualidade de presidente da Banca Examinadora, comunicou aos presentes qual o fim da reunião e os procedimentos de encaminhamento da mesma. A seguir concedeu à palavra ao candidato, para que fizesse oralmente a exposição do trabalho, apresentado sob o título: **“Avaliação do impacto da lista de municípios prioritários no Bioma Amazônia sobre indicadores de saúde e produtividade na pecuária”**. Concluída a exposição, o senhor presidente, solicitou que fosse feita a arguição por cada um dos examinadores. Concedida a palavra ao candidato, para que respondesse e esclarecesse às questões levantadas. Terminadas as arguições, a Banca Examinadora, passou a proceder a avaliação e ao julgamento da candidata. Em seguida, o senhor presidente comunicou aos presentes que a Banca Examinadora, por unanimidade, **aprovou** a dissertação apresentada e defendida com o conceito **APROVADO**, concedendo assim, o grau de **Mestre em Economia**, área de concentração em **Economia Aplicada**, à mestranda **ANA KAROLINA ACRIS MELO**. E, para constar, eu, Ricardo Madeira Cataldi, secretário *ad hoc* do Programa de Pós-Graduação em Economia, lavrei a presente ata, que assino junto com os membros da Banca Examinadora. João Pessoa, 19 de fevereiro de 2020.

Pl/Cássio da Nóbrega Besarria
Prof. Dr. PAULO AGUIAR DO MONTE

Orientador– UFPB

Pl/Cássio da Nóbrega Besarria
Prof. Dr. WALLACE PATRICK SANTOS DE FARIAS SOUZA

Examinador Interno – UFPB

Pl/Cássio da Nóbrega Besarria
Prof. Dr. ANTONIO VINICIUS BARROS BARBOSA

Examinador Externo – UFPB

Ricardo MC
Ricardo Madeira Cataldi

Secretário *ad hoc* – PPGE/CCSA/ UFPB

*Dedico este trabalho à minha mãe, Flor de Maria,
à minha irmã, Karollyne, e à memória de meu pai,
Narciso Cavalcante.*

Resumo

Em 2008, o Ministério do Meio Ambiente do Brasil listou municípios do Bioma Amazônia com alto histórico de desmatamento. Nesses municípios as atividades policiais e de monitoramento foram intensificadas, como também sanções econômicas e pressões políticas foram impostas. Diante disso, o objetivo geral deste documento será examinar os efeitos da Lista de Municípios Prioritários (LMP) sobre três variáveis de impacto dos municípios listados entre 2008 a 2017, a saber: um índice de doenças relacionadas ao desmatamento, produtividade agrícola e produtividade na pecuária leiteira. A mensuração do impacto da Política de Municípios Prioritários será feita a partir da combinação de dois métodos usuais nesse tipo de análise, a saber: *Propensity Score Matching* e Diferenças em Diferenças (DD). Os resultados indicam que a Lista de Municípios Prioritários (LMP) causou uma redução de 28,2% nos casos de internações por doenças respiratórias, diarreia, dengue e malária nos municípios atingidos pelo programa. Além disso, a LMP foi responsável por aumentar a produtividade da pecuária leiteira em 11,3% nos municípios tratados, sugerindo que políticas de conservação ambiental que impõem restrições à quantidade de terras disponíveis para expansão agrícola e pecuária induzem à intensificação do processo produtivo.

Palavras-chave: Lista de Municípios Prioritários. Avaliação de Impacto. Bioma Amazônia.

Abstract

In 2008, the Brazilian Ministry of the Environment listed municipalities in the Amazon Biome with a high history of deforestation. Not only have police and monitoring activities been intensified, but also economic sanctions and political pressure have been imposed on these municipalities. Therefore, the general objective of this document will be to examine the effects of the List of Priority Municipalities on three impact variables of the municipalities listed between 2008 and 2017, namely: an index of diseases related to deforestation, agricultural productivity and productivity in dairy farming. The measurement of the impact of the Priority Municipalities Policy will be made by combining two usual methods in this type of analysis, namely: textit Propensity Score Matching and Differences in Differences. The results indicate that the List of Priority Municipalities (LMP) caused a reduction of 28.2 % in cases of hospitalizations for respiratory diseases, diarrhea, dengue and malaria in the municipalities affected by the program. In addition, the LMP was responsible for increasing the productivity of dairy farming by 11.3 % in the treated municipalities, suggesting that environmental conservation policies that impose restrictions on the amount of land available for agricultural and livestock expansion lead to the intensification of the production process.

Keywords: Policy of Priority Municipalities. Impact Assessment . Amazon Biome.

Lista de tabelas

Tabela 1 – Estatística Descritiva das Variáveis	34
Tabela 2 – Internações anuais por tipo de doença segundo condição de tratamento	35
Tabela 3 – Resultados da estimação do modelo Logit para a probabilidade dos municípios serem listados em 2007	41
Tabela 4 – Resultado do Teste de Balanceamento de Médias após o pareamento com dois vizinhos mais próximos	44
Tabela 5 – Estimativas de impacto da Lista de Municípios Prioritários sobre o Índice de Saúde de doenças relacionadas ao desmatamento (2006-2017). Especificação DD Convencional (efeito médio homogêneo) . .	46
Tabela 6 – Estimativas de impacto da Lista de Municípios Prioritários sobre a Produtividade Agrícola e Pecuária (2006-2017). Especificação DD Convencional (efeito médio homogêneo)	50
Tabela A.1–Lista De Municípios Prioritários por ano de adesão e saída	62
Tabela A.2–Efeitos Marginais da estimação do modelo Logit para a probabilidade dos municípios serem listados em 2007	64
Tabela A.3–Estatísticas de diferenças de média para as variáveis utilizadas antes e depois do balanceamento	65
Tabela A.4–Resultado do modelo de diferenças em diferenças com efeitos fixos.	67
Tabela A.5–Lista de Códigos Internacionais de Doença (CID-10) usados para classificar as internações relacionadas a doenças respiratórias, dengue, malária e diarreia	69

Lista de ilustrações

Figura 1 – Municípios Prioritários e de Controle da LMP no Bioma Amazônia	26
Figura 2 – Relação entre o índice de doenças e o PIB <i>per capita</i> dos municípios do Bioma Amazônia	36
Figura 3 – Evolução do índice de internações hospitalares por grupos de municípios tratados e de controle da LMP no período de 2006 a 2017 - dengue, malária, diarreia e doenças respiratórias	37
Figura 4 – Evolução da produtividade agrícola por grupos de municípios tratados e de controle da LMP no período de 2006 a 2017	38
Figura 5 – Evolução da produtividade na pecuária leiteira por grupos de municípios tratados e de controle da LMP no período de 2006 a 2017 . . .	38
Figura 6 – Produção de leite (1.000 L) e número de vacas ordenhadas (1.000 cabeças) dos municípios do Bioma Amazônia no período de 2006 a 2017	39
Figura 7 – Sobreposição antes e após o matching	43
Figura A.1 – Sobreposições após o Matching	68

Sumário

1	INTRODUÇÃO	10
2	CONTEXTO INSTITUCIONAL	13
3	DESCRIÇÃO DA LISTA DE MUNICÍPIOS PRIORITÁRIOS	15
4	ESTUDOS EMPÍRICOS	17
5	METODOLOGIA	21
5.1	Descrição dos Dados	21
5.2	Área de Estudo	24
5.3	Estratégia Empírica	26
5.3.1	<i>Propensity Score Matching</i>	27
5.3.2	O estimador de <i>Diferenças em Diferenças</i>	28
5.3.3	Efeito Homogêneo da Lista De Municípios Prioritários	28
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS	32
6.1	Caracterização dos grupos tratado e controle	32
6.2	Resultado do Pareamento	40
6.3	Estimativas da Efetividade do Programa sobre o Índice de Saúde	44
6.4	Estimativas da Efetividade do Programa sobre a Produtividade Agrícola e na Pecuária Leiteira	48
7	CONCLUSÕES	52
	REFERÊNCIAS	55
A	LISTAGEM DE MUNICÍPIOS PRIORITÁRIOS, VARIÁVEIS E RESULTADOS EXTRAS	62

1 Introdução

O Bioma Amazônia é composto por nove estados da bacia amazônica e abriga 40% do rebanho bovino brasileiro e 36,5% da produção de soja (IBGE, 2019c). Mesmo quando o Brasil reduziu o desmatamento na Amazônia em 85% no período de 2004 a 2017, a produção de gado e soja cresceu em 14,7% e 94%, respectivamente (INPE, 2019). Essa redução foi alcançada através de uma combinação de esforços de comando e controle em terras privadas (HARGRAVE; KIS-KATOS, 2013; BÖRNER et al., 2014), expansão de áreas protegidas (SOARES-FILHO et al., 2010) e desaceleração econômica global (ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2015).

Historicamente, após um pico de mais de 27 mil km^2 desmatados em 2007, o governo brasileiro assinou o Decreto nº 6.321, em 21 de dezembro de 2007, estabelecendo um conjunto de medidas voltadas para o controle do desmatamento. Entre as medidas, destaca-se a edição da lista de municípios considerados prioritários situados no Bioma Amazônia para as ações de controle ambiental e fundiário, nos quais fica proibida a emissão de novas autorizações de desmatamento (CIVIL, 2009). Diante disso, ao lançar a Lista de Municípios Prioritários (LMP), o Governo brasileiro inovou na luta contra o desmatamento, alcançando reconhecimento internacional.

O Brasil foi pioneiro no uso de listas de municípios com histórico de altas taxas de desmatamento como uma estratégia de conservação florestal (ARIMA et al., 2014). Até 2017, de 527 municípios que integram o Bioma Amazônia, uma amostra de 60 municípios com taxas historicamente altas de desmatamento foi publicamente chamada de Lista de Municípios Prioritários (LMP). Uma vez que o município passa a fazer parte da lista, este estará sujeito à pressões políticas, a um monitoramento mais rigoroso e à aplicação da lei ambiental, reputação política comprometida para os prefeitos desses municípios listados, sanções econômicas aplicadas por agentes da indústria de commodities, bem como revisões de títulos de terras pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Além disso, produtores em municípios incluídos na lista têm acesso negado ao crédito agrícola até que o município registre 80% de suas propriedades no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e reduza substancialmente o desmatamento, a fim de evitar que recursos públicos sejam vinculados ao desmatamento ilegal. Portanto, o impacto de ser adicionado à LMP é mais amplo que um maior monitoramento e aplicação da lei (CIVIL, 2009). Como resultado, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), órgão responsável pela aplicação da lei ambiental, pôde concentrar suas atividades de fiscalização nesses municípios.

Algum esforço já foi feito para avaliar a eficácia da LMP. Arima et al. (2014), Cisneros, Zhou e Börner (2015) e Assunção e Rocha (2019) evidenciaram reduções significativas no desmatamento nos municípios listados. Enquanto Cisneros, Zhou e Börner (2015) argumentaram que pressões institucionais e de reputação foram as principais causas da desaceleração, Assunção e Rocha (2019) identificam que o canal de monitoramento e aplicação da lei, medido pelo número de multas, foi decisivo na redução das clareiras florestais. Diante do exposto, é bem verdade que a recente literatura que avaliou a LMP está concentrada nas causas do desmatamento, no entanto, pouco se sabe sobre os demais impactos indiretos que uma política de conservação ambiental tem sobre os municípios atingidos. Portanto, esta Dissertação de Mestrado pretende abordar a recente redução das taxas de desmatamento no Bioma Amazônia, realizando uma avaliação da experiência desses municípios na lista, de forma a possibilitar a identificação das variedades e regularidades sociais e econômicas mais características dos municípios que experimentaram uma redução no desmatamento.

Ainda que grande parte do debate público a respeito do desmatamento enfatize seus impactos globais a partir da emissão de CO₂ e mudanças nos padrões climáticos, outros custos sociais e econômicos igualmente elevados podem estar associados à prática do desmatamento. À luz da perspectiva social, há evidências de que o desmatamento exerce uma influência marcante na emergência e proliferação de doenças em regiões tropicais (VITTOR et al., 2006). De acordo com a literatura existente sobre o tema, doenças, como dengue, diarreia, malária e doenças respiratórias tiveram sua incidência aumentada com o desmatamento na Amazônia e em outras regiões florestadas do mundo¹. No entanto, o impacto do desmatamento sobre a saúde humana ainda é desconhecido.

Do ponto de vista econômico, há uma incerteza na literatura se políticas de conservação ambiental afetam negativamente a produção econômica. Desse modo, caso o aumento da produção ocorra às custas da degradação ambiental, haverá uma troca entre crescimento econômico e a conservação. Há, portanto, um *trade-off* entre preservação dos recursos naturais e produção econômica. Contudo, se for possível sustentar o crescimento econômico preservando os recursos naturais, esse *trade-off* deixa de existir (ARROW et al., 1995). De forma a contribuir com esta literatura, Cisneros, Zhou e Börner (2015) e Assunção e Rocha (2019), ao analisarem a Lista de Municípios Prioritários (LMP), não verificaram efeito da política sobre a produção agrícola dos municípios tratados.

Diante disso, nesse estudo será investigado um importante efeito local do desma-

¹ Por exemplo, Vittor et al. (2006), ao verificar o efeito do desmatamento sobre os casos de doenças na Amazônia Peruviana, observaram que o incremento de 1% na área desmatada de um município levou a um aumento de 23% nos casos de ocorrência de malária, 8% nos casos de dengue e 9% nos casos de doenças respiratórias

tamento: o impacto na incidência de doenças e na produtividade da agropecuária. Portanto, a primeira hipótese levantada é de que a redução do processo do desmatamento levou a uma queda nos casos de ocorrência de doenças relacionadas ao desmatamento para população dos municípios que foram atingidos pela LMP. Uma vez que a agricultura e pecuária no Brasil são caracterizadas pelo uso extensivo da terra, políticas de conservação ambiental que impõem restrições à quantidade de terras disponíveis para a expansão dessas atividades levam à aumentos da produtividade na agropecuária para que os municípios atingidos pela política consigam manter o mesmo nível de produção. Portanto, a segunda hipótese é que os municípios da LMP tiveram ganhos de produtividade agropecuária, sugerindo que é possível conter as clareiras florestais sem comprometer significativamente a produção local. Dessa forma, o objetivo geral deste documento será examinar quais são os efeitos da Lista de Municípios Prioritários (LMP) sobre três variáveis de impacto dos municípios listados entre 2008 a 2017, a saber: um índice de doenças relacionadas ao desmatamento, produtividade agrícola e produtividade na pecuária leiteira.

Ainda que outros trabalhos já tenham avaliado a LMP sob a perspectiva ambiental, esta pesquisa inova por ser a primeiro a criar um índice de doenças diretamente relacionadas ao intenso desmatamento e tentar inferir o impacto de uma política de conservação ambiental aplicada ao Bioma Amazônia sobre este e outros indicadores ainda não estudados pela literatura. Apesar da LMP ter o objetivo declarado de promover o gerenciamento sustentável da terra, a escolha por esses indicadores justifica-se pelo efeito indireto do desmatamento sobre os mesmos, haja vista a extensa gama de estudos que garantem essa relação.

Para alcançar o objetivo do trabalho, será utilizada uma estrutura de painel com dados municipais do Bioma Amazônia com informações em dois anos anteriores (2006 e 2007) e nove anos posteriores ao início da política (2009 a 2017). A mensuração dos impactos da Lista de Municípios Prioritários (LMP) será feita pela combinação de dois métodos usualmente empregados nesse tipo de análise: *Propensity Score Matching* e Diferenças em Diferenças (DD). A adoção dessa estratégia fornece estimativas robustas do efeito do programa sobre as variáveis de impacto adotadas, visto que tanto as características observáveis como as não observáveis são controladas. Além disso, a análise do efeito da LMP sobre os municípios tratados será feita a partir do efeito homogêneo de participação da lista, ou seja, os métodos empregados produzirão apenas o Efeito Médio do Tratamento no Tratado (ATT), assumindo o modelo DD convencional.

2 Contexto Institucional

Segundo Urban (1998) e Medeiros (2006), em 1934, a busca por meios efetivos de preservação ambiental levou à adoção do texto do Código Florestal Brasileiro por meio do Decreto Nº 23.793, no qual, pela primeira vez, o conjunto de florestas brasileiras passou a constituir um “bem de interesse comum” a todos os cidadãos e a beleza natural passou a ser considerada um patrimônio nacional, ficando o exercício do direito de propriedade sobre elas limitado às regras estabelecidas. Desse modo, foi formalmente declarado que terras públicas e terras privadas deveriam ser conservadas sob a lei. Além disso, esta primeira versão do código exigia que pelo menos 50% das propriedades da Amazônia Legal e 20% daquelas localizadas no bioma do Cerrado fossem reservadas para preservação da biodiversidade, visto que desempenham um papel importante na conservação dos serviços hidrológicos e na estabilidade geológica, funcionando, portanto, como área de reserva legal.

Em 1965, aprovado pela lei nº 4.771, o Código Florestal Brasileiro foi reformado e passou a incluir uma maior compreensão dos serviços ecossistêmicos prestados pelas florestas, além de definir que áreas ambientalmente sensíveis, como áreas de proteção florestal e topos de morros ribeirinhos, fossem protegidas como Áreas de Preservação Permanente (APPs). Por outro lado, diante do pico do desmatamento observado em 1995 na Amazônia Brasileira, devido à retomada da estabilidade e crescimento do consumo interno após a implantação do Plano Real em 1994, somado ao receio da repercussão doméstica e internacional, em 25 de julho de 1996, o Governo divulgou o Decreto 1.963 e a Medida Provisória (MP) 1.511 que aumentaram a Reserva Legal nas propriedades rurais da Amazônia de 50% para 80%, o que significava que apenas 20% desse domínio poderia ser legalmente desmatado (FEARNSIDE, 2005; SOARES-FILHO et al., 2014).

Em suma, o Código Florestal Brasileiro (CFB) é uma legislação destinada a proteger os aspectos do bem público das florestas por meio de normas de uso da terra de propriedades públicas e privadas. Isto posto, o CFB não é uma política, mas serve de fundamento para muitas políticas implementadas desde então. Devido a má delimitação espacial dos direitos de propriedade em cerca de dois terços da Amazônia Legal, falta de ferramentas apropriadas de monitoramento, financiamento insuficiente da política ambiental e baixo apoio político, a aplicação do Código Florestal foi limitada antes dos anos 2000 e, portanto, teve apenas um efeito temporário sobre a taxa de desmatamento (NEPSTAD et al., 2009; SPAROVEK et al., 2010; NEPSTAD et al., 2014).

De acordo com os dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), embora

a taxa recorde de desmatamento em 1995 tenha sido seguida por dois anos de declínio (1996-1997), a tendência se inverteu e o desmatamento apresentou considerável crescimento no período de 1998 a 2004, chegando a atingir mais de 27.000 km^2 neste último ano. A partir dessa data, o Brasil passou a se destacar no cenário mundial como um dos poucos países em que as taxas de desmatamento tropical caíram nas últimas décadas (HANSEN et al., 2013). Estudos de avaliação sobre a eficácia das estratégias brasileiras pós-2004 para combater o desmatamento na Amazônia sugerem que a política ambiental tem desempenhado um papel importante nas decisões de uso da terra na região (MAIA et al., 2011; HARGRAVE; KIS-KATOS, 2013; ARIMA et al., 2014; ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2012).

Tal fato supracitado é decorrente de revisões significativas das políticas brasileiras de conservação da Amazônia Legal durante os anos 2000, com destaque para dois anos como importantes pontos de virada política: 2004 e 2008. No primeira, em 2004, o lançamento do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) introduziu novos procedimentos de monitoramento e controle ambiental, como a utilização de imagens de satélite, que fortaleceram a aplicação da lei na Amazônia. Em seguida, em 2008, com a segunda revisão do PPCDAm, no qual foi estabelecido um melhor direcionamento das políticas de proteção por meio da divulgação de uma Lista de Municípios Prioritários (LMP) no desmatamento, além de condicionar o crédito rural a esses municípios até que a regulamentação ambiental fosse comprovada (ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2012).

