

# Uma Análise do Impacto das Políticas de Combate ao Desmatamento na Amazônia Legal Brasileira

Carolina S. da Trindade<sup>1</sup> Bruno Benevit<sup>2</sup> Roberto B. de M. Junior<sup>3</sup>  
Daniel de Abreu P. Uhr<sup>4</sup> Júlia Gallego Ziero Uhr<sup>5</sup>

Área – Economia Agrícola e do Meio Ambiente.

## Resumo

Este estudo testa se as políticas de combate ao desmatamento na Amazônia Legal brasileira implementadas em 2004 e em 2008 impactaram o incremento do desmatamento. Além disso, buscamos identificar o efeito destas mudanças legais. Utiliza-se a metodologia de diferença em diferenças, considerando os municípios não metropolitanos como o grupo tratado e municípios metropolitanos como o grupo controle. Os resultados indicam uma redução no incremento do desmatamento de 11,289 km<sup>2</sup> por município em média após a implementação da política ambiental de 2004, e uma redução de aproximadamente 13,464 km<sup>2</sup> após a implementação do conjunto de políticas ambientais de 2008. Diferentes grupos de tratamento, análise de estudo de evento e 3 tipos diferentes de testes de placebo foram empregados para verificar a robustez dos resultados. Os resultados dos testes de robustez corroboraram os resultados encontrados.

**JEL:** C31, D04, Q51, Q58.

**Palavras-chave:** desmatamento, Amazônia Legal Brasileira, legislação ambiental, diferença em diferenças.

## Abstract

*This study tests whether policies to combat deforestation in the Brazilian Legal Amazon implemented in 2004 and 2008 had an impact on the increment in deforestation. Additionally, we seek to identify the effect of these legal changes. The difference-in-differences methodology is used, considering non-metropolitan municipalities as the treated group and metropolitan municipalities as the control group. The results indicate a reduction in the deforestation increment of 11,289 km<sup>2</sup> per municipality on average after the implementation of the 2004 environmental policy, and a reduction of approximately 13,464 km<sup>2</sup> after the implementation of the 2008 set of environmental policies. Different treatment groups, event study analysis and 3 different types of placebo tests were employed to verify the robustness of the results. The results of the robustness tests corroborated the results found.*

**JEL:** C31, D04, Q51, Q58.

**Keywords:** deforestation, Brazilian Legal Amazon, environmental legislation, difference in differences.

---

<sup>1</sup> Doutoranda na Universidade Federal de Pelotas – UFPEL. E-mail: carolina.silva.trindade@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestando na Universidade Federal de Pelotas – UFPEL. E-mail: benevit@gmail.com

<sup>3</sup> Mestando na Universidade Federal de Pelotas – UFPEL. E-mail: robertomelojr@outlook.com

<sup>4</sup> Doutor em Economia (UnB). Professor do Departamento de Economia da Universidade Federal de Pelotas - UFPEL. daniel.uhr@gmail.com

<sup>5</sup> Doutora em Economia (UnB). Professora do Departamento de Economia da Universidade Federal de Pelotas - UFPEL. zierouhr@gmail.com

## 1. Introdução

O maior volume de desmatamento encontra-se em países subdesenvolvidos e emergentes. Na maior parte a causa deste devastamento está diretamente relacionada ao uso do solo, o que afeta o ambiente e a cobertura vegetal, a saber: expansão das pastagens e áreas agrícolas, extração de madeira e expansão da infraestrutura (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016; Geist e Lambin, 2002; Margulis, 2003). No Brasil, país referência em produção e exportação de commodities e que têm maior percentual de áreas desmatadas no mundo, a preocupação com a preservação dos biomas, principalmente os mais devastados que são Amazônia e Cerrado, é crescente (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2021). Nesse sentido, a legislação ambiental brasileira, principalmente após os anos 2000, têm procurado fazer frente aos altos índices de desmatamento registrados no País, adotando medidas que visam impedir o desmatamento ilegal e monitorar as ações em áreas de vegetação em situação crítica no Brasil (Brasil, 2004, 2007; Brasil, C. C., 2003, 2008; Brasil, C. M. N., 2008; Brasil, M. do M. A., 2008).

