

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

Ana Karolina Acris Melo* Helson Gomes de Souza †
Dr. Aléssio Tony Cavalcanti de Almeida ‡ Dr. Paulo Aguiar do Monte §

RESUMO

A Lista de Municípios Prioritários (LMP) do Bioma Amazônia é uma política pública criada pelos órgãos ambientais brasileiros na segunda metade dos anos 2000 com o escopo de reduzir os níveis de desmatamento em municípios com elevadas taxas de perdas florestais. Nesse contexto, este artigo objetiva mensurar os efeitos da LMP sobre indicadores de saúde e produtividade agropecuária no Bioma Amazônia. Para responder à questão central do estudo, foi usado um painel de dados de 527 municípios pertencentes ao Bioma Amazônia entre os anos de 2006 e 2017, em conjunto com o modelo de diferenças em diferenças integrado com o *propensity score matching*. Os resultados da pesquisa indicam que a LMP reduziu em 23,2% o número de internações hospitalares por doenças respiratórias, diarreicas, dengue e malária e aumentou em 12,7% a produtividade da pecuária leiteira. Em relação à produtividade da agricultura, não se observou efeitos significativos estatisticamente. Dessa forma, esta pesquisa evidencia que a LMP, além dos seus potenciais efeitos na conservação ambiental, apresenta associações importantes com melhoria de indicadores econômicos e de saúde.

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

Classificação JEL: Q50; Q51; D04.

Área 11 - Economia Agrícola e do Meio Ambiente

ABSTRACT

The List of Priority Municipalities (PLM) in the Amazon Biome is a public policy created by Brazilian environmental agencies in the second half of the 2000s to reduce the levels of deforestation in municipalities with a high rate of forest loss. This work aims to measure the effects of PML on indicators of health and agriculture productivity in the Brazilian Legal Amazon. To answer the central question of this study, the authors used a panel data with 527 municipalities located in Amazon Biome from 2006 to 2017 along with a difference in differences model integrated with a propensity score matching. The results of this research indicate that the MPL reduced in 23,2% the number of hospital admissions due to respiratory diseases, diarrhea, dengue and malaria and caused an increase of 12,7% in the milk livestock productivity. The results also showed that the effect of LMP on agriculture productivity is null. Thus, this research shows that LMP, in addition to its potential effects on environmental conservation, has important associations with the improvement of economic and health indicators.

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

JEL Classification: Q50; Q51; D04.

Area 11 - Agricultural and Environmental Economics

*Doutoranda em Economia da Universidade Federal da Paraíba (PPGE/UFPB).<ana.acris@live.com>

†Doutorando em Economia da Universidade Federal da Paraíba (PPGE/UFPB).<helson.g.souza@gmail.com>

‡Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).<alessio@ccsa.ufpb.br>

§Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).<pauloaguiardomonte@gmail.com>

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 and Kis-Katos, 2013; Börner et al., 2014), expansão de áreas protegidas (Soares-Filho et al., 2010) e desaceleração econômica global (Assunção, Gandour and 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, sanções econômicas, 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).

Algum esforço já foi feito para avaliar a eficácia da LMP, por exemplo, Arima et al. (2014), Cisneros, Zhou and Börner (2015) e Assunção and Rocha (2019) evidenciaram reduções significativas no desmatamento nos municípios listados. Enquanto Cisneros, Zhou and Börner (2015) argumentaram que pressões institucionais e de reputação foram as principais causas da desaceleração, Assunção and 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

¹Por exemplo, Vittor et al. (2006), ao verificar o efeito do desmatamento sobre os casos de doenças na Amazônia Peruana, 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.

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 and Börner (2015) e Assunção and 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 desmatamento: 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 primeira 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 da o 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 A LISTA DE MUNICÍPIOS PRIORITÁRIOS (LMP)

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). 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 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). De acordo com o Decreto N^o 6.321 / 07, para compor a lista 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, passando a ser condicionado à conformidade ambiental (licenciamento e registro adequados) e a distribuição da produção agrícola do município fica sujeita a embargos. Segundo [Cisneros, Zhou and 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)²; 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 and Rocha, 2019](#)).