3 Descrição da Lista de Municípios Prioritários

Em 2008, o Brasil lançou uma política inovadora de divulgação pública. Até o momento, de 527 municípios que integram o Bioma Amazônia, uma amostra de 60 municípios com taxas historicamente altas de desmatamento foi publicamente chamada de Lista de Municípios Prioritários (LMP), a maioria dos quais encontram-se nos estados do Mato Grosso e Pará, na região chamada "Arco do Desmatamento"¹. Desse modo, a política visa predominantemente municípios com baixa qualidade de governança ambiental e altos custos de oportunidade de conservação florestal. Como resultado, a ação diferencial adotada nos municípios prioritários consistiu, em grande parte, em um monitoramento ambiental mais rigoroso e na aplicação da lei. Assim, o IBAMA, órgão responsável pela aplicação da lei ambiental, pôde concentrar suas atividades de fiscalização nesses municípios. Do mesmo modo, organizações não governamentais (ONGs) ambientalistas, antes engajadas em toda a Amazônia Legal, agora podem direcionar suas ações nesses municípios listados.

A LMP se qualifica como o elemento mais inovador do complexo de políticas de conservação do Brasil baseada em desincentivos. A estratégia da LMP combinava, portanto, três tipos de instrumentos: controle intenso, divulgação pública dos infratores e induzir mudanças no comportamento por meio de sanções e restrições de acesso a benefícios ((MMA, 2013).

Para compor a lista, de acordo com o Decreto N^o 6.321 / 07, os municípios devem fazer parte do Bioma Amazônia e são selecionados de acordo com três critérios, a saber:

- (i) área total desmatada no município;
- (ii) área desmatada nos últimos três anos; e
- (iii) aumento na taxa de desmatamento em pelo menos três, dos últimos cinco anos.

Uma vez na lista, esses municípios passam a ter restrições ao crédito agrícola subsidiado ², este passa a ser condicionado à conformidade ambiental (licenciamento e

¹ Zona de transição do Bioma Amazônia para o Cerrado, esta região é caracterizada por sofrer uma alta pressão do desmatamento, em virtude dos avanços da fronteira agrícola em direção às florestas (FEARNSIDE; FERRAZ, 1995).

² O Decreto no 6.321 permite que instituições federais de crédito criem linhas de crédito especial para o georreferenciamento de imóveis rurais para fins do cadastramento rural. Assunção et al. (2013), ao analisarem a política de restrição do crédito agrícola subsidiado aos municípios que compunham a lista, estimaram que essa medida tenha evitado 2.700 km² de desmatamento entre 2009 e 2011.

registro adequados) e a distribuição da produção agrícola do município fica sujeita a embargos. Embora não tenham sido oficialmente estabelecidas por meio de legislação, outras medidas impuseram um custo adicional à inclusão desses municípios na lista de municípios prioritários. De acordo com Assunção, Gandour e Rocha (2013), os produtores pegos abrindo clareiras ilegalmente, além de serem multados, estão sujeitos à apreensão e destruição de sua produção, embargo das terras e suas máquinas apreendidas e leiloadas. As atividades de comando e controle foram complementadas por outras ações não explícitas no decreto original lançado pelo Governo. Maia et al. (2011), Viana et al. (2012) e Arima et al. (2014) argumentam que essas ações incluíam o risco de reputação por conta da imagem negativa do município associado à lista, compromissos políticos liderados por governos locais, a recusa de frigoríficos em comprar gado de fazendas embargadas³ e o desenvolvimento de planos locais para a produção sustentável, também são outros custos de permanência na lista. Diante disso, o impacto de ser adicionado à lista é mais amplo do que apenas estar sujeito a um monitoramento mais rigoroso e à aplicação da lei.

Segundo Cisneros, Zhou e Börner (2015), a lista deve ser atualizada anualmente com base nas estatísticas oficiais de desmatamento, além de especificar os papéis complementares do IBAMA e do Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA) no monitoramento e no registro das propriedades dos municípios da lista. Posteriormente, em 2009, o Ministério do Meio Ambiente tornou público os critérios para a remoção da lista. A remoção foi condicionada ao:

- (i) registro de 80% da área elegível (a maioria dos imóveis rurais privados) no CAR (Cadastro Ambiental Rural)⁴; e
- (ii) o desmatamento anual deve ser mantido abaixo dos 40 km^2 .

Em janeiro de 2008, por meio da Portaria MMA 28, a primeira lista foi publicada incluindo 36 municípios. Em 2007, esse grupo de municípios foi responsável por 45% do desmatamento da Amazônia, número este considerado elevado, visto que 547 municípios compõem o Bioma Amazônia (ASSUNÇÃO; ROCHA, 2019).

³ De acordo com Barreto e Araujo (2012), em 2008, o Ministério Público Federal do Pará (MPF- PA) iniciou ações contra 20 fazendeiros por descumprimento das leis ambientais, e contra 11 frigoríficos que compravam gado dessas mesmas fazendas. Além disso, o MPF- PA emitiu uma recomendação para 69 redes de supermercados e outros compradores de produtos pecuários, como couro, para evitarem a compra de 11 fazendas envolvidas em litígios. Ao mesmo tempo, o Greenpeace lançou uma campanha contra a compra de carne de gado proveniente de fazendas e matadouros que não atendiam às leis trabalhistas e ambientais. Como resultado, o chamado "Acordo do Gado" levou às maiores empresas processadoras de carne a concordar em excluir de sua cadeia de fornecimento os produtores de gado que desmataram após outubro de 2009.

⁴ O CAR é um cadastro eletrônico com informações georreferenciadas sobre imóveis rurais. Por meio desse cadastro, os proprietários de terras com e sem direito de propriedades formais declaram o tamanho e os limites espaciais de suas propriedades, o que aumenta a capacidade do Governo monitorar o cumprimento do Código Florestal Brasileiro e a mudança de cobertura da terra mesmo após o município ser liberado da lista (BÖRNER et al., 2014).

4 Estudos Empíricos

O Brasil fornece o cenário ideal para estudar o desempenho de políticas de preservação ambiental. A Amazônia Brasileira, após sofrer com décadas de expansão da infraestrutura brasileira deixando 20% do seu território desmatado, diferentes políticas públicas de combate ao desmatamento foram implementadas na região desde os anos 2000. Como resultado, desde 2004 as taxas de desmatamento caíram cerca de 80%, tornando o Brasil o país número 1 na redução das taxas de perda florestal no mundo (HANSEN et al., 2013).

Avaliações da principal estratégia de conservação ambiental do Brasil, o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), sugerem que a combinação de instrumentos de política regulatória, adesão ao monitoramento por satélite quase em tempo real, declaração de áreas protegidas e a criação da lista MP com alto histórico de desmatamento pertencentes ao bioma Amazônia foram fatores-chave de sucesso. Abdala et al. (2008), na primeira avaliação do PPCDAm para o período de 2004 a 2007, atribuíram a queda nas taxas de desmatamento após 2004 à maior aplicação da lei em campo na Amazônia Legal. Posteriormente, na segunda avaliação do PPCDAm para o período de 2007 a 2010, Maia et al. (2011) mostrou evidências de que o PPCDAm contribuiu de maneira fundamental para a redução do desmatamento e acreditam que a maior parte do sucesso se deve à implementação da Lista de Municípios Prioritários (LMP) em 2008.

No entanto, os estudos supracitados apresentam limitações, visto que seus resultados são baseados na análise da tendência de indicadores sem uso de técnicas apropriadas de avaliação de impacto. De acordo com Ferraro (2009), indicadores são importantes porque permitem monitorar o progresso em direção aos objetivos da política, contudo, não fornecem uma relação causal entre uma intervenção e o progresso do indicador. Por outro lado, a avaliação de impacto contrasta as alterações em um indicador com alguma estimativa da mudança contrafactual no indicador, ou seja, a mudança que teria ocorrido sem a variação exógena da política.

Diante da raridade de experimentos aleatórios, a maior parte das avaliações de impacto de políticas ambientais concentram-se em métodos quase-experimentais de encontrar um cenário contrafactual. Os métodos quase-experimentais mais usuais pela literatura de avaliação de políticas ambientais são: os métodos de Diferença Dupla (DD), Variável Instrumental (IV), Regressão Descontínua (RDD), *Propensity Score Matching* (PSM) e dados em painel (modelos de efeitos fixos que controlam variáveis omitidas invariantes no tempo).

Posto isso, diante do reconhecimento mundial da LMP como política eficaz de conservação ambiental, uma série de avaliações baseadas no contrafactual emergiu nos anos posteriores à sua promulgação, as quais tentavam inferir, sobretudo, os impactos causais da lista sobre o desmatamento e outras variáveis econômicas e ambientais. Nesse sentido, Assunção, Gandour e Rocha (2012) fizeram a primeira avaliação da LMP utilizando métodos corretos de avaliação. A partir de uma amostra de municípios da Amazônia Legal no período de 2002 a 2009, os autores buscaram avaliar as políticas de conservação introduzidas a partir de 2004 e 2008. Os autores utilizaram painel com efeitos fixos, a fim de isolar as variações dos preços das commodities agrícolas altamente correlacionadas com a variável dependente, o incremento do desmatamento. Os resultados do trabalho mostraram que mudanças nas políticas implementadas a partir de 2004 e 2008 contribuíram para o controle do desmatamento, mesmo após o controle dos efeitos de preço. Ademais, em simulações contrafactuais, as políticas evitaram 62.100 quilômetros quadrados de desmatamento, cerca de 52,1% do desmatamento total que teria ocorrido no período de 2005 a 2009.

Posteriormente, Assunção et al. (2013) investigaram se a restrição ao crédito rural experimentada pelos municípios da lista impactou o desmatamento nessa região a partir dos microdados do Banco Central do Brasil (BACEN) e dados de desmatamento dos satélites do INPE formando um painel cobrindo o período de 2002 a 2011. A partir disso, primeiro, os autores usaram estimativas de diferenças em diferenças e verificaram que a mudança na política levou a uma redução no crédito rural. Vale destacar que o autor utiliza medidas normalizadas das variáveis de crédito e desmatamento, as quais suavizam a heterogeneidade do tamanho dos municípios garantindo a comparabilidade entre os grupos. Em seguida, frente à endogeneidade existente entre o desmatamento e o crédito rural, foi feita uma estimativa em duas etapas mostrando que a redução do crédito impediu o desmatamento nos municípios listados, principalmente onde a pecuária é a principal atividade econômica. Nas análises contrafactuais, foi estimado que 2,9 bilhões de reais deixaram de ser emprestados no período de 2008 a 2009, o que evitou cerca de 2.700 quilômetros quadrados de desmatamento no Bioma Amazônia.

Assunção, Gandour e Rocha (2013) utilizam um procedimento em dois estágios a fim de avaliar se o monitoramento mais rigoroso e maiores esforços de aplicação da lei proporcionados pelo uso de satélites DETER a partir de 2006 realmente reduziram as perdas florestais para todos os municípios do Bioma Amazônia com base em um painel de 2006 a 2011, cobrindo o período de implementação da LMP. No primeiro estágio, os autores propuseram o uso da cobertura de nuvem do DETER, que é altamente correlacionado com o número de multas, como variável instrumental para aplicação da lei nos municípios listados. No segundo estágio, os autores encontraram evidências de que o aumento da aplicação da lei reduziu significativamente as derrubadas florestais

no Bioma, medido pela variável de resultado incremento do desmatamento. No caso da ausência do monitoramento e aplicação da lei, mais de 152.500 quilômetros quadrados de floresta tropical teriam sido desmatados entre 2006 e 2011, ou seja, ajudaram a evitar o corte de uma média de 22.000 quilômetros quadrados de floresta.

Diante da Crise Econômica de 2008, Arima et al. (2014) buscaram verificar se o declínio nas taxas de desmatamento na Amazônia Legal após 2008 foi consequência da estagnação da demanda global por bens agrícolas ou devido à eficácia da política de MP. Desse modo, este foi o primeiro trabalho a combinar o *Propensity Score Matching* (PSM) ao método de Diferenças em Diferenças para avaliar a LMP. A partir de um conjunto de dados agrupados para dois períodos de tempo, antes e depois da implementação da política em 2008 ($T_0 = 2006 - 2008$ e $T_1 = 2009 - 2011$), o efeito estimado pelo método de diferenças em diferenças mostrou que a política impactou negativamente a quantidade de desmatamento ocorrida no período de 2009 a 2011, além de evitar cerca de 10.653 quilômetros quadrados de desmatamento neste período. Além disso, os autores verificaram que a recessão global teve pouco impacto no setor agrícola da Amazônia, uma vez que tanto os municípios listados como os não listados expandiram suas áreas plantadas de soja. Por outro lado, foi observado maior crescimento do rebanho bovino nos municípios listados durante o período pós-política de LMP. Em suma, os resultados sugerem que o declínio do desmatamento após 2008 é em virtude da política, e não à recessão econômica. No entanto, ao usar a Amazônia Legal como área de estudo, o trabalho limita-se ao incluir na amostra municípios que não possuem igual probabilidade de serem tratados, visto que, conforme o Decreto Nº6.321, apenas os municípios situados no Bioma Amazônia poderão integrar a lista de MP, o que pode viesar a escolha do grupo de controle a partir do PSM (ROSENBAUM; RUBIN, 1983).

Do mesmo modo, Cisneros, Zhou e Börner (2015) também combinaram a técnica de *Propensity Score Matching* (PSM) ao método de Diferenças em Diferenças para inferir o efeito médio da lista sobre o desmatamento nos municípios listados no período de 2002 a 2012. Ao analisar os possíveis mecanismos causais que levaram ao sucesso da LMP como estratégia de combate ao desmatamento na Amazônia, os autores concluíram que o peso econômico que a restrição ao crédito subsidiado leva ao município e o risco de reputação funcionam como impulsionadores concretos do efeito da LMP. Além disso, os autores mostram que a LMP foi responsável pela redução 600-6.750 quilômetros quadrados no desmatamento durante o período estudado. Assim como Arima et al. (2014), o trabalho também usa todos os municípios da Amazônia Legal nas técnicas de *matching*, incluindo municípios fora do bioma Amazônia na amostra o que leva a uma limitação do trabalho. Outra limitação está na escolha da variável de resultado, visto que os autores usam uma medida absoluta de desmatamento, o que leva a uma confusão com os critérios de listagem, segundo Andrade (2017).

Mais tarde, Assunção e Rocha (2019) fazem uma nova avaliação da lista superando as limitações dos trabalhos anteriores. Desse modo, por meio do método de Diferenças em Diferenças e utilizando um painel de 2002 a 2011, os autores mostram evidências de que a LMP reduziu significativamente o desmatamento. Nas análises causais da política, os autores concluem que o canal de monitoramento e aplicação da lei, medido pelo aumento no número de multas, prevalece sobre os demais esforços da LMP, o que diverge dos resultados de Cisneros, Zhou e Börner (2015). Em outras especificações, foi verificado que a política não teve efeito sobre a produção agrícola dos municípios tratados, sugerindo que é possível conter as clareiras florestais sem comprometer significativamente a produção local. Os autores também adotaram a mesma estratégia de Assunção et al. (2013) ao usar medidas normalizadas das principais variáveis de interesse para garantir comparabilidade entre os municípios listados e não listados. A análise contrafactual mostrou que a política evitou 11.396 km^2 de desmatamento no Bioma Amazônia de 2008 a 2011.

Por último, Tasker e Arima (2016) foram os primeiros a analisar a lista sob uma perspectiva diferente do desmatamento. Dado o sucesso da LMP na redução das taxas de desmatamento na Amazônia constatado por estudos anteriores e diante da forte relação entre o desmatamento e incêndios causados pela expansão agrícola, as mesmas reduções das ocorrências de incêndios eram esperadas. No entanto os autores verificaram que o número de incêndios oscilou muito de ano para ano. Diante disso, os autores buscaram examinar o impacto da precipitação e da LMP sobre as tendências de incêndio e área queimada, variáveis de resultado, na Amazônia entre 2001 e 2013. Por meio do *Propensity Score Matching* (PSM) combinado a modelos estatísticos, foi observado que embora o desmatamento tenha diminuído sob o tratamento de políticas, os incêndios florestais foram menos responsivos às políticas. Além disso, a análise forneceu fortes evidências da existência de um efeito de precipitação em ambos os eventos de incêndio e área queimada.

5 Metodologia

5.1 Descrição dos Dados

Os dados utilizados neste trabalho consistem em informações municipais anuais de 2006 a 2017 para avaliar os efeitos da Lista de Municípios Prioritários (LMP) sobre indicadores de produtividade agropecuária e indicadores de doenças relacionadas ao desmatamento. Os indicadores de produtividade foram construídos a partir de dados extraídos da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) e Pesquisa Pecuária Municipal (PPM). Já o índice de saúde foi construído com dados do Sistema de Informações Hospitalares (SIH). Adicionalmente, foram usados dados de desmatamento do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); das Estimativas Populacionais; PIB *percapita*; e Extensão territorial municipal, produzidas pelo IBGE. Essas informações estão dispostas entre 527 municípios que compõem o Bioma Amazônia. As variáveis utilizadas neste estudo foram escolhidas de acordo com a literatura e de acordo com a disponibilidade dos dados.

Para identificar a cobertura da LMP, foi feita análise documental dos decretos divulgados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) ao longo dos anos. Logo, o tratamento dado ao programa em questão será representado por uma variável binária que recebe valor 1 caso o município i tenha sido tratado no período de tempo t e 0 caso contrário. Presume-se que esse tratamento provoca efeitos sobre um conjunto de características que serão esboçadas como variáveis dependentes em diferentes estimações, a saber, a produtividade agrícola municipal, a produtividade na pecuária leiteira municipal e sobre um indicador de saúde baseado nos casos de doenças ligadas ao desmatamento.

A análise da produtividade agrícola se concentrou em seis grandes culturas, que representam 87% do valor agrícola total do Bioma Amazônia entre 2006 a 2017: soja (48,3%), milho (11,1%), algodão (10,1%), mandioca (8,8%), arroz (5,0%) e cana-de-açúcar (4,0%). Os dados sobre a produção agrícola e área plantada são oriundos da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), um conjunto de dados anuais com base em estatísticas mensais da produção agrícola. Assim, a medida adotada para a produtividade das culturas é a produção agrícola agregada dividida pela área plantada em hectares.

A escolha pela produtividade na pecuária leiteira se justifica pela ausência de dados para construir uma medida direta da produtividade na pecuária de corte. Uma medida usualmente utilizada para medir a produtividade da pecuária de corte é o número de cabeças de gado dividido pela área de pastagem, no entanto esse tipo de análise com uso de dados em painel torna-se inviável, visto que os dados da área de pastagens

são censitários¹. Para superar essa dificuldade, optou-se por verificar os ganhos de produtividade na pecuária leiteira do Bioma Amazônia. A produtividade do leite foi medida como a produção de 1.000 litros de leite por 1.000 vacas leiteiras por ano a partir dos dados da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM). As duas medidas de produtividade adotadas na pesquisa foram escolhidas a partir de estudos anteriores sobre produtividade agrícola e pecuária, como Christensen (1975) e Dias et al. (2016).