Algumas pesquisas já realizadas sobre este tema indicam que as políticas ambientais podem ter tido impacto positivo na queda do desmatamento na Amazônia Legal. Assunção, Gandour e Rocha (2015) concluíram que após a implementação das políticas em 2004 e 2008 o desmatamento na Amazônia foi 56% menor entre 2005 e 2009. Em outro estudo, Assunção, Gandour e Rocha (2012) mostram que houve diminuição de 75% no desmatamento observado de 2007 a 2011 devido à combinação da maior eficácia no monitorando a partir de 2004 e o enrigecimento das multas impostas em 2008. Assunção *et al.* (2020) sugerem que a relação entre crédito e desmatamento no bioma Amazônia no período entre 2002 e 2011, fazendo uso da mudança política ocorrida a partir da Resolução nº 3.545/2008 do CMN em relação ao crédito rural no Brasil, é positiva. Hargrave e Kis-Katos (2013) corroboram esses estudos, e enfatizam que as políticas e a mudança na disponibilidade de crédito agrícola também impactaram a variável de resultado, além do fato de um aumento nos preços das commodities estar associado à maiores taxas de desmatamento. Arima *et al.* (2014) destacam que a redução do desmatamento ocorrida na Amazônia entre 2009 e 2011 é produto da elevação da fiscalização após implementação das políticas. E, por fim, Assunção e Rocha (2019), com enfoque nos municípios listados pela Portaria MMA nº 28/2008, verificam que houve redução significativa no desmatamento por parte destes municípios após 2008, principalmente devido ao aumento do monitoramento realizado na região.

Então, compreender a melhor forma de combater o desmatamento tropical, é essencial não apenas para a contensão da perda da biodiversidade, mas também para o enfrentamento do aquecimento global. E, neste sentido, conhecer o potencial e a efetividade de políticas propostas nesse âmbito é de extrema relevância. Assim, este estudo se propõe a responder os seguintes questionamentos: (i) as reduções nos níveis de desmatamento da Amazônia Legal ocorridas pós 2004 e 2008 podem ter sido ocasionadas pela implementação de políticas mais rígidas em controle e monitoramento realizadas no mesmo período? (ii) em caso positivo, qual a magnitude do efeito das mudanças legislativas sobre o incremento do desmatamento? Para responder tais perguntas empregamos o método de diferença em diferenças. Propomos como grupos tratados os municípios situados em região não metropolitana da Amazônia Legal, e os controles são os municípios situados na região metropolitana. Como análise de robustez propomos diferentes grupos tratados, além da aplicação do *event study*, e dos testes de placebo para o tratamento, para o grupo tratado e para a variável de resultado. Utilizamos 6 fontes de dados os quais combinados formaram a base de dados. A primeira base utilizada é oriunda do Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A segunda base de dados é o Cadastro de Regiões Metropolitanas, Aglomerações Urbanas e Regiões Integradas de Desenvolvimento para o ano de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A terceira base de dados é a Estimativas de População (EstimaPop) do IBGE que fornece os dados anuais de estimativas populacionais de cada município. A quarta base de dados foi coletada da Secretaria de Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná (SEAB-PR) do Departamento de Economia Rural (DERAL) e fornece os preços das commodities utilizadas. A quinta base de dados empregada na análise é a Produção Agrícola Municipal

(PAM) do IBGE, sendo integrada ao Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA). Por fim, a sexta base de dados está relacionada à demarcação de territórios indígenas e foi coletada através da seção Terras Indígenas no portal eletrônico da Fundação Nacional do Índio (FUNAI). O período de análise é de 2002 à 2010, e os dados são dispostos em nível municipal, compreendendo 760 municípios situados na região da Amazônia Legal e com dados de desmatamento reportados pelo sistema PRODES do INPE.

Este trabalho inova na literatura de diversas formas. Em primeiro lugar, o artigo inova ao identificar o efeito das mudanças legislativas de 2004 e 2008 para a região da Amazônia Legal ao estudá-las de maneira conjunta. Além disso, apresentamos novidades em termos de metodologia empírica. Isto é, aplicamos o método de diferença em diferenças considerando diferentes grupos de tratamento e controle. Colocamos os resultados à prova através de diversos outros métodos. Os resultados permaneceram fortes e corroboraram os estudos de Assunção, Gandour e Rocha (2012), Hargrave e Kis-Katos (2013), Assunção, Arima *et al.* (2014), Gandour e Rocha (2015), Assunção e Rocha (2019) e Assunção *et al.* (2020). Os principais resultados mostram que a instituição da primeira fase do Plano de Ação Para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) em 2004 proporcionou uma redução de 11,289 km<sup>2</sup> em média por município sobre o incremento do desmatamento durante o período de 2004 a 2007. Quanto ao conjunto de leis de 2008<sup>6</sup>, o efeito encontrado foi de uma redução de 13,464 km<sup>2</sup> por município em média sobre o incremento do desmatamento da Amazônia Legal.