3 METODOLOGIA

3.1 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.

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)³. 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

²O 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](#)).

³A 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 5](#) no Apêndice.

não apresentando 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.

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>Precipitacao</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.

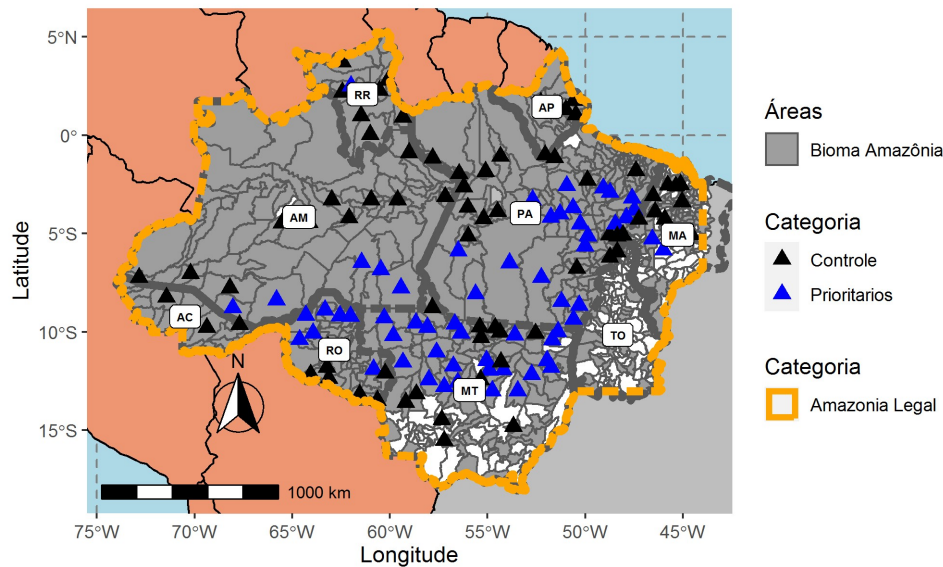
Nota: As informações foram corrigidas monetariamente pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), tendo dezembro de 2017 como período de referência.

3.2 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 and Thomas, 2003; Margulis, 2003; Laurance, Goosem and 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. 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. Na Figura 1 estão expostos os limites da Amazônia Legal, os 527 municípios do Bioma Amazônia, bem como 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.

Figure 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.

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).

3.3 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 and 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 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 (Ravallion, 2007).

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

3.4 Tratamento econométrico

(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 and Pischke (2008), a estimação do 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 and 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 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

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

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.

$$y_{it,k} = \delta_t + \beta D_{it} + \sum_k \gamma_k X_{it,k} + \psi_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

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.

3.5 Caracterização dos grupos tratado e controle

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. 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 2](#) (a) 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 foram bem superiores 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.