O índice de doenças foi construído a partir de dados de internações hospitalares por local de residência extraídos do Sistema de Informações Hospitalares (SIH), sendo divididos por tipo de doença (doenças do aparelho respiratório, malária, dengue e diarreia)². Visto que a literatura relaciona apenas esses quatro tipos de doenças à altos níveis de desmatamento, optou-se por criar um índice de doenças ao invés de usar a taxa de internações para cada doença separadamente nas estimações em razão do tamanho de alguns municípios. Alguns municípios presentes na amostras não são grandes o suficiente em termos de população não apresentando, assim, registro de algumas dessas doenças levando à presença de muitos dados faltantes na amostra. Para superar essa dificuldade o índice de doenças foi construído pela soma dos casos de internações dividido pelo tamanho da população do município e multiplicado por mil, a fim de obter o efeito a cada mil habitantes. Além disso, fez-se o uso do logaritmo natural do índice de saúde nas estimações para alguns poucos casos de municípios que não apresentaram registros de nenhuma dessas doenças em dado ano. O efeito esperado é que a LMP caracterizada como política anti-desmatamento tenha um efeito negativo sobre o índice de doenças nos municípios participantes do programa.

A partir disso, essas variáveis de resultado serão regredidas como sendo funções do regressor binário que indica a participação ou não na lista prioritária de combate ao desmatamento e de um conjunto de variáveis de controle. Apesar dos critérios de seleção da LMP serem conhecidos, espera-se que outras características do município de pré-tratamento influenciem na probabilidade do município ser listado, como sugere Arima et al. (2014) e Cisneros, Zhou e Börner (2015). Portanto, o *matching* será feito a partir do controle de um conjunto de variáveis delimitadas na literatura com informações anteriores ao tratamento, a saber: os critérios de seleção oficiais da LMP, fatores políticos e socioeconômicos, além de controlar o acesso ao desmatamento. Adicionalmente, o período de 2007 foi definido como linha de base, uma vez que corresponde a uma data anterior à implantação da LMP, ou seja, neste período nenhum município estava sob influência do programa.

Dos critérios de seleção, a variável *Desmatado* representa a área desmatada total do

¹ Os dados do Censo são disponibilizados a cada dez anos.

² A Classificação Internacional de Doenças (CID-10) foi utilizada para identificar as internações pelas doenças estudadas. Para consultar a lista de códigos de doenças considerados nesta pesquisa para cada doença, consultar a Tabela A.5 no Apêndice.

município, construída a partir dos dados de desmatamento acumulado do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Já a variável *Desm_3_anos* representa o segundo critério de seleção, área desmatada do município nos últimos três anos, criada a partir do incremento do desmatamento dos anos 2005, 2006 e 2007, e assim por diante. Para explicar possíveis determinantes socioeconômicos na probabilidade do município ser listado será incluído o PIB *percapita* municipal, disponibilizado pelo IBGE. De acordo com Assunção e Rocha (2019), há uma relação causal entre degradação ambiental e crescimento econômico, ou seja, o desmatamento ocorre para disponibilizar o fator de produção da terra para outro uso, como a produção agropecuária. Essa última gera o PIB agropecuário, que somado ao PIB proveniente de outras atividades da economia e dividido pela população, geram o PIB *percapita*. Desse modo, altos níveis de PIB per capita são vistos como determinantes do desmatamento em países subdesenvolvidos.

Além disso, a variável *Pib_pc* também é incluída como controle adicional em todas as especificações por estar relacionada tanto com a variável de tratamento quanto com o aumento na produtividade na agropecuária e no índice de saúde por estar relacionado a melhores condições de saúde do município (SMITH et al., 2014; ERMGASSEN et al., 2018). Para controlar potenciais determinantes de seleção política, são utilizadas variáveis binárias de afiliações políticas dos prefeitos e governadores. Desse modo, a variável *Dummy_pref*, representa uma variável binária que possui valor um se o prefeito do município *i* pertence ao mesmo partido do presidente da República no período *t*, já a variável uma variável *Dummy_gov*, possui valor um se o governador estadual pertence ao mesmo partido do Presidente da República no período *t*.

Dentre a variedade de fatores que afetam o desmatamento, destaca-se a densidade de estradas como fator de acessibilidade. De acordo com Mena, Bilsborrow e McClain (2006), a construção de novas estradas nos países em desenvolvimento intensifica a taxa de desmatamento, tornando o acesso às áreas florestadas menos oneroso e facilitando o acesso para assentamentos e transporte de culturas comerciais. Diante disso, o cálculo para a construção da variável *Densid_Estradas* foi baseado em estudos anteriores que relacionam a construção de estradas ao desmatamento de áreas florestadas, como os de Nelson e Hellerstein (1997), Mena, Bilsborrow e McClain (2006) e Hahn et al. (2014).

Assim, os dados das estradas federais brasileiras foram obtidos a partir do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), já os dados de estradas estaduais foram fornecidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA)³. Desse modo, foram reunidos os dois *shapefiles* para gerar todas as estradas do Brasil, o que permitiu saber a distância percorrida em metros quadrados das linhas controlando pelos municípios do Bioma Amazônia. Para calcular a densidade das estradas por município, a quantidade de estradas em m^2 de cada município foi dividida pela área de cada

³ Os dados de estradas federais e estaduais estão disponíveis apenas para o ano de 2010.

Quadro 1: Descrição das variáveis a serem utilizadas

Variável	Descrição	Fonte
Variáveis de resultado		
<i>Indice_saude</i>	Índice de Internações Hospitalares relacionadas a dengue, malária, doenças do aparelho respiratório e diarreia por mil habitantes (local de residência)	(SIH) (IBGE)
<i>Produtiv_agr</i>	Razão entre o valor da produção agrícola e a área plantada	(IBGE, 2019c)
<i>Produtiv_pec</i>	Razão entre a quantidade de leite produzida (1000 L) e o número de vacas ordenhadas (1000 vacas)	(IBGE, 2019c)
Variável de tratamento		
<i>LMP</i>	Tratamento: 1 se o município é membro da lista e 0 caso contrário	(MMA)
Variáveis utilizadas na construção do Matching		
<i>Desmatado</i>	Área desmatada do município	(INPE, 2019)
<i>Desm_3_anos</i>	Área desmatada do município nos últimos três anos	(INPE, 2019)
<i>Pib_pc</i>	Pib <i>per capita</i>	(IBGE, 2019e) (IBGE, 2019a)
<i>Dummy_pref</i>	1 se o prefeito pertence ao mesmo partido do presidente da República vigente e 0 caso contrário	(TSE, 2019)
<i>Dummy_gov</i>	1 se o governador do estado <i>i</i> pertence ao mesmo partido do presidente da República vigente e 0 caso contrário	(TSE, 2019)
<i>Densid_Estradas</i>	Densidade de estradas federais e estaduais m^2 de estrada dividido pela área do município em km^2	(DNIT) (MMA)
Variáveis de Controle		
<i>Incendio</i>	número de eventos de Incêndios	(INPE)
<i>Densidade</i>	Densidade demográfica municipal	(IBGE, 2019f)
<i>Part_agr</i>	Participação da área agrícola dentro do município (Razão entre a área plantada e a área total)	(IBGE, 2019d) (IBGE, 2019f)
<i>Lotacao</i>	Taxa de lotação do gado por município (Razão entre o número de cabeças de gado e a área do pasto)	(IBGE, 2019d) (IBGE, 2019b)
<i>Precipitaco</i>	Precipitação anual	(GCM, 2019)
<i>Temperatura</i>	Temperatura média anual	(GCM, 2019)
<i>Nao_Observado</i>	Cobertura de nuvens sobre as florestas restantes	(INPE, 2019)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: As informações foram corrigidas monetariamente pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), tendo dezembro de 2017 como período de referência.

município expressa por km^2 . Por se tratar de um efeito fixo, esta variável é ocultada nas regressões. O Quadro 1 lista estas e outras variáveis adicionais usadas como controles nas especificações para cada variável de resultado, trazendo uma breve descrição e as fontes de dados referentes.

5.2 Área de Estudo

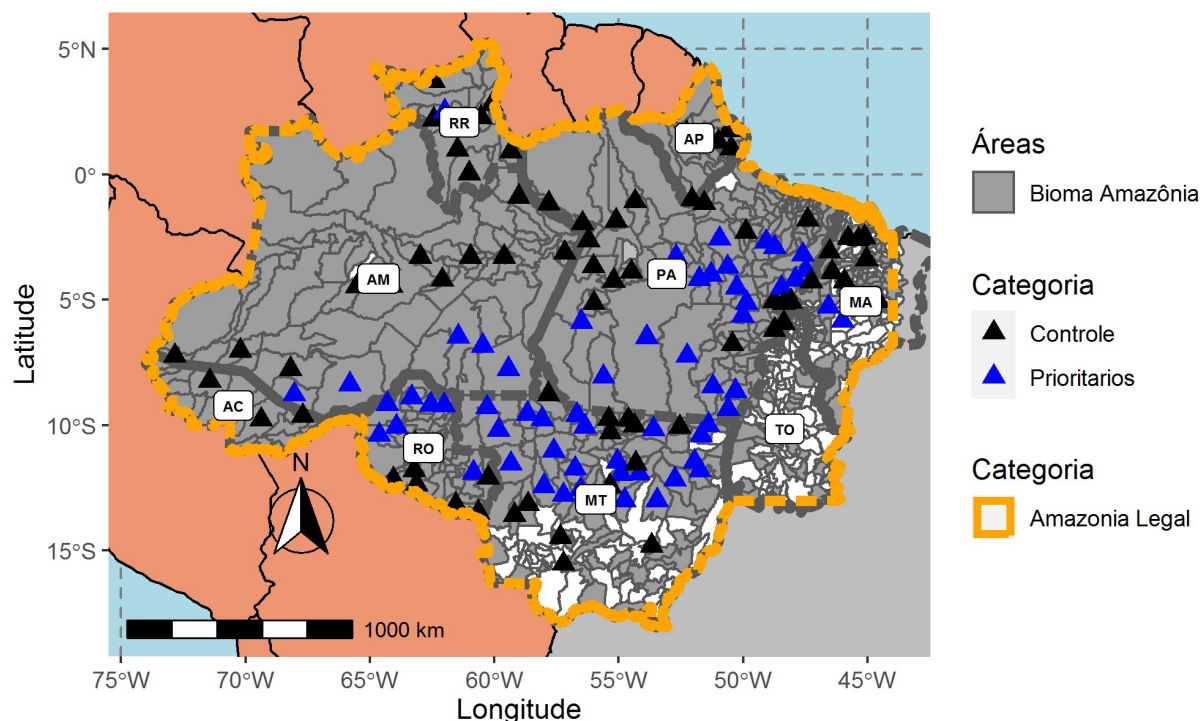
A Amazônia brasileira ou "Amazônia Legal" é a delimitação frequentemente utilizada em estudos sobre desmatamento e pesquisas sobre a mudança de cobertura da terra na região amazônica (CHOMITZ; THOMAS, 2003; MARGULIS, 2003; KAIMOWITZ et al., 2004; LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009). O limite da Amazônia Legal é

uma subdivisão administrativa geopolítica do Brasil e abriga todo o bioma Amazônia, além de 20% do bioma Cerrado e 1,3% do Pantanal matogrossense (WAROUX et al., 2019). No entanto, este trabalho adota como área de estudo o bioma Amazônia, uma vez que a participação na Lista de Municípios Prioritários (LMP) é restrita apenas aos municípios pertencentes a este bioma, conforme o Decreto nº 6.321. Visto que o bioma está contido na Amazônia Legal, todos os municípios do bioma estão necessariamente localizados dentro da Amazônia Legal, mas nem todos os municípios da Amazônia Legal são parte do bioma. Na Figura 1 estão expostos os limites da Amazônia Legal, os 527 municípios do Bioma Amazônia, os municípios prioritários listados durante o período de estudo e o grupo de controle criado a partir da técnica de pareamento k-vizinhos mais próximos que será aprofundada na seção a seguir.

O Bioma Amazônia, definido com base em critérios biológicos e ecológicos, é o maior bioma do Brasil cobrindo um território de 4,196.943 milhões de km^2 , cerca de 49% do território nacional. O bioma engloba a totalidade dos estados do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e partes do Tocantins, Mato Grosso e Maranhão, excluindo áreas não florestadas dos três últimos estados. Apesar da grande extensão territorial, a região tem apenas 21.056.532 habitantes (cerca de 4 habitantes por km^2) (IBGE, 2019f).

Acredita-se que o uso do limite natural do bioma torna os resultados desta pesquisa mais conservadores e realistas, evitando a superestimação dos resultados, sobretudo àqueles relacionados à produtividade agrícola e pecuária (VALE et al., 2019). Isto é, se o perímetro da Amazônia Legal tivesse sido considerado, uma das regiões mais importantes para a produção de soja e pecuária no Brasil, localizada nas savanas do Mato Grosso, teria sido incluída na análise. Consequentemente, a produção agrícola no Bioma Amazônia seria aumentada em 14 vezes, conforme explica (SIMON; GARAGORRY, 2005).

Figura 1 – Municípios Prioritários e de Controle da LMP no Bioma Amazônia



Fonte: IBGE e MMA

O grupo de controle foi criado a partir do pareamento aos 2 vizinhos mais próximos com reposição.

5.3 Estratégia Empírica

A hipótese a ser testada neste estudo é que, ao reduzir os níveis de desmatamento, a Lista de Municípios Prioritários (LMP) promove redução das internações hospitalares por doenças afetadas pelo desmatamento, aumentos na produtividade agrícola e produtividade da pecuária leiteira. Desse modo, na tentativa de controlar o viés de seleção da LMP, este trabalho combina a metodologia de Diferenças em Diferenças (DD) com o *Propensity Score Matching* (PSM),⁴. Este método proposto por Heckman, Ichimura e Todd (1997), consiste em duas etapas. Primeiro, realiza-se o PSM e depois a regressão de DD ponderada pelos pesos atribuídos aos controles a partir dos escores de propensão estimados no primeiro estágio. O PSM permite parear os municípios controles com os municípios tratados conforme características observáveis similares no período anterior ao tratamento (ano base). Com a subamostra de não tratados selecionada pelo PSM, pode-se então estimar o efeito médio do tratamento sobre os

⁴ Arima et al. (2014) e Cisneros, Zhou e Börner (2015), principais trabalhos de avaliação de impacto da LMP, também fizeram combinaram o uso dessas duas metodologias.

tratados através do DD. Portanto, uso desses dois métodos combinados é bastante comum na literatura de avaliação, uma vez que o método de diferenças em diferenças permite reduzir o viés de seleção por características não observáveis, e o PSM, minimiza o viés proveniente da distribuição de características observáveis e ausência de suporte comum (BERTRAND; DUFLO; MULLAINATHAN, 2004; RAVALLION, 2007).

5.3.1 *Propensity Score Matching*

O PSM depende de escores de propensão que são derivadas de características observadas dos municípios tratados e não tratados. As observações tratadas são combinadas com observações "similares" não tratadas para reduzir o viés das estimativas do efeito de tratamento. Posto isso, o PSM tem o objetivo de estimar o efeito médio do tratamento sobre os tratados (ATT) e o efeito médio do tratamento (ATE) (HO et al., 2007).

De acordo com Rosenbaum e Rubin (1983) e Foguel (2012), é possível parear indivíduos usando uma função de X que resume toda a informação contida neste vetor. Portanto, o escore de propensão no contexto deste trabalho é definido como a probabilidade do município ser listado, dado um vetor de características de pré-tratamento (X). Assim, os efeitos da política podem ser obtidos comparando os resultados de municípios listados e não listados de acordo com os escores de propensão semelhantes. O escore de propensão é definido como:

$$P(X) = \Pr[MP = 1|X] \quad (5.1)$$

Duas suposições centrais são requeridas no PSM:

(i) Ignorabilidade do tratamento ou Seleção nos Observáveis

Dado um conjunto de covariáveis observáveis (X) que não são afetadas pelo tratamento MP , o resultado potencial (Y_i^0, Y_i^1) é independente do tratamento designado. Em outras palavras, a seleção será explicada unicamente pelas características observáveis Rosenbaum e Rubin (1983).

(ii) Suporte Comum

Não existe valor de características observáveis (X) que possa dizer com certeza a que grupo pertence a unidade observada. Dito isso, a hipótese de suporte comum garante que as observações do grupo de tratamento tenham uma distribuição de *propensity score* semelhante às observações do grupo de controle. Em outras palavras, o PSM irá ponderar a amostra do grupo de controle a fim de aumentar a semelhança com

municípios do grupo de tratamento, visando balancear as características observadas da amostra entre os grupos de tratamento e controle após o pareamento (ROSENBAUM; RUBIN, 1983; HECKMAN et al., 1998). A partir disso, a condição de sobreposição garante que cada município tenha uma probabilidade positiva de ser tratado, nesse caso de pertencer a Lista de Municípios Prioritários (LMP), na qual $0 < pr(LMP = 1|X) < 1$.

5.3.2 O estimador de *Diferenças em Diferenças*

O estimador de diferenças em diferenças (DD) requer informações do grupo de tratados e controles em, pelo menos, dois períodos. A partir daí, o estimador irá comparar o grupo de tratamento ao grupo de controle antes, primeira diferença, e depois da intervenção, segunda diferença. Para além disso, o método é comumente utilizado quando há características não observáveis heterogêneas entre os grupos que influenciam a participação na política, mas que não variam ao longo do tempo Meyer (1995).

A Tendência de Retas Paralelas, principal hipótese por trás do método DD, requer que a trajetória das variáveis de resultado do grupo de tratados e controles evolua paralelamente antes do tratamento. Em outras palavras, na ausência da LMP, admite-se que os municípios tratados e de controle tenham a mesma mudança das variáveis de resultado ao longo do tempo (MEYER, 1995; FOGUEL, 2012). Desse modo, qualquer efeito do tratamento seria capturado pela diferença da diferença das variáveis de resultado antes e após o tratamento (LECHNER et al., 2011).

Por outro lado, a hipótese de trajetórias paralelas entre os grupos de controle e tratamento é um pressuposto de identificação forte, especialmente em cenários com muita heterogeneidade entre as observações (ABADIE, 2005). Embora não seja possível testar diretamente essa suposição, pode-se verificar se as tendências no tempo entre municípios tratados e não tratados foram iguais nos períodos anteriores à intervenção.

5.3.3 Efeito Homogêneo da Lista De Municípios Prioritários

(i) Estimando o *Propensity Score*

Para garantir as tendências paralelas entre os municípios listados e os municípios de controle no pré-tratamento e também para evitar o viés de seleção da LMP será utilizado o *Propensity Score Matching* como etapa de pré-processamento para filtrar controles inadequados. A ignorabilidade do tratamento, hipótese básica do método PSM, supõe que apenas as características observadas sejam relevantes na seleção de municípios listados. Além disso, o PSM requer que exista uma região considerável de

sobreposição nas medidas de distância ou nos escores de propensão das observações tratadas e não tratadas da amostra.

Conforme Angrist e Pischke (2008), a estimação do *propensity score* será feita em dois passos: primeiro, estima-se $P(X_i)$ através de um modelo de escolha binária, logit ou probit. Em seguida, será calculado um esquema de pesos utilizado para agregar o resultado potencial dos indivíduos do grupo de controle.

Portanto, na primeira etapa da estimação do *propensity score* será estimada uma equação de probabilidade do município participar da LMP a partir de procedimentos paramétricos para a estimação de probabilidade. No caso do presente trabalho, o modelo logit. Para a estimação dessa equação, uma amostra de municípios listados e não listados será reunida e, então, a probabilidade de ser listado será estimada a partir do conjunto de variáveis (X) observadas.

No modelo logit, a variável dependente será uma variável *dummy* de tratamento (município ser listado igual a 1 e 0, caso contrário). Portanto, $p(X)$ será estimado usando taxas de desmatamento passadas (pré-2008) no vetor X , ou seja, o critérios usados pelo MMA para inclusão na lista. Além dos três critérios de seleção oficiais, também serão incluídas características de pré-tratamento dos municípios como covariáveis⁵ correspondentes. Os critérios oficiais da lista são definidos como área total desmatada, área desmatada em 2005, 2006 e 2007, e o número de vezes que o desmatamento aumentou nos últimos cinco anos.