Além dessa introdução, o artigo apresenta em sua segunda seção a revisão da literatura referente ao tema. Na seção três apresentamos a estratégia de identificação, a base de dados utilizada, bem como a construção das variáveis para a realização da análise causal. Na seção quatro os resultados. Na seção cinco apresentamos as análises de robustez. E, por fim, as considerações finais.

## 2. Revisão da Literatura

A relevância da preservação do meio ambiente não apenas visando o desenvolvimento mundial, mas também abordando impactos para as gerações futuras é frequentemente destacada em pesquisas científicas. Segundo Relatório da Organização das Nações Unidas (United Nations Environment Programme, 2021), a humanidade está utilizando aproximadamente 1,6 vezes a quantidade de serviços que a natureza é capaz de fornecer para que não ocorra o colapso do ecossistema e conseqüentemente a perda de biodiversidade. Ainda, conforme a Organização, cerca de 40% da população (3,2 bilhões de pessoas) mundial está sendo afetada pela degradação do meio ambiente. Os efeitos na população compreendem poluição do ar (Currie e Walker, 2019), aumento da temperatura terrestre e das emissões de CO<sub>2</sub> (Fearnside e Laurance, 2004), maior incidência de fenômenos tropicais (como furacões), desastres hidrológicos e secas (Ray *et al.*, 2006), aumento de ocorrência de doenças como Malária, Ebola, Leishmaniose e Esquistossomose (Berazneva e Byker, 2017; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020; Food and Agriculture Organization of the United Nations e United Nations Environment Program, 2020; Lam e Chua, 2002) e problemas econômicos como a redução do Produto Interno Bruto (PIB) principalmente em países em desenvolvimento (Fearnside, 2005; Nitin Bhatia e Graeme S. Cumming, 2020).

No âmbito brasileiro o cenário do desmatamento chama a atenção, principalmente pelo fato do país conter 60% da área da maior floresta tropical do mundo: a Amazônia. A Amazônia brasileira é a fronteira agrícola mais ativa do mundo em termos de perda de floresta e emissões de CO<sub>2</sub> (Filho, 2016; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016). O desmatamento registrado no país em 2019 foi de cerca de 12.177,08 km<sup>2</sup>. Destes, mais de 80% ocorreu no território da Amazônia Legal (Azevedo *et al.*, 2020; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021). Englobando todo o bioma Amazônia e uma parte dos biomas Cerrado e Pantanal, a área da Amazônia Legal ocupa 58,9% do território total do País. A

---

<sup>6</sup> O conjunto de políticas de combate ao desmatamento de 2008 compreende: o Decreto Presidencial nº 6.321/2007, a Portaria MMA nº28/2008; o Decreto Presidencial nº 6.514/2008; e a Resolução 3.545/2008 do Conselho Monetário Nacional (CMN)



Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm). Criado pelo grupo Permanente de Trabalho Interministerial para a Redução dos Índices de Desmatamento da Amazônia Legal instituído via decreto nº 9.922/2003 (Brasil, C. C., 2003), o PPCDAm combinou ações de diferentes instituições governamentais e estabeleceu novos critérios para a gestão do território, controle ambiental, bem como para o monitoramento do desmatamento (Assunção, Gandour e Rocha, 2015; Brasil, 2004). Entre o final de 2007 e início de 2008 um conjunto de políticas composto pelos Decretos nº 6.321/2007 e nº 6.514/2008, pela Portaria MMA nº 28/2008 do Ministério do Meio Ambiente e pela Resolução nº 3.545/2008 do Conselho Monetário Nacional (CMN) foi implementado no intuito de instituir consequências mais severas à uma lista de municípios em situação crítica de desmatamento (incluindo multas) além de um maior monitoramento nestes locais, e condicionar o fornecimento de crédito rural à prova de conformidade com regulamentos ambientais, para aqueles municípios com alto nível de desmatamento (Assunção, Gandour e Rocha, 2015; Brasil, 2007; Brasil, C. C., 2008; Brasil, C. M. N., 2008; Brasil, M. do M. A., 2008).