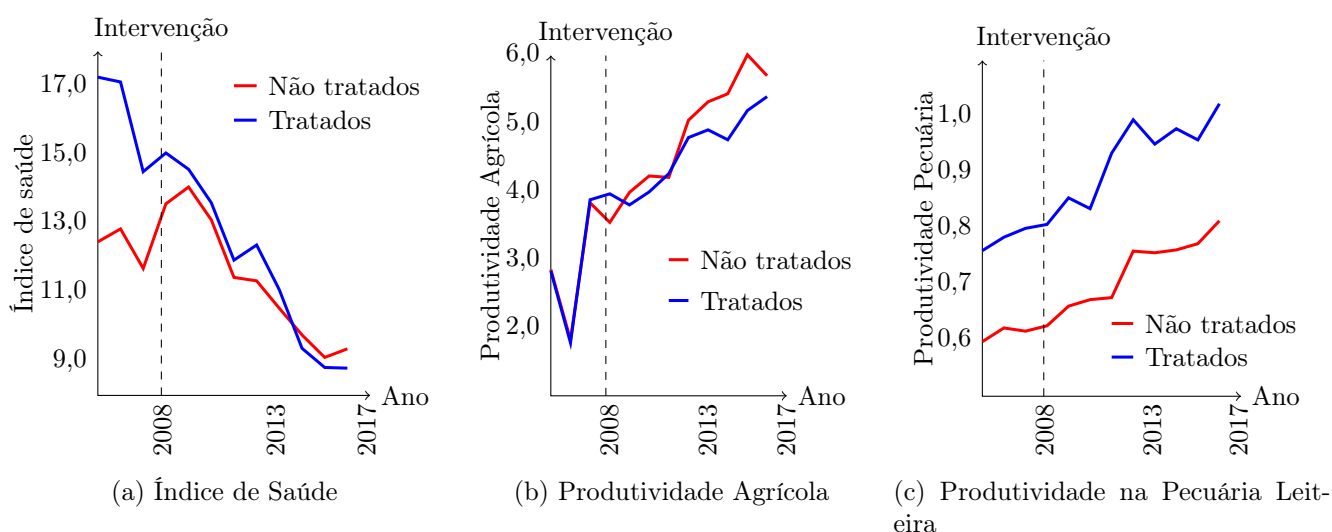
A [Figura 2](#) (b) representa a produtividade agrícola média dos municípios estudados. Nota-se que ambos os grupos, controle e tratado, apresentavam trajetórias e patamares similares durante o período de pré-intervenção⁶. Após a política, os dois grupos exibiram ganhos de produtividade agrícola, entretanto, a intensificação do grupo de tratados foi abaixo do grupo de controle. O mesmo pode ser identificado ao analisar a [Figura 2](#) (c), 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 2](#) (c) sugere que os dois grupos apresentaram ganhos de produtividade.

Uma análise adicional com os dados utilizados na construção da variável de produtividade na pecuária leiteira é feita a partir da figura [Figura 3](#). 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.

⁶A Moratória da soja foi responsável pela redução significativa da produtividade agrícola observada na [Figura 2](#) (b) 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 and Kis-Katos \(2013\)](#).

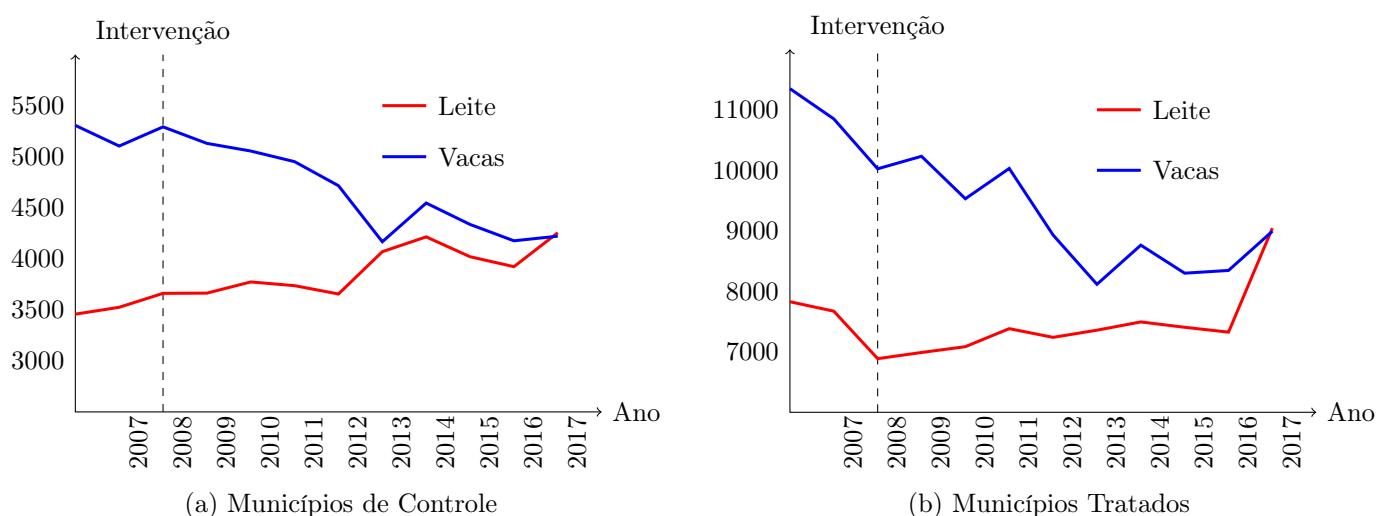
As análises ingênuas das variáveis de impacto apresentadas até aqui não representam resultados justos, visto que os grupos exibem grandes diferenças nas características pré-política, como será visto adiante. Portanto, os desequilíbrios nas covariáveis observáveis no estudo dos indicadores acima podem levar a 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.