Após a estimação do modelo de participação dos municípios na lista, na etapa seguinte, os escores de propensão estimados são então utilizados para computar pesos necessários para balancear os municípios no grupo de controle sob a região de suporte tornando-os, na média, semelhantes aos tratados. No caso deste trabalho, os pesos são iguais a 1 para os municípios tratados e $\frac{\hat{P}(X)}{1-\hat{P}(X)}$ para os municípios de controle. A ponderação será feita a partir da técnica de pareamento dos k -vizinhos mais próximos com reposição, em que k refere-se a quantidade de vizinhos - nesta pesquisa os valores para k são 1, 2, 3, 4 e 10, conforme estratégia adotada por Cisneros, Zhou e Börner (2015). O pareamento com reposição significa que uma mesma unidade de controle pode ser pareado com diferentes unidades tratadas.

Dentre as técnicas de pareamento utilizam esquemas de pesos, Rosenbaum et al. (2010) afirma que os K -vizinhos que os grupos de comparação são formados ao selecionar os "vizinhos mais próximos" de cada unidade do grupo de tratamento. Esses "vizinhos" são as unidades do grupo de controle que minimizam a expressão $|P(X_i) - P(X_j)|$, na

⁵ Todas as covariáveis foram escolhidas a partir de estudos anteriores que trabalharam com a LMP e utilizaram o mesmo método proposto, como: Assunção, Gandour e Rocha (2013), Assunção et al. (2013), Hargrave e Kis-Katos (2013), Arima et al. (2014), Cisneros, Zhou e Börner (2015), Tasker e Arima (2016) e Assunção e Rocha (2019).

qual $P(X_i)$ é o escore de propensão do participante i e $P(X_j)$ é o escore de propensão do participante j . A partir disso, os estimadores do método de pareamento colocarão maior peso sobre os municípios com maior probabilidade de serem tratados, o que resultará em grupos de tratamento e controle dentro da região de suporte comum.

(ii) Estimação por Diferenças em Diferenças (DD)

Como qualquer avaliação quase-experimental, a análise dos resultados continua sujeita ao viés não observável. Esse viés não pôde ser totalmente corrigido pelo PSM, razão pela qual o utilizamos como uma técnica de pré-processamento. Considera-se, então, a suposição mais fraca de tendências paralelas e o controle dos efeitos fixos não observados do município.

Portanto, após a estimação do *propensity score*, o trabalho utilizará a abordagem de dados em painel com o estimador de diferenças em diferenças (DD), seguindo a estratégia adotada por Almeida et al. (2019). Conforme dito anteriormente, este método permite comparar os municípios listados com municípios não listados antes e depois da LMP. O modelo que admite o efeito homogêneo de participação (modelo DD convencional) usado para estimar a efetividade da LMP sobre os indicadores de saúde e produtividade está descrito na equação a seguir.

$$y_{it,k} = \delta_t + \beta D_{it} + \sum_k \gamma_k X_{it,k} + \psi_i + \epsilon_{it} \quad (5.2)$$

em que y_{it} representa a variável de resultado k para o município i no tempo t , com k abrangendo todas as variáveis de resultado propostas pelo trabalho (índice de doenças relacionadas ao desmatamento, produtividade agrícola e produtividade na pecuária leiteira); δ_t dummie de tempo capta o efeito agregado em cada ano. D_{it} é uma variável binária $D_{it} = \{0, 1\}$ que assume valor unitário quando o município i é tratado após o início do programa (essa variável equivale a interação entre o tempo e tratamento para modelos com apenas dois períodos de tempo). Assim, D_{it} indica os municípios listados após o início da política e β mede o efeito médio do tratamento, ou seja, a mudança média na variável de resultado devido à política de LMP de todos os anos após o tratamento; $X_{it,k}$ é um vetor de covariadas; ψ_i é o efeito fixo do município que capta todas as influências localmente invariantes no tempo e ϵ_{it} é o termo de erro.

Embora alguns municípios tenham sido removidos da lista posteriormente, não se espera que o efeito da LMP desapareça imediatamente após o município ser liberado da lista. Somado a isso, a exclusão da lista está condicionada ao registro de ao menos 80% das terras elegíveis no CAR, medida esta que melhora a capacidade de monitoramento do Governo sobre a cobertura de terra mesmo depois que um município é liberado

da lista (ARIMA et al., 2014; CISNEROS; ZHOU; BÖRNER, 2015; TASKER; ARIMA, 2016).

6 Análise dos Resultados

Este capítulo discute o impacto da Lista de Municípios Prioritários (LMP) no desmatamento sobre indicadores socioeconômicos dos municípios do Bioma Amazônia. Desta feita, a partir do modelo de diferenças em diferenças, ponderado pelos pesos criados a partir do escore de propensão da probabilidade de participação do programa de produtividade agrícola, serão avaliados os efeitos indiretos da lista sobre a produtividade agrícola, a produtividade na pecuária e um índice de saúde de doenças diretamente relacionadas ao desmatamento.

Como ponto de partida, a região de sobreposição entre as curvas de densidade do escore de propensão dos grupos de tratados e controles permite uniformizar a amostra de municípios listados e não listados. Dada a minimização de suas diferenças médias, haverá como flexibilizar a hipótese de trajetórias paralelas admitida no modelo de diferenças em diferenças (DD). Dessa forma, a discussão dos resultados do impacto da LMP levará em conta a robustez garantida pela ponderação do modelo DD a partir do escore de propensão, embora sejam realizadas outras especificações.

6.1 Caracterização dos grupos tratado e controle

A base de dados era composta por 6.324 observações de 527 municípios do Bioma Amazônia, dos quais 60 eram municípios tratados ao longo dos 12 anos desta análise (2006-2017). Após o balanceamento do painel, a amostra foi reduzida para 5.160 observações com 430 municípios, destes apenas 53 são tratados.

Para uma melhor caracterização dos grupos estudados, a partir daqui é feita uma tentativa de diferenciar os grupos de tratamento e controle de acordo com os parâmetros estudados. Na Tabela 1 estão disponibilizadas as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas neste ensaio para os grupos. Observando as médias dessas variáveis é possível notar que os dois grupos são semelhantes, mas apresentam diferenças em alguns aspectos. Inicialmente, no que diz respeito às variáveis de resposta, as médias entre os dois grupos são bastante próximas, de maneira que, enquanto a produtividade média do setor agrícola é de aproximadamente R\$ 4.130,00 por hectare plantado para o grupo de tratamento, esse valor é de aproximadamente R\$ 4.330,00 para o grupo de controle. Em relação à produtividade da pecuária, nota-se que o grupo de tratamento é levemente mais produtivo - com cerca de 8,9 litros de leite por vaca ordenhada - em relação ao grupo de controle - com cerca de 0,7 litros de leite por vaca ordenhada. Nota-se também, que em média o indicador de saúde é superior no grupo de tratamento, sendo que essa diferença representa cerca de 11% do valor do índice de saúde

do grupo de controle.

Em relação às variáveis explicativas, o valor das médias para os dois grupos indica que os municípios pertencentes ao grupo de tratamento possuem maiores níveis de renda - com um PIB *per capita* de cerca de R\$ 15.900,00 - se comparado com o grupo de controle - que possui um PIB *per capita* médio de R\$ 11.800,00. Os tratados também superaram os não tratados no que diz respeito à área desmatada média. Enquanto os municípios contidos na lista de prioritários apresentam uma média de 4.148 hectares desmatados, os municípios do grupo de controle apresentam uma média bem menor, o que representa 891 hectares de desmatamento.

Os municípios do grupo de tratamento também possuem maiores médias no que se refere às variáveis do setor agropecuário, diferenciando-se, em média, em 4.705 vacas ordenhadas, 3.646 litros de leite/vaca/ano, R\$ 59.266.000,00 de produção agrícola e 26.524 hectares de terras plantadas. Os municípios que compõem o grupo de tratamento também são mais povoados, com uma diferença média de cerca de 16.598 habitantes em relação ao grupo de controle.

Com diferenças na população, produção e produtividade, é de se esperar que as variáveis que representam o perfil ambiental do município também apresentem algumas divergências entre os dois grupos. Nota-se que, em média, o número de focos de incêndio é superior para o grupo de tratamento, o que representa um resultado esperado dado os valores da produção agrícola e da área plantada média. Os municípios pertencentes ao grupo de controle ainda apresentam maiores médias na temperatura (embora seja uma diferença marginalmente pequena) e na precipitação.

Os resultados obtidos com as estatísticas descritivas ainda demonstram que embora o grupo de controle possua um maior valor para a produção agrícola média, a participação da produção agrícola no PIB municipal é, em média, superior para o grupo de controle.

Partindo para análise da Tabela 2, na qual estão demonstradas as evoluções temporais das internações reportadas referentes às doenças que compõem o índice de saúde aqui utilizado segundo condição de tratamento da LMP. Em uma comparação dos anos final e inicial, nota-se que em relação aos casos de malária, houve uma redução de cerca de 87,5% dos casos referentes aos municípios que compõem o grupo de tratamento. Já em relação ao grupo de controle a redução ocorrida foi de cerca de 79,5%. Em relação às doenças respiratórias, o grupo de tratamento apresentou uma redução de cerca de 34% das internações, enquanto o grupo de controle reduziu os casos de doenças respiratórias em cerca de aproximadamente 11%. Os casos de dengue e diarreia também apresentaram reduções se compararmos os períodos final e inicial. Em relação à dengue, essa redução foi de aproximadamente 53% para o grupo de tratamento e 23% para o grupo de controle. Já em relação à diarreia, o número de

Tabela 1 – Estatística Descritiva das Variáveis

	Total		Média		Desvio Padrão		Coef. Var. (%)		Máximo		Mínimo	
	Tratado	Controle	Tratado	Controle	Tratado	Controle	Tratado	Controle	Tratado	Controle	Tratado	Controle
Produtividade Agrícola	53	377	4,13	4,33	2,77	3,82	67,1	88,1	29,2	50,6	0,552	0,248
Produtividade Pecuária	53	377	0,89	0,695	0,38	0,391	42,7	56,3	2,04	3,13	0,101	0
Índice de Saúde	53	377	12,9	11,6	10,9	10,9	85	94,2	86,5	110	0,227	0
PIBpc	53	377	15,9	11,8	14,8	13,8	92,9	117	118	210	2,36	1,35
Desmatado	53	377	4.148,00	891	2.713,00	922	65,4	103	18.440,00	5.738,00	577	0
Vacas	53	377	9.455,00	4.750,00	12.387,00	7.862,00	131	166	127.712	94.937	108	1
Leite	53	377	7.475,00	3.829,00	9.400,00	7.162,00	126	187	91.953	81.833	51	0
Incêndio	53	377	1.602,00	253	1.776,00	369	111	146	17.323	4.953	66	0
População	53	377	44.978,00	28.380,00	67.389,00	50.045,00	150	176	519.436	590.118	4.085	1.345
Valor Produção Agrícola	53	377	112.051,00	52.785,00	207.645,00	185.013,00	185	351	2.075.019	3.274.885	1.672	37
Área Plantada	53	377	47.601,00	21.077,00	89.352,00	77.493,00	188	368	607.684	1.205.669	751	19
Precipitação	53	377	2.102,00	2.035,00	391	552	18,6	27,1	3.133	3.888,00	793	571
Temperatura	53	377	27,3	27,2	0,881	1,1	3,23	4,05	30,3	33,9	25,2	21,5
Lotação	53	377	27,8	38,2	27,1	41,1	97,7	108	155	224	0,107	0,029
Densidade	53	377	3,19	15,4	3,4	27,8	107	180	18	309	0,322	0,151
Participação Agrícola	53	377	4,56	5,67	8,39	12,2	184	215	47,8	129	0,015	0,002
Densidade Estradas	53	377	22,3	48,3	12,3	36,9	55,2	76,3	48,6	203	3,37	0

Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa.

internações caiu cerca de 64,5% para o grupo de tratamento e 19,8% para o grupo de controle.

Em suma, a Tabela 2 demonstra que as internações das doenças que compõem o índice de saúde foram reduzidas em maior proporção nos municípios que compõem o grupo de tratamento. A Tabela 2 ainda demonstra que na maioria dos anos analisados, as doenças respiratórias representavam o maior peso no índice de saúde. No entanto, houve uma redução da participação das doenças respiratórias na construção de saúde, tanto no grupo de tratamento quanto no grupo de controle.

Tabela 2 – Internações anuais por tipo de doença segundo condição de tratamento

Grupo	Ano	Malária	Respiratórias	Dengue	Diarreia
Controle	2006	72.156	998.412	45.816	246.408
Tratamento	2006	24.048	276.156	12.936	96.468
Controle	2007	44.160	1.083.492	76.248	219.012
Tratamento	2007	17.016	305.352	14.340	83.148
Controle	2008	25.080	949.404	87.024	236.256
Tratamento	2008	8.244	252.576	25.584	67.344
Controle	2009	30.744	1.110.168	122.448	255.312
Tratamento	2009	10.128	281.952	17.808	62.052
Controle	2010	36.780	1.069.356	151.224	296.028
Tratamento	2010	11.100	248.004	30.528	71.220
Controle	2011	33.288	1.079.880	112.608	262.080
Tratamento	2011	9.876	254.688	24.960	67.284
Controle	2012	18.216	962.064	95.832	261.372
Tratamento	2012	7.836	224.652	19.044	71.580
Controle	2013	14.184	1.022.712	76.848	244.920
Tratamento	2013	5.556	251.784	18.276	68.352
Controle	2014	12.324	962.520	44.412	248.952
Tratamento	2014	43.68	233.460	11.388	69.048
Controle	2015	11.784	888.228	54.780	203.592
Tratamento	2015	2.520	204.744	11.652	45.792
Controle	2016	13.740	786.720	52.476	247.056
Tratamento	2016	2.388	182.124	15.444	49.068
Controle	2017	14.772	888.768	35.136	197.628
Tratamento	2017	2.988	181.860	6.060	3.4236

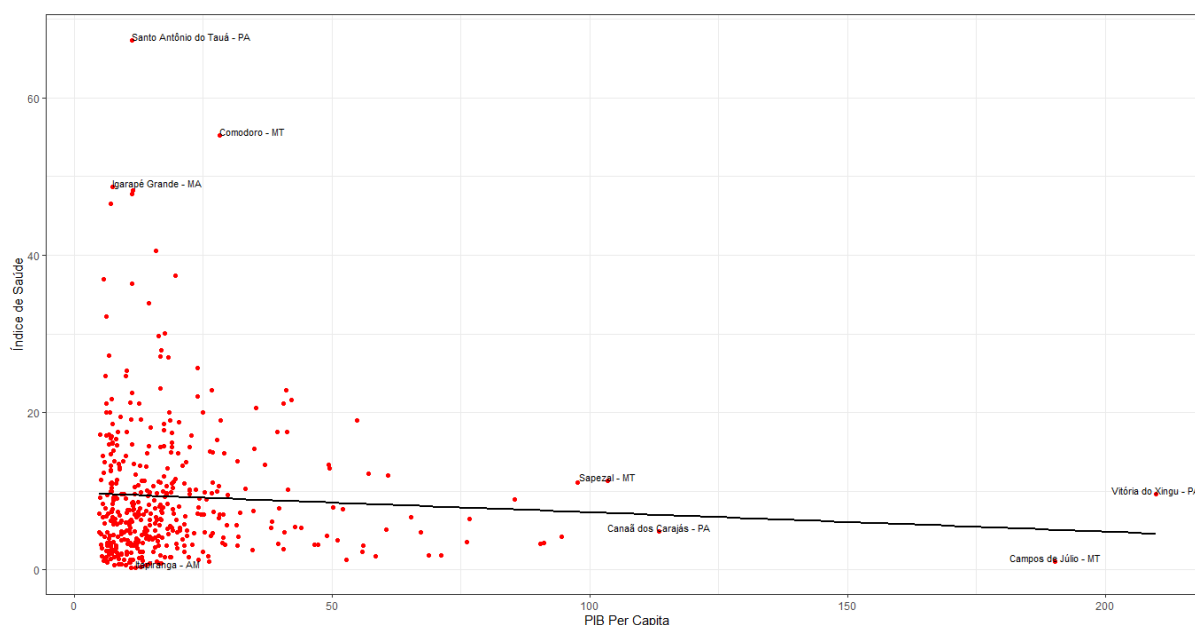
Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados do estudo.

Buscando verificar se a riqueza municipal per capita leva a uma maior capacidade de gestão do município para desenvolver seu sistema de saúde, o que explica a tendência dos níveis de saúde de um grupo populacional, a Figura 2 exibe a relação entre o Índice de saúde e o PIB per capita dos municípios pertencentes ao Bioma Amazônia. Inicialmente não é possível identificar que o aumento do PIB per capita das entidades administrativas irá representar em uma melhora proporcional no indicativo de saúde,

demonstrando que este indicador de saúde pode estar atrelado a fatores externos ao aumento do PIB per capita.

Este resultado pode ser evidenciado ao analisarmos municípios como o de Campo de Júlio - MT e Vitória do Xingu - PA, os quais possuem os dois maiores PIB per capita da amostra, mas possuem índices de saúde piores do que os encontrados nas cidades de Sapezal - MT e Canaã dos Carajás - PA. O contrário também pode ser visto ao se analisar as cidades com os piores índices de saúde da amostra, Santo Antônio do Tauá - PA e Comodoro - MT, e a cidade de Itapiranga - AM, a qual possui PIB per capita parecida, mas possui o melhor índice de saúde entre os municípios. Ou seja, este resultado sinaliza a existência de outros fatores, além do crescimento econômico, que explicam a melhora do índice de saúde da região amazônica.

Figura 2 – Relação entre o índice de doenças e o PIB *per capita* dos municípios do Bioma Amazônia



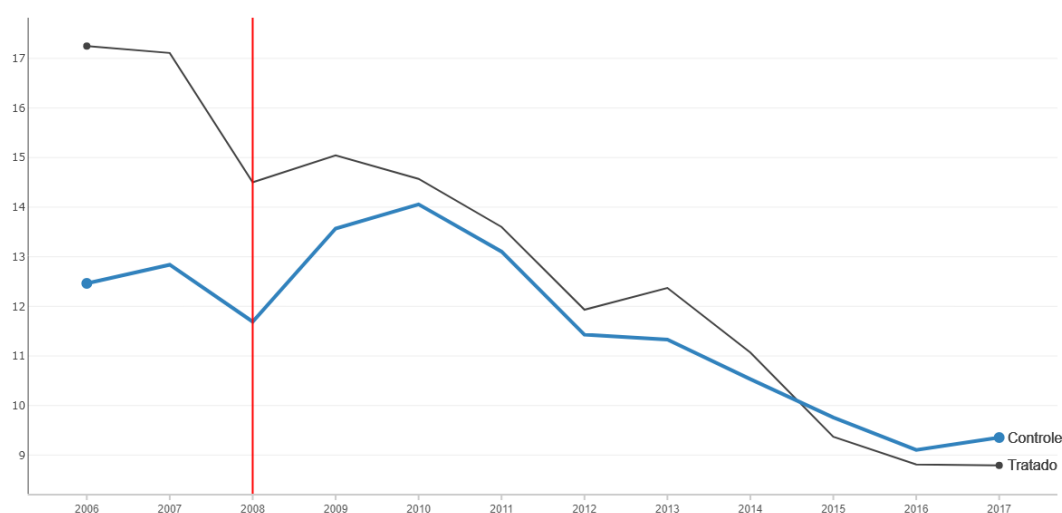
Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa.