## **2.1. Legislação ambiental e o problema do desmatamento nos biomas brasileiros**

A diferença entre a pauta abordada pelo Código Florestal de 1965 e o que se verificava na prática nas florestas e na agricultura brasileira já era grande na própria data de edição da lei. Como a aprovação do código coincidiu com o início do regime militar (que previa a ocupação do território amazônico), na década seguinte já se observavam condições de posse de terras aos colonos vinculadas ao desmatamento de 50% dos lotes na região (à época fiscalizados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA). Em outras regiões (principalmente no Cerrado e na Mata Atlântica) a área utilizada para produção era ainda maior, uma vez que o monitoramento e as leis eram escassas (Senado Federal Brasileiro, 2011).

A partir da Lei nº 6.938/1981 que dispôs sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), e a promulgação da atual constituição brasileira em 1988, houve a consolidação da evolução do direito ambiental (Brasil, 1988, 1981). Desde este período, surgiram decretos, leis, resoluções e Planos de Ação com o intuito de garantir a utilização racional, bem como a conservação efetiva dos recursos. Já em 1986, a Lei nº 7.511/1986 além de impedir a ocorrência dos desmatamentos, mesmo com a garantia de recuperação ou compensação da vegetação original, também aumentou os limites das Áreas de Preservação Permanente (APP's) nas margens dos rios para 30 metros (anteriormente o limite estava em 5 metros). Em 1989, houve um novo aumento das APP's no intuito de garantir a extensão da proteção para áreas ao redor das nascentes e com altitudes mais elevadas (superiores a 1.800 metros), e ainda, determinou-se que o reflorestamento necessário fosse feito com espécies nativas, de maneira prioritária (Lei nº 7.803/1989) (Senado Federal Brasileiro, 2011).

Em 1992, com a promoção da Conferência Eco-92 no Brasil pela Organização das Nações Unidas (ONU), a agenda ambiental ganhou relevância ainda maior, inclusive internacionalmente. Poucos anos depois, o governo brasileiro alterou o Código Florestal (passando ao proprietário da terra a responsabilidade pela recuperação ou compensação de desmatamentos além do limite legal) ao lançar a Medida Provisória (a MP nº 2.166, reeditada inúmeras vezes e ainda em vigor) para tentar frear a devastação florestal, uma vez que, segundo dados do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2021) entre os meses de agosto de 1994 e 1995, o país atingiu, até então, o recorde de desmatamento no país com 29.000 km<sup>2</sup> (Senado Federal Brasileiro, 2012). Outra modificação do Código Florestal que merece destaque foi a inserção da aplicação de multas pelos órgãos de fiscalização, ocorrida a partir da consolidação da Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998). Em 2001, para propriedades rurais situadas na Amazônia e no Cerrado dentro dos limites da Amazônia Legal, houve o aumento do percentual de área de reserva legal para 80% (antes 50%) e 35% (antes 20%), respectivamente. No final de 2003, com os níveis de desmatamento bastante elevados viu-se a necessidade da criação de medidas mais rígidas para conter as devastações, principalmente na Amazônia Legal, o que deu origem ao Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) em 2004, e, ao conjunto de políticas composto pelos Decretos nº 6.321/2007 e nº 6.514/2008, pela Portaria MMA nº 28/2008 do Ministério do Meio Ambiente

e pela Resolução nº 3.545/2008 do Conselho Monetário Nacional (CMN), entre o final de 2007 e início de 2008. (Assunção, Gandour e Rocha, 2015; Brasil, 2007; Brasil, C. C., 2003, 2008; Brasil, C. M. N., 2008; Brasil, M. do M. A., 2008; Senado Federal Brasileiro, 2011).