Figure 2: Evolução das variáveis de resultado por grupos de municípios tratados e de controle da LMP no período de 2006 a 2017



Fonte: SIH, PAM e PPM.

Figure 3: 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: Pesquisa Agrícola Municipal (PAM).

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.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

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 and Börner \(2015\)](#), [Andrade \(2017\)](#) e [Assunção and 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 1](#).

Table 1: Resultados da estimação do modelo Logit.

Intercepto	-2.275 ***	-
Critérios de seleção	Coefficiente	Efeito marginal
Desmatado	0.0002*	0.0001*
Desm_3_anos	0.001***	4e-06***
Determinantes de Seleção política		
Dummy_pref	-1.113*	-0.040**
Dummy_gov	-0.555	-0.028**
Fatores socioeconômicos		
Pib_pc	0.040*	0.002*
Acessibilidade do desmatamento		
Densid_estradas	0.042***	0.0021***

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.

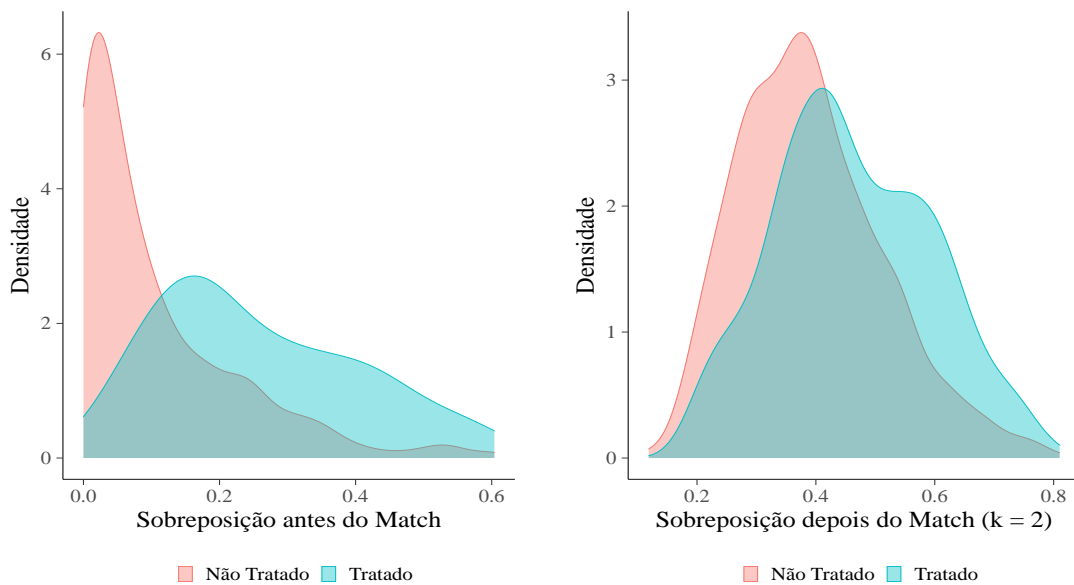
De acordo com os efeitos marginais do modelo *Logit*, os controles para determinantes de seleção política, primeiramente, o fato do prefeito pertencer ao mesmo partido do presidente vigente em 2007 reduz a probabilidade de o município ser tratado em 4 pontos percentuais. Já o fato de o governador estadual 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 and](#)

Anechiarico (1992) e Cisneros, Zhou and 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 (Nepstad et al., 2009; Hargrave and 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 and Hellerstein (1997), Mena, Bilsborrow and 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.