Como dito anteriormente, o modelo de DD identifica o impacto causal da LMP a partir da suposição da ausência de características não observadas que influenciam as mudanças nas variáveis de resultado e a probabilidade de ser inserido na LMP simultaneamente, a chamada hipótese de tendências paralelas. Essa hipótese de identificação é respeitada se as tendências nos resultados dos grupos de tratamento e controle forem paralelas nos anos anteriores à intervenção política. A verificação visual dessas tendências são expostas a seguir.

A Figura 3 ilustra a trajetória média do índice de saúde durante o período de 2006 até 2017. É possível observar que nos anos que antecedem o tratamento, o número de internações pelas doenças que compõem o índice foi bem superior nos municípios

tratados. Após o tratamento, os dois grupos apresentaram uma queda no índice, no entanto, o grupo de tratados exibe uma redução mais expressiva, chegando a ficar abaixo do nível do grupo de controle a partir de 2014. Além disso, a hipótese de retas paralelas parece ser respeitada no período de pré-tratamento.

Figura 3 – Evolução do índice de internações hospitalares por grupos de municípios tratados e de controle da LMP no período de 2006 a 2017 - dengue, malária, diarreia e doenças respiratórias

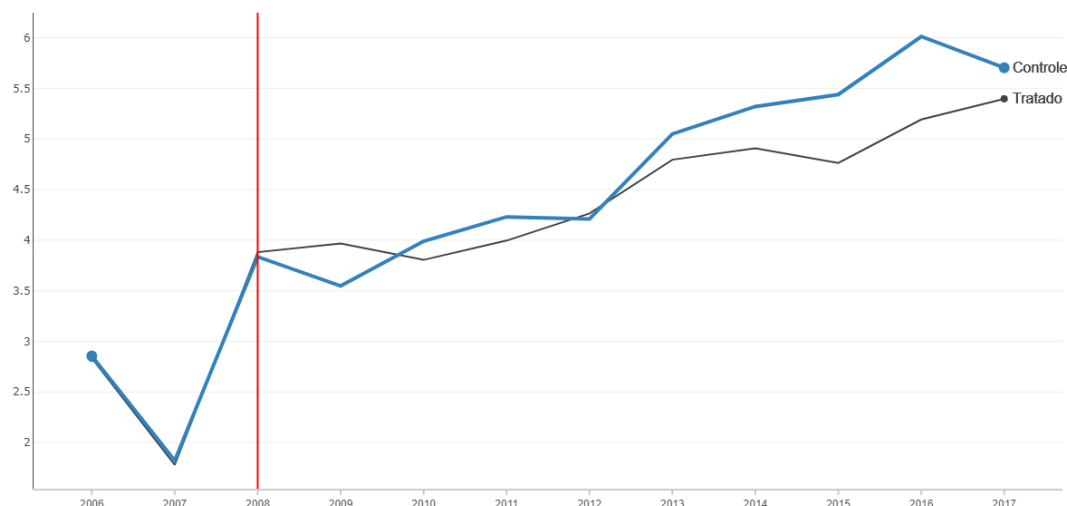


Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa.

A Figura 4 representa a produtividade agrícola média dos municípios estudados. Nota-se que ambos os grupos, controle e tratado, apresentavam trajetórias e patamares similares durante o período de pré-intervenção¹. Após a política, os dois grupos exibiram ganhos de produtividade agrícola, entretanto, a intensificação do grupo de tratados foi abaixo do grupo de controle. O mesmo pode ser identificado ao analisar a Figura 5, na qual é possível identificar trajetórias similares na produtividade da pecuária leiteira no período anterior à política, apesar da pecuária leiteira apresentar um nível mais elevado de produtividade nos municípios tratados. Após 2008, a Figura 5 sugere que os dois grupos apresentaram ganhos de produtividade.

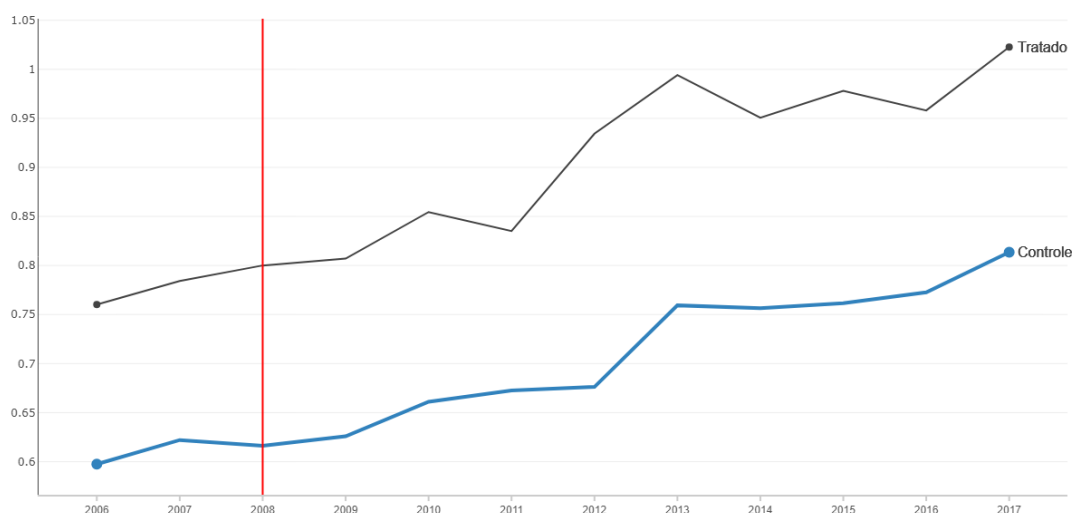
¹ A Moratória da soja foi responsável pela redução significativa da produtividade agrícola observada na Figura 4 após o ano de 2006. Introduzida em 2006, a Moratória da Soja é um acordo comercial que proibia a compra de soja produzida em terras recentemente desmatadas do bioma Amazônia Hargrave e Kis-Katos (2013)

Figura 4 – Evolução da produtividade agrícola por grupos de municípios tratados e de controle da LMP no período de 2006 a 2017



Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa.

Figura 5 – Evolução da produtividade na pecuária leiteira por grupos de municípios tratados e de controle da LMP no período de 2006 a 2017

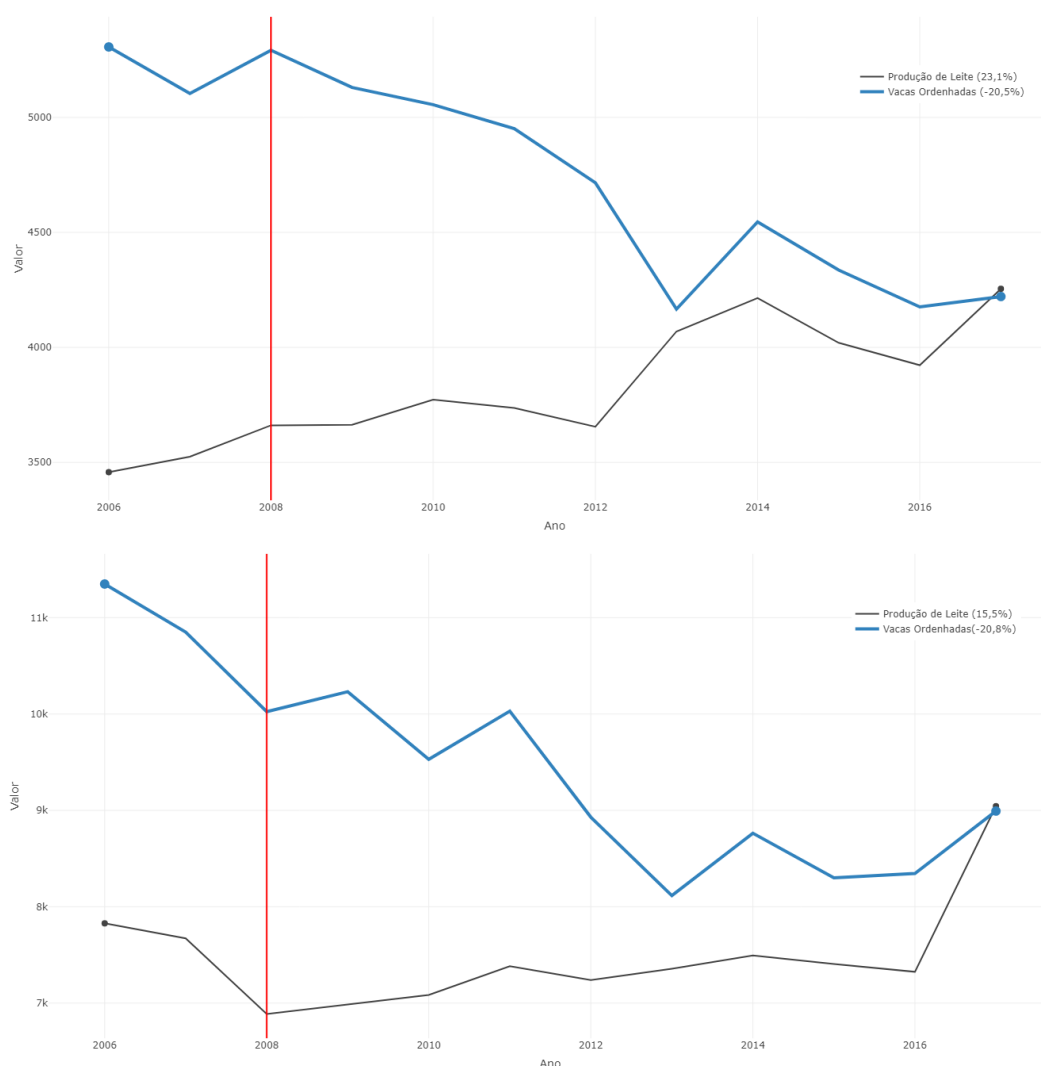


Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa.

Uma análise adicional com os dados utilizados na construção da variável de produtividade na pecuária leiteira é feita a partir da figura Figura 6. O primeiro gráfico da figura, ilustrando a produção de leite e vacas ordenhadas dos municípios de controle no período de 2006 a 2017, revela que a produção de leite cresceu 23,1% e o número de vacas ordenhadas diminuíram em 20,5%. Já o segundo gráfico, ilustrando o mesmo

conjunto de dados para os municípios tratados, indica que a produção de leite nesses municípios aumentou em 15,5% e o número de vacas ordenhadas apresentou uma redução mais acentuada frente aos municípios de controle, em 20,8%. Essa diferença indica o ganho de eficiência no sistema produtivo de leite, ou seja, nos dois grupos as vacas ordenhadas passaram a produzir cada vez mais leite ao longo dos anos.

Figura 6 – Produção de leite (1.000 L) e número de vacas ordenhadas (1.000 cabeças) dos municípios do Bioma Amazônia no período de 2006 a 2017



Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa.

As análises ingênuas das variáveis de impacto apresentadas até aqui não representam resultados justos, visto que os grupos exibem grandes diferenças nas características pré-política, como será visto adiante. Portanto, os desequilíbrios nas covariáveis observáveis no estudo os indicadores acima podem levar à conclusões diferentes do que pode ser observado com uso de modelos adequados. Além disso, embora visualmente as variáveis de resultado apresentem trajetórias similares antes da intervenção política, a hipótese de retas paralelas só seria realmente testada com uso de placebos, nos quais

assume-se que a LMP começou antes da real data de início e é testado se o efeito da política não é resultado de diferenças preexistentes entre os municípios tratados e de controle.

Devido à indisponibilidade de dados, a análise do presente trabalho limita-se à janela temporal de 2006 a 2017. Uma vez que a base de dados permite a análise de apenas dois anos de pré-tratamento, torna inviável testar a hipótese de tendências paralelas por meio de placebos o que permitiria verificar se os resultados dos municípios de controle poderiam ser bons preditores do cenário contrafactual das unidades sob tratamento. Logo, isso justifica a aplicação do *propensity score matching* que garantirá a homogeneidade entre os grupos de tratamento e controle, possibilitando uma melhor identificação do impacto causal da LMP a partir do modelo DD.

6.2 Resultado do Pareamento

O primeiro passo para identificar o impacto da Lista de Municípios Prioritários (LMP) é estimar a probabilidade de recebimento do tratamento para os municípios listados e não listados. Os valores foram obtidos para dados de 2007, período anterior ao tratamento dos municípios. Esta amostra reúne 430 municípios, dos quais 53 fazem parte do grupo de tratados. A partir daí, foram estimadas diversas especificações do modelo *logit*, e optou-se por aquela que garantisse: a menor perda possível de municípios no processo de pareamento, além da melhor qualidade possível do balanceamento em características observáveis entre tratamento e controle.

Embora os critérios de seleção da LMP sejam conhecidos, acredita-se que outros critérios podem influenciar na probabilidade do município ser listado ou não, visto que os autores Cisneros, Zhou e Börner (2015), (ANDRADE, 2017) e Assunção e Rocha (2019) não conseguiram reproduzir as listas publicadas apenas com os critérios oficiais. Assim, além dos critérios oficiais de seleção, também foram consideradas outras características de pré-tratamento do município como covariáveis correspondentes. Diante disso, as estimativas dos determinantes da participação dos municípios na LMP, controlados para os critérios oficiais de seleção, determinantes de seleção política, fatores socioeconômicos e acessibilidade do desmatamento, estão exibidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados da estimação do modelo Logit para a probabilidade dos municípios serem listados em 2007

	<i>Variável Dependente:</i>
	Tratado
Critérios Oficiais de Seleção	
Desmatado	0.0002* (0.0001)
Desm_3_anos	0.001*** (0.0002)
Determinantes de Seleção Política	
Dummy_pref	−1.113* (0.579)
Dummy_gov	−0.555 (0.348)
Fatores Socioeconômicos	
Pib_pc	0.040* (0.022)
Acessibilidade do Desmatamento	
Densid_Estradas	0.042*** (0.010)
Constant	−2.275*** (0.621)
Observations	430
Log Likelihood	−127.592
Akaike Inf. Crit.	269.183

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa.

Inicialmente, pode-se perceber que a maioria dos coeficientes estimados do modelo se mostraram significativos, o que indica uma real diferença nessas características entre os municípios tratados e não tratados antes do pareamento. Quanto aos critérios de seleção, área total desmatada no município e área desmatada nos últimos três anos

elevam a probabilidade do município ser listado, como o esperado.

Os controles para determinantes de seleção política, primeiramente, o fato do prefeito pertencer ao mesmo partido do presidente vigente em 2007 reduz a probabilidade de o município ser tratado em 4 pontos percentuais, observando os efeitos marginais expostos na Tabela A.2 no Apêndice. Já o fato de o governador estadual pertencer ao mesmo partido do presidente da República vigente no ano de 2007 não possui influência sobre a probabilidade de ocorrer ou não a participação na LMP. Tal resultado é similar ao encontrado por Jacobs e Anechiarico (1992), Cisneros, Zhou e Börner (2015), no qual os autores afirmam que o prefeito pertencer ao mesmo partido do presidente do Brasil dá uma maior autonomia na política ambiental aos municípios, confirmando que políticas de divulgação pública têm um potencial considerável para melhorar a governança em setores como a prestação de serviços públicos e a governança de recursos naturais motivados tanto pelo risco de reputação quanto por canais externos de pressão política ou apoio financeiro e logístico de ONGs e administrações públicas internacionais.

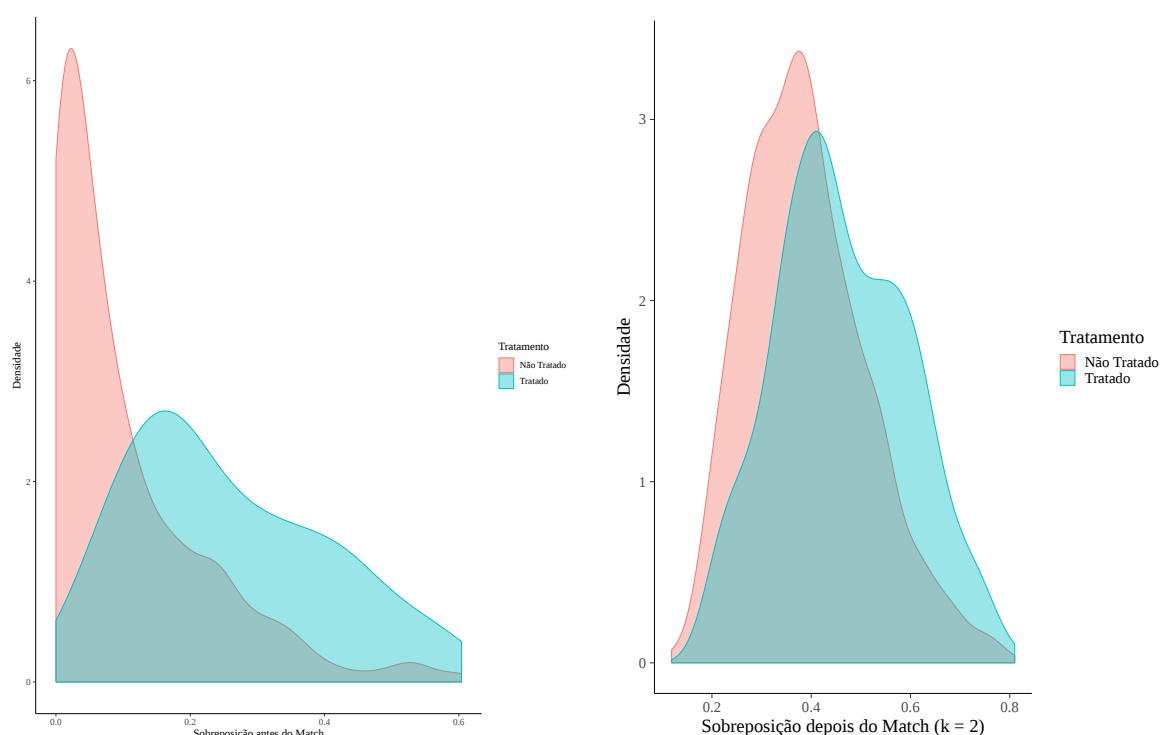
Por outro lado, o controle da escala geral da atividade econômica, PIB *per capita* mostrou uma relação positiva e significativa com a probabilidade do município ser listado. Esse resultado corrobora com a literatura nacional e internacional, que enfatizam o papel da atividade econômica no aumento da pressão sobre o desmatamento (KIRBY et al., 2006; NEPSTAD et al., 2009; HARGRAVE; KIS-KATOS, 2013). Portanto, um incremento unitário neste indicador socioeconômico resulta em um aumento de 0,2 pontos percentuais na probabilidade do município fazer parte do programa.

Por último, observando os efeitos marginais da variável densidade de estradas, representando os fatores de acessibilidade do desmatamento, um metro de estrada aumentou em 0,21 pontos percentuais a probabilidade do município ser listado em 2007. A princípio, essa relação confirma a hipótese de achados empíricos sobre a quantidade de estradas relacionadas ao aumento do desmatamento. Nelson e Hellerstein (1997), Mena, Bilsborrow e McClain (2006) e Hahn et al. (2014) em estudos feitos na Amazônia brasileira, verificaram um aumento da área total florestada do município à medida que este possuía uma menor densidade de estradas.

Com os parâmetros estimados a partir da aplicação do modelo *logit*, foi possível calcular o escore de propensão para cada município e, na sequência, o pareamento dos municípios tratados com municípios de controle pela técnica do vizinho mais próximo, métrica que selecionou para o grupo de controle aquelas unidades mais similares às tratadas, excluindo as demais. Inicialmente, para assegurar a qualidade dos pareamentos é apresentada a sobreposição das curvas de densidade do escore de propensão para os grupos de tratamento e controle, antes de depois do pareamento aos dois vizinhos mais próximos.

A escolha por dois vizinhos mais próximos com reposição justifica-se por esta métrica apresentar o melhor ajustamento da região de sobreposição. Após o *matching* com dois vizinhos mais próximos, a amostra reduziu para 1.510 observações, incluindo 53 municípios tratados e 73 controles, o que significa que um mesmo município de controle foi pareado a mais de um município tratado. As curvas de densidade dos demais vizinhos estão expostas em Anexo. Um indicativo da existência de uma área de suporte pode ser visualizada à esquerda da Figura 7, ou seja, a hipótese de suporte comum, condição necessária para a realização do PSM, está sendo respeitada. Na citada ilustração, as curvas de densidade do *propensity score* entre os dois grupos têm uma região de sobreposição, ratificando a possibilidade de compatibilização entre as unidades para o processo de pareamento. Após o pareamento, à direita da Figura 7, observa-se um melhor ajustamento das distribuições, cobrindo um maior número de indivíduos.

Figura 7 – Sobreposição antes e após o matching



Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa.

Também parece ser satisfatória a distribuição das características observáveis nos dois grupos após o pareamento usando os dois vizinhos mais próximos², conforme Tabela 4, que apresenta os testes de médias das covariadas utilizadas na estimação do modelo *logit*, como recomenda Ho et al. (2007). Algumas das variáveis utilizadas no modelo *logit* tinham médias estatisticamente diferentes nos dois grupos antes do pareamento.

² O resultado do teste de balanceamento de médias para as estimações com os demais vizinhos mais próximos estão dispostos na Tabela A.3 em Anexo.

Tabela 4 – Resultado do Teste de Balanceamento de Médias após o pareamento com dois vizinhos mais próximos

Variáveis		Média Tratamento Controle		Teste de Média p-valor
Desmatado	NP	4148,10	891,40	0,0000
	P	2891,90	2775,40	0,6800
Desem_3_anos	NP	1492,50	899,62	0,0000
	P	1432,90	1645,20	0,1040
Dummy_pref	NP	0,13	0,18	0,0040
	P	0,09	0,13	0,6100
Dummy_gov	NP	0,36	0,39	0,1290
	P	0,38	0,37	0,9120
Densid_Estradas	NP	22,32	48,35	0,0000
	P	23,91	22,48	0,6220
Pib_pc	NP	15,91	11,78	0,0000
	P	7,99	7,58	0,6880

Nota: NP=não pareada; P=pareada

Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa

Após o pareamento, em todos os casos, não foi possível rejeitar a hipótese nula de que as médias de ambos os grupos são iguais a um nível de significância de 10%, com exceção da variável *Desm_3_anos*, a qual não rejeita a hipótese nula a 5%.

Portanto, uma vez assegurada a validade das hipóteses de identificação do impacto causal da Lista de Municípios Prioritários (LMP), na etapa seguinte serão apresentados os resultados da estimação dos modelos de diferenças em diferenças sobre as variáveis de resultado propostas neste trabalho.

6.3 Estimativas da Efetividade do Programa sobre o Índice de Saúde

As estimativas do impacto indireto da Lista de Municípios Prioritários (LMP) estão dispostas nas Tabela 5 e Tabela 6. Cada tabela possui resultados para diferentes especificações e diferentes métodos de estimação do modelo DD convencional, com efeito homogêneo de participação no programa (independente do tempo de exposição ao tratamento). Dessa forma, a efetividade da LMP é computada por três indicadores: i) índice de doenças relacionadas ao desmatamento; ii) produtividade agrícola; e

iii) produtividade na pecuária. Para obtenção de estimativas mais robustas, alguns modelos foram controlados por variáveis observáveis variantes no tempo e por efeito fixo municipal.

Como pode ser observado na Tabela 5, é possível verificar efeitos significativos da LMP sobre o índice de saúde em todos os modelos. Os modelos (1) e (2), representando os modelos de mínimos quadrados ponderados pelo escore de propensão, revelaram um impacto altamente significativo mesmo após controlar por variáveis que afetam, ao mesmo tempo, a probabilidade de serem listados e o índice de saúde revelaram um impacto altamente significativo. No entanto, este método de avaliação adotado, regressão linear reponderado pelo PSM, apenas elimina o viés por características observadas dos municípios tornando os resultados dos modelos (1) e (2) viesados.

Por esse motivo, o uso de dados longitudinais, controles para a heterogeneidade específica do município e o estimador de diferenças em diferenças combinado ao método PSM, além de controlar o viés por características observáveis, também permitiu controlar o viés por fatores não observados invariantes no tempo no processo de seleção dos municípios tratados nos modelos (3) e (4), fornecendo estimativas estatisticamente mais robustas para a análise de impacto do programa.

Tomando os modelos (3) e (4) como norte central da avaliação, o fato de um município constar na LMP diminuiu o número de casos de internações por doenças respiratórias, diarreia, dengue e malária em 28,2%, conforme observado no modelo (3). Mesmo após o acréscimo separado das variáveis observáveis de controle no modelo (4), o efeito da LMP permaneceu, indicando que nenhum outro fator é responsável pelo efeito do programa sobre a redução dos casos de internações das doenças relacionadas ao desmatamento. Isso corrobora a conclusão da maioria dos estudos já realizados, nas mais diversas escalas, ligando a ocorrência do desmatamento a um aumento na incidência desses quatro tipos de doenças.

Tabela 5 – Estimativas de impacto da Lista de Municípios Prioritários sobre o Índice de Saúde de doenças relacionadas ao desmatamento (2006-2017). Especificação DD Convencional (efeito médio homogêneo)

Variável de Resultado: Índice de Saúde (log)				
	Mínimos Quadrados Ponderados		Efeito Fixo	
	(1)	(2)	(3)	(4)
ATT	0.192*** (0.047)	0.141*** (0.052)	-0.282*** (0.064)	-0.232*** (0.065)
Covariadas	Não	Sim	Não	Sim
Efeito Fixo	Não	Não	Sim	Sim
Observações	1510	1510	1510	1510

Nota: Valores sucedidos dos símbolos ***, ** e * indicam significância estatística a nível de 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa

Conforme Junior, Mation e Sakowski (2015), adotar o nível do município facilita o uso das conclusões deste estudo pelos formuladores de políticas públicas ambientais e de saúde, uma vez que a maioria desse tipo de estudo ocorrem no nível intraestadual. Análises municipais são excelentes fontes de detalhe para áreas particulares e favorecem a elucidação dos mecanismos ecológicos envolvidos.

Além disso, não existem estimativas da área de influência de algumas das doenças utilizadas na construção do índice. A área relevante para a reprodução do mosquito vetor da malária, por exemplo, pode passar 7 km de raio por indivíduo (VITTOR et al., 2009). Isso indica que talvez sejam necessárias escalas relativamente grandes para captar adequadamente a influência da redução do desmatamento ocorrido nos municípios afetados pelo programa sobre as doenças consideradas no índice. Dentre os estudos que analisam a relação entre o desmatamento e a malária, dengue, diarreia e doenças respiratórias, Pattanayak et al. (2006), Hahn et al. (2014) e Braz, Duarte e Tauil (2014), utilizaram dados por unidades federais, já Olson et al. (2010) e Vittor et al. (2006) fizeram uso de dados municipais de casos de internação dessas doenças. Por fim, a escolha pelo nível do município para a análise torna-se bastante atraente por oferecer relativa abundância de dados.

Os resultados aqui encontrados estão em concordância com vários estudos nacionais e internacionais que garantem a relação dessas doenças com os níveis de desmatamento. Vanwambeke et al. (2007), mostraram que a queda nas taxas de desmatamento na Tailândia teve impacto sobre a redução de mosquitos transmissores da dengue, apesar da menor quantidade de vetores não implicar necessariamente na maior incidência da doença. Os resultados apresentados por esta pesquisa também mostraram-se similares aos encontrados por Guimarães et al. (2016) e Vittor et al. (2006), em estudos feitos para

os municípios da Amazônia Legal, nos quais os autores compararam as tendências da taxa de desflorestamento da Amazônia Legal com o número de internações de malária e dengue. Guimarães et al. (2016), verificou que os estados do Amazonas, Acre e Roraima apresentaram reduções no número de casos de malária em 71%, 67% e 15% no período entre 1996 e 2012, ao mesmo tempo que houve uma redução de 70% do desmatamento da Amazônia.

De maneira semelhante, Vittor et al. (2006), ao verificar o efeito do desmatamento sobre os casos de ocorrência de infecção por malária na Amazônia Peruviana, observaram que a taxa de picada do mosquito anopheles³, diminuíram com a redução desmatamento em áreas próximas a unidades de conservação recém-criadas. Por último, Smith et al. (2014) observaram que a redução do desmatamento durante o inverno na Amazônia Brasileira mostrou uma queda significativa (-1,2% a - 267%) nas hospitalizações por doenças respiratórias nos municípios amazônicos.

De modo a explorar os mecanismos que orientam o relacionamento das doenças com o desmatamento, Hacon et al. (1995), Garg (2015) e Smith et al. (2014) afirmam que um menor número de incêndios e nuvens de fumaça, em virtude da redução do desmatamento durante o inverno amazônico, reduz a quantidade de material particulado fino lançado pela fumaça. Quando inaladas, essas partículas ameaçam a saúde humana, podendo chegar ao fundo dos pulmões e causar irritação da garganta e pulmões, gerando problemas respiratórios. Já Vittor et al. (2006) e Pattanayak e Pfaff (2009) expõem as possíveis formas que o desflorestamento afeta as doenças transmitidas por vetores, incluindo malária e dengue.

Segundo os autores supracitados, mudanças ecológicas (temperaturas mais altas no solo, formação de poças, quantidade e duração da luz solar, eliminação de espécies que atacam larvas dos mosquitos) e mudanças comportamentais humanas (aumento do contato humano devido à localização das áreas desmatadas para assentamentos e migração), podem ligar a perda florestal ao aumento da incidência de casos de malária e dengue. Tais mudanças influenciam a sobrevivência das larvas até a fase adulta, assim como criam condições favoráveis para a propagação dessas doenças. Bauch et al. (2015), sugeriram que a perda da cobertura florestal pode atrapalhar o ciclo da água, alterando tanto a qualidade da água (aumentando a carga de micróbios causadores da diarreia na água) quanto a quantidade da água, o que pode causar diarreia nas comunidades a jusante. A interrupção do desmatamento, portanto, leva a filtragem e purificação da água através de áreas florestais por processos naturais, aumentando a quantidade de água limpa disponível para higiene pessoal.

De todo modo, os parágrafos anteriores ilustram a dificuldade em explicar os mecanismos do efeito da LMP, como política anti desmatamento, sobre os casos de internação

³ Principal vetor da malária.

das doenças associadas ao desmatamento. Ainda que exista a presença de controles nos modelos, como o caso da regressão (4), isolar o efeito do tratamento sobre o índice de doenças não é uma tarefa fácil para controlar outras transformações simultâneas que podem ter afetado os municípios estudados, como investimentos em infraestrutura sanitária, que provavelmente influenciaria nas condições socioeconômicas locais.

Embora os mecanismos biológicos que ligam a cobertura florestal e as doenças sejam complexos o que torna difícil separar os efeitos da redução da perda de árvores nos resultados de saúde, acredita-se que a estratégia de identificação adotada nesta pesquisa, diferente daquelas utilizadas pelos autores citados no parágrafo anterior, forneça novas e úteis evidências. De modo geral, a precisão dos resultados decorre, como mencionado anteriormente, da incorporação de controles para características observáveis e não observáveis invariantes no tempo, das tendências macroeconômicas e do escore de propensão nos modelos. Além disso, a análise feita da Tabela 2, na seção anterior, que exhibe a evolução das internações anuais das doenças que compõem o índice, fica evidente que os municípios listados foram melhor sucedidos quando comparado ao grupo de controle em questão.

6.4 Estimativas da Efetividade do Programa sobre a Produtividade Agrícola e na Pecuária Leiteira

A partir daqui este trabalho foca no impacto da Política de Municípios Prioritários (LMP) sobre a produtividade agrícola e produtividade na pecuária leiteira. De maneira esclarecedora, a estabilidade das estimativas entre os modelos pode ser interpretada como uma indicação de que as metodologias controlam adequadamente as diferenças não observadas, enquanto a instabilidade dos resultados auferidos indica que a estimativa do efeito está sujeita a cautela. Em vista disso, a análise se inicia pelos efeitos da LMP nas tendências da produtividade agrícola dos municípios tratados.

Este trabalho adotou como medida de produtividade agrícola o valor bruto da produção agrícola por hectare de área colhida das seis principais culturas do Bioma Amazônia (soja, milho, açúcar, algodão, arroz e mandioca). Observando a Tabela 6, os modelos (1) e (2) estimados por mínimos quadrados ponderados pelo escore de propensão, sugerem que os municípios prioritários aumentaram a produtividade agrícola em 10,6%, sem o uso de covariadas, e em 15,2% após o acréscimo das covariadas no modelo.

De modo contrário, as regressões realizadas a partir do estimador de diferenças em diferenças combinado ao método PSM, modelos (3) e (4), apresentaram uma mudança do sentido do efeito da política sobre os municípios. No modelo (3), sem uso de covariadas, os resultados indicam que a política foi responsável por uma redução

de 8,4% na produtividade agrícola dos municípios listados. O uso de covariadas no modelo (4) torna o efeito do tratamento estatisticamente insignificante, possivelmente em razão do efeito do tratamento estar associado às variáveis de controle inseridas na regressão. Contudo, devido aos achados inconsistentes entre os dois métodos de estimativa, não é possível confiar no impacto do programa sobre a produtividade na agricultura. Além disso, os aumentos na produtividade agrícola dos municípios tratados observados na Figura 4, levariam, portanto, a resultados viesados desse indicador.

Feita a discussão acerca do papel do programa sobre a produtividade agrícola, o passo seguinte consiste em verificar os efeitos da LMP sobre a produtividade na pecuária leiteira. Nesse sentido, observando primeiramente os modelos (1) e (2) de mínimos quadrados ponderados, na Tabela 6, como suas estimações não levam em conta as características não observáveis, esses modelos apresentam coeficientes superestimados de impacto do programa: 27,2% sobre a produtividade na pecuária leiteira e 25,8% após o acréscimo das variáveis observáveis de controle. Na sequência, os modelos (3) e (4), que fizeram uso do estimador de diferenças em diferenças combinado ao método PSM, permitindo maior robustez e uma melhor identificação dos efeitos das ações do programa sobre o indicador de produtividade na pecuária leiteira.

Diante disso, o modelo (3) sugere que o programa é responsável por aumentar a produtividade da pecuária leiteira em 11,3% nos municípios listados. Após isolar o efeito do tratamento com a adição de covariadas, o modelo (4) continuou altamente significativo com um efeito de 12,7% sobre a produtividade na pecuária, resultados igualmente esperados, visto que os municípios listados possuem as maiores médias de vacas ordenhadas e litros de leite produzidos na maior parte do período estudado, além do recuo no número de animais ordenhados observado na Figura 6 evidencia a melhora na produtividade. Esses resultados estão de acordo com os resultados encontrados por Ermgassen et al. (2018), que também avaliaram a produtividade na produção pecuária de corte e leiteira em alguns municípios do bioma Amazônia. A partir do uso de dados primários para avaliar a produtividade na pecuária de corte e dados secundários para avaliar a pecuária leiteira, os autores observaram aumentos na produtividade dos dois sistemas e argumentam que este sucesso se deve à medidas de conservação, como um forte sistema de monitoramento e políticas ambientais mais restritivas.

Tabela 6 – Estimativas de impacto da Lista de Municípios Prioritários sobre a Produtividade Agrícola e Pecuária (2006-2017). Especificação DD Convencional (efeito médio homogêneo)

Variáveis de Resultado: Produtividade Agrícola e Produtividade Pecuária				
	Mínimos Quadrados Ponderados (1)	Mínimos Quadrados Ponderados (2)	Efeito Fixo (3)	Efeito Fixo (4)
Produtividade Agrícola ATT	0.106*** (0.031)	0.152*** (0.030)	-0.084* (0.045)	-0.064 (0.043)
Produtividade Pecuária ATT	0.272*** (0.030)	0.058** (0.025)	0.113*** (0.036)	0.127*** (0.035)
Covariadas	Não	Sim	Não	Sim
Efeito Fixo	Não	Não	Sim	Sim
Observações	1510	1510	1510	1510

Nota: Valores sucedidos dos símbolos ***, ** e * indicam significância estatística a nível de 1%, 5% e 10%, respectivamente.

Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa

De acordo com Almeida et al. (2016), produção de carne bovina faz uso dominante da terra na região do bioma Amazônia, as pastagens representam 65% da terra desmatada. Já o gado leiteiro compõe apenas 5% do gado do bioma, portanto, é mais provável que a produtividade da pecuária de corte seja afetada por mudanças induzidas por políticas que levam em conta custos e benefícios do desmatamento. No entanto, o uso das pastagens não é de uso exclusivo da pecuária de corte, uma vez que a criação de gado leiteiro, assim como o gado de corte, também é feita em pastagens. Nesse sentido, o próximo passo é refletir sobre os mecanismos que impulsionam os aumentos de produtividade medidos.

Como discutido anteriormente, a LMP torna o desmatamento ilegal menos atraente para os municípios listados por meio do aumento do número de multas, perda de receita por ter a propriedade dentro de um município com histórico de desmatamento ilegal, dificultando as vendas dos produtos da propriedade e restrições ao crédito ao crédito agrícola Börner e Vosti (2013). Diante destas sanções, a LMP deve reduzir o desmatamento e causar a substituição da terra por capital. Esses efeitos são confirmados pela literatura anterior sobre intensificação agrícola. Villoria, Byerlee e Stevenson (2014) propõem que a intensificação ocorre apenas quando a terra é um fator de produção escasso e os custos de oportunidade da terra são suficientemente altos. Especificamente no Brasil, Barretto et al. (2013) mostraram que a intensificação da produção pecuária e agrícola de 1960 a 2006 ocorreu nas regiões mais consolidadas, onde a terra era mais escassa do que nas áreas de fronteira. Nesse sentido, ao impedir

o avanço do desmatamento, a LMP limita⁴ a quantidade de áreas disponíveis para expansão agrícola e pecuária.

Em vista disso, a substituição induzida pela escassez exige que as tecnologias de aumento de rendimento estejam disponíveis e sejam acessíveis. A criação de gado de corte e leiteiro na Amazônia continua sendo, em grande parte, um sistema de produção de baixo insumo e existem muitas oportunidades para intensificar a produção por meio de um melhor gerenciamento das fazendas e pastagens ou pela introdução de confinamentos de gado⁵, sendo estes os possíveis mecanismos que levaram ao aumento da produtividade na pecuária leiteira nessa região Barbosa et al. (2015). A produção de soja na Amazônia é, no entanto, uma indústria tecnologicamente madura⁶), na qual os rendimentos já são comparativamente altos, o que torna o setor de soja menos responsivo a esforços para restringir a expansão desse tipo de cultura.

Por último, um outro mecanismo alternativo que também pode desempenhar algum papel na explicação do efeito da produtividade observado é o canal político. O risco de reputação política pode ter adicionado custos e incentivos adicionais àqueles impostos diretamente pela política, motivando uma melhor governança das prestações de serviços públicos e governança de recursos naturais. Em outras palavras, o apoio prestado pelos governos municipais pode ter ajudado os agricultores a aumentar sua produtividade. Isso pode ser confirmado pelos resultados apresentados na Tabela A.4 no Apêndice. O fato do governador pertencer ao mesmo partido do presidente afetou positivamente a produtividade na pecuária leiteira em 11,8%. Uma vez que essa variável controla algum tipo de influência do poder político nas relações entre os governos nacionais e federais, é provável que o governador pertencer ao mesmo partido do presidente da república traga favorecimento político àquele estado, aumentando a entrada de recursos investidos no sistema agropecuário local de modo a diminuir os custos fixos dos usuários da terra, como foi o caso da criação do Programa Municípios Verdes aplicado aos municípios listados do estado do Pará, em 2013, com o objetivo de mudar as tendências do desmatamento na amazônia e promover um modelo de produção mais sustentável (MUELLER, 2010).