Figure 4: Sobreposição antes e após o matching



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

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. Os resultados desse procedimento estão expostos na Figura 4.

Também parece ser satisfatória a distribuição das características observáveis nos dois grupos após o pareamento usando os dois vizinhos mais próximos, conforme Tabela 2, 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. 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%.

Table 2: Resultado do Teste de Balanceamento de Médias após o pareamento com dois vizinhos mais próximos

Variáveis		Média		Teste de Média
		Tratamento	Controle	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

As estimativas do impacto indireto da Lista de Municípios Prioritários (LMP) estão dispostas nas [Tabela 3](#) e [Tabela 4](#). 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 3](#), 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 diminui 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.

Table 3: Estimativas de impacto da Lista de Municípios Prioritários sobre o Índice de Saúde.

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

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 modo a explorar os mecanismos que orientam o relacionamento das doenças com o desmatamento, [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 and 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 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.

A [Tabela 4](#) esboça os resultados dos efeitos da lista de municípios prioritários sobre a produtividade da agricultura e da pecuária. 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.

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 4](#), 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, 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 3](#) evidenciando uma 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. Por fim, resultados adicionais com diferentes k-vizinhos mais próximos estão expostos na [Tabela 6](#) no Apêndice.

Table 4: Estimativas de impacto da Lista de Municípios Prioritários sobre a Produtividade Agrícola e Pecuária.

Variáveis de Resultado: Produtividade Agrícola e Produtividade Pecuária				
	Mínimos Quadrados Ponderados		Efeito fixo	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Produtividade Agrícola	0.106***	0.152***	-0.084*	-0.064
ATT	(0.031)	(0.030)	(0.045)	(0.043)
Produtividade Pecuária	0.272***	0.058**	0.113***	0.127***
ATT	(0.030)	(0.025)	(0.036)	(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.

5 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 da pecuária levam à aumentos de produtividade na atividade econômica.

Os resultados das primeiras estimativas indicam que a LMP causou uma redução de 23,2% 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 12,7% 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.

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.

References

- 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.
- 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.; 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- GARG, T. Public health effects of ecosystem degradation: Evidence from deforestation in indonesia. *Technical repor t*. <https://www.sites.google.com/site/teevrat/research>, last accessed on March, v. 8, p. 2015, 2015.
- 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.
- 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.
- 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. 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. Available at: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>>. Acesso em: 21-06-2018.
- IBGE. *FTP-Censo Agropecuário*. 2019. Available at: <[ftp : //ftp.ibge.gov.br/Censo_Agropecuario/Censo_Agropecuario_2006/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censo_Agropecuario/Censo_Agropecuario_2006/)>. Acesso em: 21-06-2018.
- IBGE. *Pesquisa Agrícola Municipal*. 2019. Available at: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>.
- IBGE. *Pesquisa Agrícola Municipal*. 2019. Available at: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em: 21-06-2018.
- IBGE. *Produto Interno Bruto dos Municípios*. 2019. Available at: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>>. Acesso em: 21-06-2018.
- IBGE. *Área e Densidade demográfica da unidade territorial*. 2019. Available at: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1301>>. Acesso em: 21-06-2018.
- INPE. *Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite*. 2019. Available at: <<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.
- 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.
- MARGULIS, S. Causas do desmatamento da amazônia brasileira. Banco Mundial Brasília, 2003.
- 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.
- (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.
- 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. 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.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

APÊNDICES

Table 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	
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	
Dengue Clássica	A90
Dengue Febre Hemorrágica	A91
Malária	
Malária por Plasmodium falciparum	B50
Malária por Plasmodium vivax	B51
Malária por Plasmodium malaria e	B52
Outras formas malária confirmadas exames parasitológicos	B53
Malária não especificada	B54
Diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível	
	A09

Fonte: Elaborado pelos autores.

Table 6: 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.