⁴ É importante lembrar que o Decreto 6.321 estabelece que os municípios listados devem manter o desmatamento anual abaixo dos 40 km².

⁵ O sistema intensivo de confinamento é aquele em que as vacas leiteiras são mantidas confinadas em estábulos de ordenha e alimentadas com forragens conservadas. Este sistema é viável somente a animais especializados à produção de leite, exigindo uma tecnologia especial em seu manejo e mão de obra especializada (SANTOS; LOPES, 2014)

⁶ Segundo Garrett, Rueda e Lambin (2013), mais de 70% da produção brasileira de soja é geneticamente modificada.

7 Conclusões

Este trabalho investigou os efeitos indiretos da Lista de Municípios Prioritários (LMP) aplicada ao Bioma Amazônia. Ao contrário de outras avaliações desta política, este estudo está interessado nos efeitos que a redução dos níveis de desmatamento alcançados pelo programa teve sobre indicadores de saúde e produtividade agropecuária dos municípios participantes. Como dito anteriormente, esta pesquisa faz um incremento na literatura nacional, por construir de forma inédita um índice de doenças diretamente relacionadas ao desmatamento e por ser o primeiro trabalho a verificar outros impactos que uma política de conservação ambiental de sucesso pode ter, além das perdas florestais.

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho houve a preocupação de reduzir ao máximo o viés das estimativas calculadas, o que justifica o uso do método *Propensity Score Matching* (PSM), como etapa de pré-processamento e do modelo de Diferenças em Diferenças (DD), que eliminam o viés das características observáveis e não observáveis; a escolha cuidadosa das variáveis de controle e uso de diferentes métodos estatísticos na estimação dos modelos. Os resultados centrais corroboram a hipótese de que a redução do processo do desmatamento em municípios que já experimentaram altos níveis de desmatamento leva a uma queda nos casos de internações de malária, dengue, diarreia e doenças respiratórias, usualmente ligadas ao desmatamento. Além disso, também é confirmada a hipótese de que políticas de conservação ambiental que impõem restrições à quantidade de terras disponíveis para expansão pecuária levam à aumentos da produtividade nesta atividade econômica.

Os resultados das primeiras estimativas indicam que a LMP causou uma redução de 28,2% nos casos de internações por doenças respiratórias, diarreia, dengue e malária nos municípios atingidos pelo programa. Os resultados encontrados pelo trabalho sugerem ainda que a LMP foi responsável por aumentar a produtividade da pecuária leiteira em 11,3% nesses municípios. A direção e significância dos coeficientes destes dois principais resultados foram robustos às mudanças dos métodos de estimação. Por outro lado, a política não teve efeito consistente na produtividade agrícola.

Os resultados sugerem que em áreas com grandes lacunas de produtividade e com acesso à tecnologias de alto rendimento, como a pecuária leiteira brasileira, políticas que induzem à escassez de terras podem levar à intensificação. Além disso, a redução dos casos de internações de doenças relacionadas ao desmatamento associada à redução das práticas de desmatamento nos municípios listados pode ter ocorrido pelos seguintes mecanismos: a interrupção do desmatamento, que diminuiu a interação

entre pessoas e tornou o ambiente inóspito para a reprodução de larvas; a redução na emissão da fumaça de incêndios causados pelo desmatamentos; maior quantidade de água limpa para higiene.

Desse modo, ainda que não faça parte do plano de ações da LMP, tais resultados alcançados por este trabalho podem sinalizar a importância de políticas ambientais no Bioma Amazônia, uma vez que menores níveis de desmatamento podem modificar o comportamento de doenças nessa região. Jones et al. (2008) observaram que os recursos globais para combater o risco de doenças infecciosas emergentes são mal alocados: Os riscos são maiores em países em desenvolvimento e de baixa latitude dos trópicos. Portanto, do ponto de vista da saúde pública, fica clara a necessidade de que políticas de gerenciamento e infraestrutura da saúde no Bioma Amazônia levem em consideração o desmatamento como um importante fator ambiental, uma vez que a população da região Norte do país apresenta maior vulnerabilidade social às doenças transmitidas por vetores e pelas fumaças de incêndios.

Adicionalmente, estudar o impacto de políticas de conservação ambiental na produtividade agropecuária no Brasil é um trabalho importante, visto que este é um país onde a agropecuária desempenha um papel fundamental na economia nacional e também nos mercados internacionais de commodities agrícolas. Desse modo, para preservar os ganhos de produtividade na pecuária leiteira achados neste trabalho, políticas públicas e privadas precisam se complementar a fim de melhorar o acesso dos pecuaristas às tecnologias e ao capital, permitindo a adoção de sistemas intensivos de confinamento de gado. Esse cenário alternativo pode levar a ganhos ambientais e econômicos, tornando a pecuária leiteira uma atividade de baixo impacto ambiental, além de incentivar a reduzir os *trade-off* entre preservação dos recursos naturais e produção econômica.

A Lista de Municípios Prioritários (LMP) induziu uma quantidade substancial de custos de transação e despesas operacionais em nível local. Entretanto, medir os custos da experiência desta política não é um exercício direto. Portanto, a avaliação do custo-benefício da política a partir dos gastos do governo com políticas ambientais em oposição aos gastos com doenças relacionadas ao desmatamento fica como sugestão para trabalhos futuros. Tal análise permitirá observar o quanto o governo iria gastar com essas doenças na ausência da Lista de Municípios Prioritários.

Inevitavelmente, este estudo apresenta algumas limitações. Primeiro, o trabalho conta com apenas dois períodos anteriores ao tratamento, limite mínimo exigido pelo método de diferenças em diferenças (DD), em virtude da limitação dos dados. Segundo, não foi possível fazer uma análise completa da pecuária nos municípios do bioma por ser impossível construir uma medida da produtividade da pecuária de corte para o nível municipal devido à ausência de dados. Trabalhos futuros podem investir na

pesquisa de uma variável instrumental capaz de medir ganhos de produtividade na pecuária de corte e que seja adequada ao nível do município. Terceiro, as variáveis de produtividade agrícola e pecuária leiteira podem subestimar ou superestimar os reais ganhos de eficiência, uma vez que essas medidas apenas contabilizam os ganhos de produtividade da terra. Portanto, fazer uma análise da Produtividade Total dos Fatores (PTF), que computa os ganhos de produtividade da terra, capital e trabalho, permitirá uma análise mais cuidadosa e detalhada do impacto da LMP em trabalhos futuros. Por último, não foram controlados ou verificados possíveis efeitos de transbordamento do tratamento para os municípios vizinhos, como expansão de pastos ou área agrícola para os municípios vizinhos àqueles que tiveram restrições ao desmatamento.

A Lista de Municípios Prioritários é uma iniciativa de governança que trabalha em escala subnacional para controlar o desmatamento. Dessa forma, os resultados alcançados por este trabalho são relevantes para o debate em torno dos esforços para controle do desmatamento e novos modelos subnacionais de desenvolvimento para produção agropecuária sustentável (PEDRONI et al., 2009; NEPSTAD, 2017). O trabalho acrescentou a um corpo jovem da literatura, sugerindo que esforços subnacionais podem ser eficazes na reconciliação da conservação e uso da terra pela pecuária, assim como melhores resultados de saúde para doenças zoonóticas e respiratórias no bioma Amazônia.

Referências

- ABADIE, A. Semiparametric difference-in-differences estimators. *The Review of Economic Studies*, Wiley-Blackwell, v. 72, n. 1, p. 1–19, 2005.
- ABDALA, G. et al. Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na amazônia legal (ppc-dam) documento de avaliação 2004-2007. *Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente*, 2008.
- ALMEIDA, A. T. C. d. et al. Impacto do programa farmácia popular do brasil sobre a saúde de pacientes crônicos. *Rev. Saúde Pública*, Rev. Saúde Pública, v. 53, 2019.
- ALMEIDA, C. A. d. 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 Amazonica*, SciELO Brasil, v. 46, n. 3, p. 291–302, 2016.
- ANDRADE, L. C. d. *Spillover effects of blacklisting policy in the Brazilian Amazon*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2017.
- ANGRIST, J. D.; PISCHKE, J.-S. *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. [S.l.]: Princeton university press, 2008.
- ARIMA, E. Y. et al. Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from brazil. *Land use policy*, Elsevier, v. 41, p. 465–473, 2014.
- ARROW, K. et al. Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological economics*, Elsevier, v. 15, n. 2, p. 91–95, 1995.
- ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. Deterring deforestation in the brazilian amazon: environmental monitoring and law enforcement. *Climate Policy Initiative*, p. 1–36, 2013.
- ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. Deforestation slowdown in the brazilian amazon: prices or policies? *Environment and Development Economics*, Cambridge University Press, v. 20, n. 6, p. 697–722, 2015.
- ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C. C. e; ROCHA, R. Deforestation slowdown in the brazilian amazon: Prices or policies? 2012.
- ASSUNÇÃO, J.; ROCHA, R. Getting greener by going black: the effect of blacklisting municipalities on amazon deforestation. *Environment and Development Economics*, Cambridge University Press, v. 24, n. 2, p. 115–137, 2019.
- ASSUNÇÃO, J. et al. Does credit affect deforestation? evidence from a rural credit policy in the brazilian amazon. *Climate Policy Initiative*, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.
- BARBOSA, F. A. et al. Cenários para a pecuária de corte amazônica. *Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte, Brazil*, p. 154, 2015.
- BARRETO, P.; ARAUJO, E. O brasil atingirá sua meta de redução do desmatamento. *Belém: Imazon*, 2012.

- BARRETTO, A. G. et al. Agricultural intensification in brazil and its effects on land-use patterns: an analysis of the 1975–2006 period. *Global change biology*, Wiley Online Library, v. 19, n. 6, p. 1804–1815, 2013.
- BAUCH, S. C. et al. Public health impacts of ecosystem change in the brazilian amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, National Acad Sciences, v. 112, n. 24, p. 7414–7419, 2015.
- BERTRAND, M.; DUFLO, E.; MULLAINATHAN, S. How much should we trust differences-in-differences estimates? *The Quarterly journal of economics*, MIT Press, v. 119, n. 1, p. 249–275, 2004.
- BÖRNER, J.; VOSTI, S. A. Managing tropical forest ecosystem services: An overview of options. In: *Governing the Provision of Ecosystem Services*. [S.l.]: Springer, 2013. p. 21–46.
- BÖRNER, J. et al. Forest law enforcement in the brazilian amazon: Costs and income effects. *Global Environmental Change*, Elsevier, v. 29, p. 294–305, 2014.
- BRAZ, R. M.; DUARTE, E. C.; TAUIL, P. L. Algoritmo para monitoramento da incidência da malária na amazônia brasileira, 2003 a 2010. *Revista Panamericana de Salud Pública*, SciELO Public Health, v. 35, p. 186–192, 2014.
- CHOMITZ, K. M.; THOMAS, T. S. Determinants of land use in amazonia: a fine-scale spatial analysis. *American Journal of Agricultural Economics*, Oxford University Press, v. 85, n. 4, p. 1016–1028, 2003.
- CHRISTENSEN, L. R. Concepts and measurement of agricultural productivity. *American Journal of Agricultural Economics*, JSTOR, v. 57, n. 5, p. 910–915, 1975.
- CISNEROS, E.; ZHOU, S. L.; BÖRNER, J. Naming and shaming for conservation: evidence from the brazilian amazon. *PloS one*, Public Library of Science, v. 10, n. 9, p. e0136402, 2015.
- CIVIL, C. Plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na amazônia legal, 2a fase: rumo ao desmatamento ilegal zero. *Casa Civil da Presidência da República*, 2009.
- DIAS, L. C. et al. Patterns of land use, extensification, and intensification of brazilian agriculture. *Global change biology*, Wiley Online Library, v. 22, n. 8, p. 2887–2903, 2016.
- ERMGASSEN, E. K. Z. et al. Results from on-the-ground efforts to promote sustainable cattle ranching in the brazilian amazon. *Sustainability*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 10, n. 4, p. 1301, 2018.
- FEARNSIDE, P. M. Deforestation in brazilian amazonia: history, rates, and consequences. *Conservation biology*, Wiley Online Library, v. 19, n. 3, p. 680–688, 2005.
- FEARNSIDE, P. M.; FERRAZ, J. A conservation gap analysis of brazil's amazonian vegetation. *Conservation Biology*, Wiley Online Library, v. 9, n. 5, p. 1134–1147, 1995.
- FERRARO, P. J. Counterfactual thinking and impact evaluation in environmental policy. *New Directions for Evaluation*, Wiley Online Library, v. 2009, n. 122, p. 75–84, 2009.

FOGUEL, M. *Avaliação Econômica de Projetos Sociais [Economic Evaluation of Social Projects]*. [S.l.]: São Paulo, Fundação Itaú Social, 2012.

GARG, T. Public health effects of ecosystem degradation: Evidence from deforestation in indonesia. *Technical report t.* <https://www.sites.google.com/site/teevrat/research>, last accessed on March, v. 8, p. 2015, 2015.

GARRETT, R. D.; RUEDA, X.; LAMBIN, E. F. Globalization's unexpected impact on soybean production in south america: linkages between preferences for non-genetically modified crops, eco-certifications, and land use. *Environmental Research Letters*, IOP Publishing, v. 8, n. 4, p. 044055, 2013.

GCM. *Global Climate Monitor*. 2019. Disponível em: <<https://www.globalclimatemonitor.org/>>. Acessado em 21/06/2019.

GUIMARÃES, R. M. et al. Deforestation and malaria incidence in the legal amazon region between 1996 and 2012. *Cadernos Saúde Coletiva*, SciELO Brasil, v. 24, n. 1, p. 3–8, 2016.

HACON, S. et al. Atmospheric mercury and trace elements in the region of alta floresta in the amazon basin. *Water, Air, and Soil Pollution*, Springer, v. 80, n. 1-4, p. 273–283, 1995.

HAHN, M. B. et al. Influence of deforestation, logging, and fire on malaria in the brazilian amazon. *PloS one*, Public Library of Science, v. 9, n. 1, 2014.

HANSEN, M. C. et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *science*, American Association for the Advancement of Science, v. 342, n. 6160, p. 850–853, 2013.

HARGRAVE, J.; KIS-KATOS, K. Economic causes of deforestation in the brazilian amazon: a panel data analysis for the 2000s. *Environmental and Resource Economics*, Springer, v. 54, n. 4, p. 471–494, 2013.

HECKMAN, J. et al. *Characterizing selection bias using experimental data*. [S.l.], 1998.

HECKMAN, J. J.; ICHIMURA, H.; TODD, P. E. Matching as an econometric evaluation estimator: Evidence from evaluating a job training programme. *The review of economic studies*, Wiley-Blackwell, v. 64, n. 4, p. 605–654, 1997.

HO, D. E. et al. Matching as nonparametric preprocessing for reducing model dependence in parametric causal inference. *Political analysis*, Cambridge University Press, v. 15, n. 3, p. 199–236, 2007.

IBGE. *Estimativas de População*. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>>. Acesso em: 21-06-2018.

IBGE. *FTP-Censo Agropecuário*. 2019. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censo_Agropecuario/Censo_Agropecuario_2006/>. Acesso em: 21-06-2018.

IBGE. *Pesquisa Agrícola Municipal*. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>.

IBGE. *Pesquisa Agrícola Municipal*. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 21-06-2018.

IBGE. *Produto Interno Bruto dos Municípios*. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>>. Acesso em: 21-06-2018.

IBGE. *Área e Densidade demográfica da unidade territorial*. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1301>>. Acesso em: 21-06-2018.

INPE. *Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite*. 2019. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 21-06-2018.

JACOBS, J. B.; ANECHIARICO, F. Blacklisting public contractors as an anti-corruption and racketeering strategy. *Criminal Justice Ethics*, Taylor & Francis, v. 11, n. 2, p. 64–76, 1992.

JONES, K. E. et al. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, Nature Publishing Group, v. 451, n. 7181, p. 990–993, 2008.

JUNIOR, N. L. S.; MATION, L. F.; SAKOWSKI, P. Impacto do desmatamento sobre a incidência de doenças na amazônia. 2015.

KAIMOWITZ, D. et al. A conexão hambúrguer alimenta a destruição da amazônia. *CIFOR, Bogor Barat, Indonesia*, 2004.

KIRBY, K. R. et al. The future of deforestation in the brazilian amazon. *Futures*, Elsevier, v. 38, n. 4, p. 432–453, 2006.

LAURANCE, W. F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. G. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in ecology & evolution*, Elsevier, v. 24, n. 12, p. 659–669, 2009.

LECHNER, M. et al. The estimation of causal effects by difference-in-difference methods. *Foundations and Trends® in Econometrics*, Now Publishers, Inc., v. 4, n. 3, p. 165–224, 2011.

MAIA, H. et al. Avaliação do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na amazônia legal: Ppcdam: 2007-2010. Brasil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2011.

MARGULIS, S. Causas do desmatamento da amazônia brasileira. Banco Mundial Brasília, 2003.

MEDEIROS, R. Evoluções das tipologias e categorias de Áreas protegidas no Brasil. *Ambiente Sociedade*, scielo, v. 9, p. 41 – 64, 06 2006. ISSN 1414-753X. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2006000100003&nrm=iso>.

MENA, C. F.; BILSBORROW, R. E.; MCCLAIN, M. E. Socioeconomic drivers of deforestation in the northern ecuadorian amazon. *Environmental Management*, Springer, v. 37, n. 6, p. 802–815, 2006.

- MEYER, B. D. Natural and quasi-experiments in economics. *Journal of business & economic statistics*, Taylor & Francis, v. 13, n. 2, p. 151–161, 1995.
- (MMA, M. do M. A. Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na amazônia legal (ppcdam): 3ª fase (2012-2015): pelo uso sustentável e conservação da floresta. Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2013.
- MUELLER, B. The fiscal imperative and the role of public prosecutors in brazilian environmental policy. *Law & Policy*, Wiley Online Library, v. 32, n. 1, p. 104–126, 2010.
- NELSON, G. C.; HELLERSTEIN, D. Do roads cause deforestation? using satellite images in econometric analysis of land use. *American Journal of Agricultural Economics*, Oxford University Press, v. 79, n. 1, p. 80–88, 1997.
- NEPSTAD, D. Jurisdictional sustainability: a primer for practitioners. *Earth Innovation Institute*. Available at: http://earthinnovation.org/wp-content/uploads/2017/02/JS-primer_Englishonline.pdf (accessed Feb 18, 2017), 2017.
- NEPSTAD, D. et al. Slowing amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. *science*, American Association for the Advancement of Science, v. 344, n. 6188, p. 1118–1123, 2014.
- NEPSTAD, D. et al. The end of deforestation in the brazilian amazon. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 326, n. 5958, p. 1350–1351, 2009.
- OLSON, S. H. et al. Deforestation and malaria in mancio lima county, brazil. *Emerging infectious diseases*, Centers for Disease Control and Prevention, v. 16, n. 7, p. 1108, 2010.
- PATTANAYAK, S. et al. Deforestation, malaria, and poverty: a call for transdisciplinary research to support the design of cross-sectoral policies. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, Taylor & Francis, v. 2, n. 2, p. 45–56, 2006.
- PATTANAYAK, S. K.; PFAFF, A. Behavior, environment, and health in developing countries: evaluation and valuation. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, Annual Reviews, v. 1, n. 1, p. 183–217, 2009.
- PEDRONI, L. et al. Creating incentives for avoiding further deforestation: the nested approach. *Climate Policy*, Taylor & Francis, v. 9, n. 2, p. 207–220, 2009.
- RAVALLION, M. Evaluating anti-poverty programs. *Handbook of development economics*, Elsevier, v. 4, p. 3787–3846, 2007.
- ROSENBAUM, P. R. et al. *Design of observational studies*. [S.l.]: Springer, 2010. v. 10.
- ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, Oxford University Press, v. 70, n. 1, p. 41–55, 1983.
- SANTOS, G.; LOPES, M. A. Indicadores econômicos de sistemas de produção de leite em confinamento total com alto volume de produção diária. *Ciência Animal Brasileira*, SciELO Brasil, v. 15, n. 3, p. 239–248, 2014.

- SIMON, M. F.; GARAGORRY, F. L. The expansion of agriculture in the brazilian amazon. *Environmental Conservation*, Cambridge University Press, v. 32, n. 3, p. 203–212, 2005.
- SMITH, L. T. et al. Drought impacts on children's respiratory health in the brazilian amazon. *Scientific reports*, Nature Publishing Group, v. 4, p. 3726, 2014.
- SOARES-FILHO, B. et al. Role of brazilian amazon protected areas in climate change mitigation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, National Acad Sciences, v. 107, n. 24, p. 10821–10826, 2010.
- SOARES-FILHO, B. et al. Cracking brazil's forest code. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 344, n. 6182, p. 363–364, 2014.
- SPAROVEK, G. et al. *Brazilian agriculture and environmental legislation: status and future challenges*. [S.l.]: ACS Publications, 2010.
- TASKER, K. A.; ARIMA, E. Y. Fire regimes in amazonia: The relative roles of policy and precipitation. *Anthropocene*, Elsevier, v. 14, p. 46–57, 2016.
- TSE. *Repositório de Dados Eleitorais*. 2019. Disponível em: <<http://www.tse.jus.br/eleicoes/estatisticas/repositorio-de-dados-eleitorais-1/repositorio-de-dados-eleitorais>>. Acessado em 21/06/2019.
- URBAN, T. *Saudade do matão: relembando a história da conservação da natureza no Brasil*. [S.l.]: Editora Ufpr, 1998.
- VALE, P. et al. The expansion of intensive beef farming to the brazilian amazon. *Global Environmental Change*, Elsevier, v. 57, p. 101922, 2019.
- VANWAMBEKE, S. O. et al. Impact of land-use change on dengue and malaria in northern thailand. *EcoHealth*, Springer, v. 4, n. 1, p. 37–51, 2007.
- VIANA, C. et al. From red to green: achieving an environmental pact at the municipal level in paragominas (pará, brazilian amazon). In: IN: ECOLOGICAL ECONOMICS AND RIO+ 20: CHALLENGES AND CONTRIBUTIONS FOR A *Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. [S.l.], 2012.
- VILLORIA, N. B.; BYERLEE, D.; STEVENSON, J. The effects of agricultural technological progress on deforestation: what do we really know? *Applied Economic Perspectives and Policy*, Oxford University Press, v. 36, n. 2, p. 211–237, 2014.
- 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. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, ASTMH, v. 74, n. 1, p. 3–11, 2006.
- VITTOR, A. Y. et al. Linking deforestation to malaria in the amazon: characterization of the breeding habitat of the principal malaria vector, anopheles darlingi. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, NIH Public Access, v. 81, n. 1, p. 5, 2009.
- WAROUX, Y. I. P. de et al. The restructuring of south american soy and beef production and trade under changing environmental regulations. *World Development*, Elsevier, v. 121, p. 188–202, 2019.

Apêndice

A Listagem de municípios prioritários, variáveis e resultados extras

Tabela A.1 – Lista De Municípios Prioritários por ano de adesão e saída

UF	Município	Ano de Entrada	Ano de Saída
AM	Lábrea	2008	-
AM	Boca do Acre	2011	-
AM	Apuí	2017	-
AM	Manicoré	2017	-
AM	Novo Aripuanã	2017	-
MA	Amarante do Mara- nhão	2009	-
MA	Grajaú	2011	-
MT	Peixoto de Azevedo	2008	-
MT	Paranaíta	2008	-
MT	Novo Maringá	2008	-
MT	Nova Bandeirantes	2008	-
MT	Juína	2008	-
MT	Gaúcha do Norte	2008	-
MT	Cotriguaçu	2008	-
MT	Colniza	2008	-
MT	Aripuanã	2008	-
MT	Juara	2009	-
PA	São Félix do Xingu	2008	-
PA	Rondon do Pará	2008	-
PA	Novo Repartimento	2008	-
PA	Novo Progresso	2008	-
PA	Cumaru do Norte	2008	-
PA	Altamira	2008	-
PA	Pacajá	2009	-
PA	Marabá	2009	-
PA	Itupiranga	2009	-
PA	Moju	2011	-
PA	Senador José Porfí- rio	2012	-
PA	Anapu	2012	-

PA	Itaituba	2017	-
PA	Portel	2017	-
RO	Porto Velho	2008	-
RO	Pimenta Bueno	2008	-
RO	Machadinho	2008	-
	D'Oeste		
RO	Buritis	2017	-
RO	Candeias do Jamari	2017	-
RO	Cujubim	2017	-
RR	Mucajaí	2009	-
MT	Querência	2008	2011
MT	Marcelândia	2008	-
MT	Brasnorte	2008	2013
MT	Alta Floresta	2008	2012
MT	Feliz Natal	2009	2013
MT	Alto Boa Vista	2011	2017
MT	Cláudia	2011	2017
MT	Confresa	2008	2017
MT	Nova Ubiratã	2008	2017
MT	Porto dos Gaúchos	2008	2017
MT	Santa Carmem	2011	2017
MT	São Félix do Ara- guaia	2008	2017
MT	Tapurah	2011	2017
MT	Vila Rica	2008	2017
PA	Ulianópolis	2008	2012
PA	Santana do Ara- guaia	2008	2012
PA	Paragominas	2008	2010
PA	Dom Eliseu	2008	2012
PA	Brasil Novo	2008	2012
PA	Tailândia	2009	2013
PA	Santa Maria das Bar- reiras	2008	2017
RO	Nova Mamoré	2008	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela A.2 – Efeitos Marginais da estimação do modelo Logit para a probabilidade dos municípios serem listados em 2007

	<i>Variável Dependente:</i>
	Tratado
Criérios Oficiais de Seleção	
Desmatado	0.0001* (0.000006)
Desm_3_anos	0.00004*** (0.00001)
Determinantes de Seleção Política	
Dummy_pref	−0.040** (0.017)
Dummy_gov	−0.028 (0.017)
Fatores Socioeconômicos	
Pib_pc	0.002* (0.001)
Acessibilidade do Desmatamento	
Densid_Estradas	0.0021*** (0.0003)
Constante	−0.116*** (0.621)
Observações	430
Log Likelihood	−127.592
Akaike Inf. Crit.	269.183

Nota:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Fonte: Elaboração própria
a partir dos dados utilizados na pesquisa.

Tabela A.3 – Estatísticas de diferenças de média para as variáveis utilizadas antes e depois do balanceamento

Variável	Tratamento	Controle	Teste t	P-valor
Pré-balanceamento				
Desmatado	4 148,10	891,40	59,85	0,0000
Desm_3_anos	1492,50	899,62	19,70	0,0000
Dummy_pref	0,13	0,18	-2,88	0,0040
Dummy_gov	0,36	0,39	-1,52	0,1290
Densid_Estradas	22,32	48,35	-17,65	0,0000
Pib_pc	15,91	11,78	7,02	0000
Pós-balanceamento (K vizinhos com k=1)				
Desmatado	2891,90	2725,30	0,63	0,5300
Desm_3_anos	1432,90	1606,70	-1,37	0,1760
Dummy_pref	0,09	0,09	0,00	1,0000
Dummy_gov	0,38	0,26	1,16	0,2480
Densid_Estradas	23,92	24,19	-0,10	0,9200
Pib_pc	7,99	8,09	-0,10	0,9220
Pós-balanceamento (K vizinhos com k=2)				
Desmatado	2891,90	2775,40	0,41	0,6800
Desm_3_anos	1432,90	1645,20	-1,64	0,1040
Dummy_pref	0,09	0,13	-0,51	0,6100
Dummy_gov	0,38	0,37	0,11	0,9120
Densid_Estradas	23,92	22,48	0,49	0,6220
Pib_pc	7,99	7,58	0,40	0,6880
Pós-balanceamento (K vizinhos com k=3)				
Desmatado	2891,90	2814,20	0,27	0,7850
Desm_3_anos	1432,90	1609,50	-1,38	0,1730
Dummy_pref	0,09	0,11	-0,24	0,8140
Dummy_gov	0,38	0,42	-0,37	0,7150
Densid_Estradas	23,91	22,37	0,54	0,5900
Pib_pc	7,99	7,45	0,54	0,5940
Pós-balanceamento (K vizinhos com k=4)				
Desmatado	2891,90	2822,60	0,24	0,8080
Desm_3_anos	1432,90	1591,10	-1,23	0,2220
Dummy_pref	0,09	0,125	-0,43	0,6680
Dummy_gov	0,38	0,46	-0,71	0,4780
Densid_Estradas	23,92	21,67	0,78	0,4360

Pib_pc	7,99	7,33	0,65	0,5190
Pós-balanceamento (K vizinhos com k=5)				
Desmatado	2891,90	2829,30	0,22	0,8280
Desm_3_anos	1432,90	1629,80	-1,49	0,1400
Dummy_pref	0,09	0,14	-0,61	0,5460
Dummy_gov	0,38	0,47	-0,79	0,4330
Densid_Estradas	23,92	21,83	0,72	0,4720
Pib_pc	7,99	7,20	0,78	0,4360
Pós-balanceamento (K vizinhos com k=10)				
Desmatado	2891,90	2570,50	1,21	0,2310
Desm_3_anos	1432,90	1623,70	-1,45	0,1520
Dummy_pref	0,09	0,11	-0,18	0,8590
Dummy_gov	0,38	0,38	-0,02	0,9820
Densid_Estradas	23,92	21,62	0,80	0,4270
Pib_pc	7,99	7,07	0,80	0,4270

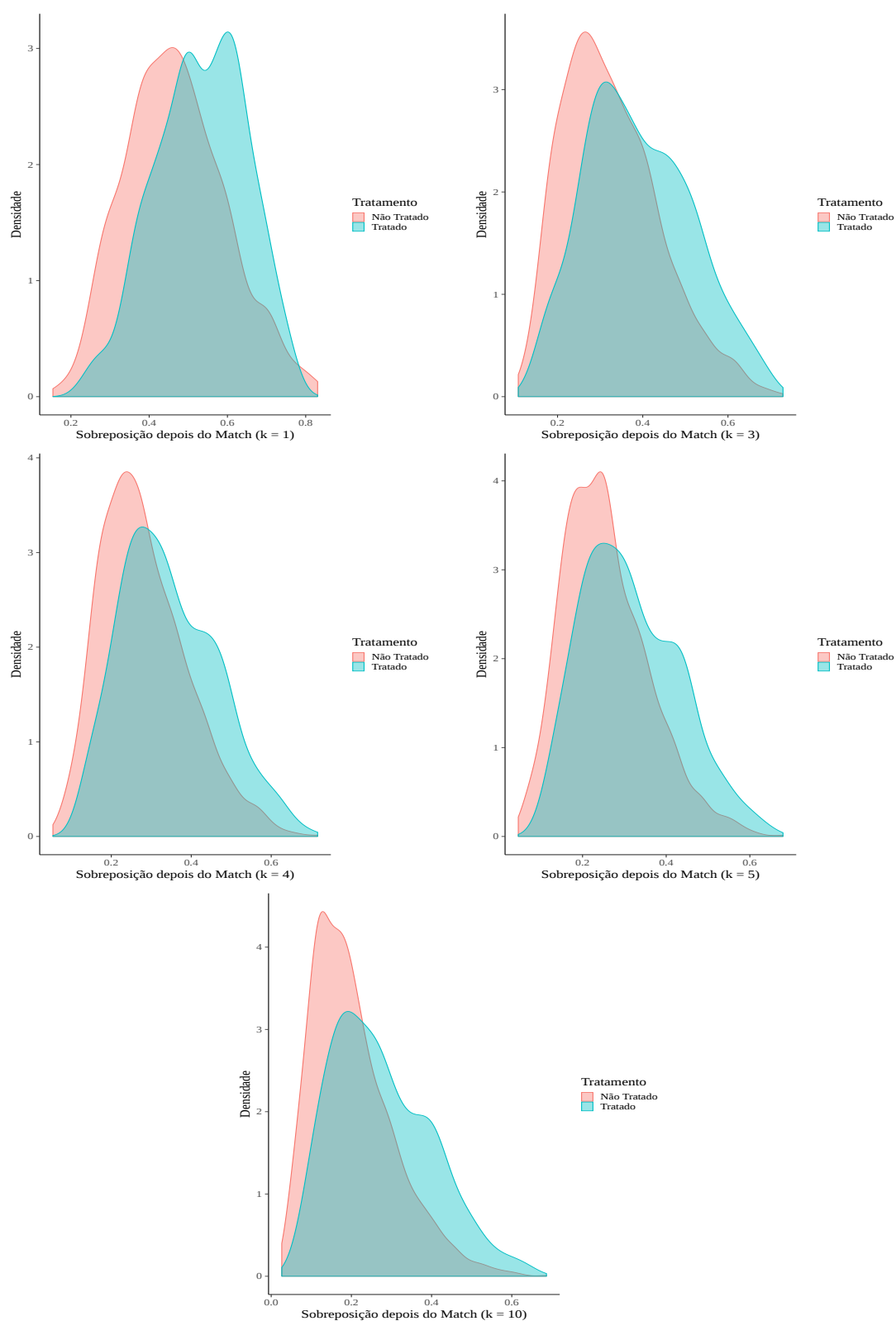
Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da pesquisa.

Tabela A.4 – Resultado do modelo de diferenças em diferenças com efeitos fixos.

Variável	k = 1	k = 2	k = 3	k = 4	k = 5	k = 10
Variável dependente: Logaritmo natural do índice de saúde						
β	-0,2481***	-0,2329***	-0,1691***	-0,1774***	-0,1439***	-0,1864***
log(Precipitação)	-0,1222	-0,1011	-0,0852	-0,0929	-0,1151	-0,1178*
log(Temperatura)	-2,6103***	-2,1825***	-1,9739***	-1,9898***	-2,0489***	-2,0231***
Log(Densidade)	-0,7190***	-0,7331***	-0,7737***	-0,7774***	-0,7486***	-0,7359***
Log(Pib_pc)	0,0164	-0,0081	-0,0007	-0,0262	-0,0803	-0,1013*
Prefeito	0,0230	0,0264	0,0195	0,0038	0,0034	-0,0039
Governador	0,0421	0,0338	0,0435	0,0588	0,0442*	0,0372
Log(Desmatado)	-0,0597**	-0,0563**	-0,0614**	-0,0365*	-0,0383*	-0,0333*
Log(Não_Observado)	0,0042	0,0098	0,0025	0,0051	0,0017	0,0056
Log(Incêndios)	-0,0088	-0,0035	-0,0045	-0,0148	-0,0198	-0,0188
Desm_3_anos	0,0981	0,0384	0,0446	0,0585	0,0703	0,0501
Variável dependente: Logaritmo natural da produtividade da pecuária						
β	0,1375***	0,1264***	0,1020***	0,1032***	0,0991***	0,0720***
log(Precipitação)	-0,2608***	-0,2788***	-0,2519***	-0,2283***	-0,2282***	-0,2103***
log(Temperatura)	0,2024	0,0367	-0,1551	-0,2423	-0,2638	-0,5013**
Log(Lotação)	0,0507	0,0557**	0,0559**	0,0489**	0,0503**	0,0605***
Log(Densidade)	0,0435	0,0941	0,0285	0,0330	0,0420	0,0095
Log(Pib_pc)	0,0861**	0,0906**	0,0945**	0,0788**	0,0832**	0,0655**
Prefeito	0,0103	0,0213	0,0105	0,0158	0,0142	0,0204
Governador	0,1262***	0,1180***	0,1224***	0,1238***	0,1258***	0,1208***
Log(Desmatado)	-0,0017	-0,0018	-0,0050	-0,0013	-0,0012	-0,0005
Log(Não_Observado)	0,0140*	0,0075	0,0057	0,0052	0,0051	0,0082
Part_Agricultura	-0,0132***	-0,0115***	-0,0116***	-0,0110***	-0,0115***	-0,0102***
Desm_3_anos	-0,0032	0,0068	0,0053	0,0130	0,0159	0,0174
Variável dependente: Logaritmo natural da produtividade agrícola						
β	-0,1309**	-0,0661	-0,0266	-0,0046	-0,0334	-0,0293
log(Precipitação)	-0,0488	-0,0839	-0,0347	-0,0236	-0,0113	-0,0221
log(Temperatura)	-0,0696	-0,8170**	-0,6218	-0,5951*	-0,3843	-0,4816
Log(Lotação)	0,0859**	0,1002***	0,0903***	0,0696**	0,0628	0,0628**
Log(Densidade)	0,3291***	0,3180***	0,3281***	0,3571***	0,3912***	0,3721***
Log(Pib_pc)	0,3085***	-0,0316	0,3154***	0,3368***	0,3468***	0,3418***
Prefeito	-0,2998	-0,0316	-0,0164	-0,0106	-0,0065	-0,0020
Governador	-0,0398*	-0,0439**	-0,0464**	-0,0478***	-0,0503***	-0,0453***
Log(Desmatado)	-0,0289	-0,0372**	-0,0506***	-0,0506***	-0,0464***	-0,0463***
Log(Não_Observado)	-0,0174*	-0,0226**	-0,0190**	-0,0211***	-0,0208***	-0,0193***
Part_Agricultura	-0,0270***	-0,0270***	-0,0284***	-0,0280***	-0,0293***	-0,0289***
Desm_3_anos	0,0310	0,0750*	0,0753**	0,0819**	0,0771**	0,0666**

Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa
 Nota: Valores sucedidos dos símbolos ***, ** e * indicam significância estatística a nível de 1%, 5% e 10% de confiabilidade, respectivamente.

Figura A.1 – Sobreposições após o Matching



Fonte: Elaborado pelos autores de acordo com os dados da pesquisa.

Tabela A.5 – Lista de Códigos Internacionais de Doença (CID-10) usados para classificar as internações relacionadas a doenças respiratórias, dengue, malária e diarreia

Descrição	CID-10
Doenças do aparelho respiratório	J00-J99
Faringite aguda e amigdalite aguda	J02-J03
Laringite e traqueíte agudas	J04
Outras infecções agudas das vias aéreas superiores	J00-J01, J05-J06
Influenza [gripe]	J09-J11
Pneumonia	J12-J18
Bronquite aguda e bronquiolite aguda	J20-J21
Sinusite crônica	J32
Outras doenças do nariz e dos seios paranasais	J30-J31, J33-J34
Doenças crônicas das amígdalas e das adenóides	J35
Outras doenças do trato respiratório superior	J36-J39
Bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas	J40-J44
Asma	J45-J46
Bronquiectasia	J47
Pneumoconiose	J60-J65
Outras doenças do aparelho respiratório	J22, J66-J99
Dengue	A90-A91
Dengue Clássica	A90
Dengue Febre Hemorrágica	A91
Malária	B50 - B54
Malária por <i>Plasmodium falciparum</i>	B50
Malária por <i>Plasmodium vivax</i>	B51
Malária por <i>Plasmodium malariae</i>	B52
Outras formas malária confirmadas exames parasitológicos	B53
Malária não especificada	B54
Diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível	A09

Fonte: Elaborado pelos autores.