Entretanto, apesar destas medidas, os índices de desmatamento no Brasil ainda são bastante preocupantes (apesar de, em sua maioria, terem diminuído historicamente). Em 2019 aproximadamente 15% da área total do Brasil foi desmatada. Destes, 63,25% ocorreu no bioma Amazônia, 33,56% no bioma Cerrado, 1,27% no bioma Pantanal, 1% no bioma Caatinga, 0,87% no bioma Mata Atlântica e 0,05% no bioma Pampa (Azevedo *et al.*, 2020; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021). Em relação aos biomas, destaca-se que, a Mata Atlântica, por exemplo, já teve 93% de sua área devastada, com 383 dos 633 animais ameaçados de extinção no Brasil, e mais de 20 mil espécies de plantas (sendo 8 mil naturais da região). Segundo maior bioma da América do Sul (perdendo apenas para a Amazônia), o Cerrado já tem mais da metade de sua área convertida em ambiente urbano, e em 2019 registraram aumento de 15% de desmate em suas unidades de conservação. O Pantanal por sua vez, conta com 16,5% de sua área já desmatada, e é bastante prejudicado também pelo desmatamento no Cerrado, uma vez que os rios que correm no Pantanal nascem no Cerrado. O bioma Caatinga, localizado no semiárido brasileiro, possui 80% de seu território alterado pela ação humana e conta com apenas 2% de sua área caracterizada com área de preservação permanente. O bioma pampa, situado no sul do País, sofreu desmatamento de mais de 44% de sua área total, justificado principalmente pela utilização da produção agrícola. Em relação à Amazônia, houve aumento de 30% nas queimadas e de mais de 80% no desmatamento na comparação 2019-2018. No âmbito da Amazônia Legal, os níveis de desmatamento, após manterem uma certa estabilidade entre 2013-2018, parecem estar dando sinais de volta de crescimento em 2019 (muito influenciado pelas altas nas taxas de devastação nos estados do Roraima, Acre e Pará com, respectivamente, 216,4%, 55% e 40,7% de variação no período 2018-2019) (Fundação SOS Mata Atlântica, 2019; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2021). Mas, o fato é que a região experimentou redução significativa desses níveis no período entre 2004 e 2012, período este que coincide com a implementação das importantes medidas políticas de 2004 e 2008.

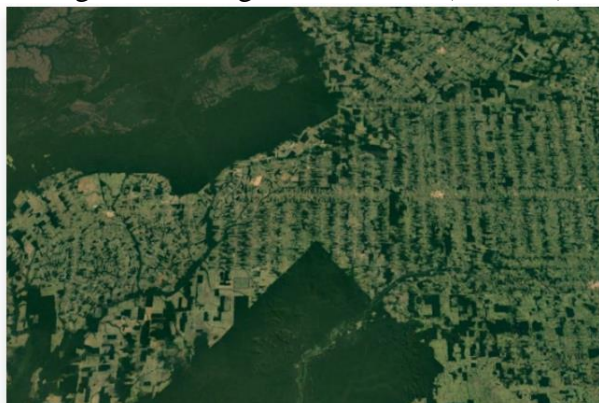
## **2.2. A política de controle do desmatamento sob um novo olhar em 2004**

Em 2004, o governo passou a olhar de maneira diferente para as políticas de contenção do desmatamento e, como resultado, lançou o Plano de Ação Para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm). O PPCDAm era composto por um conjunto de estratégias prioritárias visando a promoção da redução das taxas de desmatamento na Amazônia Legal por meio de ações integradas de ordenamento territorial e fundiário, monitoramento e controle, fomento a atividades produtivas sustentáveis e infra-estrutura. O PPCDAm envolveria ainda parcerias entre órgãos federais, estaduais, municipais setor privado e entidades da sociedade civil. Assim, passaram a fazer parte deste novo plano de ação, instituições especializadas como as Polícia Federal e Rodoviária, o Exército Brasileiro e o INPE. O plano contava com três fases, a saber: fase I (2004-2008), fase II (2009-2011) e fase III (2012-2015) (Brasil, 2004).

Os três eixos principais do PPCDAm eram a promoção de práticas sustentáveis, a gestão territorial e questões de uso da terra, e, a intensificação do controle e contenção do desmatamento. A questão envolvendo o controle e monitoramento da região, por exemplo, melhorou consideravelmente com a criação, pelo INPE, do Sistema em Tempo Real para Detecção de Desmatamento (DETER) em 2004 para monitorar a cobertura florestal via satélite (com imagens georreferenciadas, geradas quinzenalmente). Segundo Assunção, Gandour e Rocha (2015) a criação do DETER qualificou consideravelmente o monitoramento por sensoriamento remoto na região, porque permitiu que os focos de desmatamento fossem encontrados de maneira mais rápida, possibilitando a emissão de alertas no intuito de indicar áreas críticas. Antes da consolidação do DETER, o monitoramento dependia de relatórios voluntários que indicassem a condição de cada área dentro da Amazônia Legal, e isso dificultava muito a atuação do Instituto Brasileiro

do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) na repressão legal aos infratores, inclusive em questão de tempo. A figura 2 exemplifica como são as imagens de satélite do DETER.

Figura 2 – Imagem de Satélite (DETER)



Nota: Desmatamento em Rondônia visto pelo satélite Landsat. Em tons diferentes retrata áreas florestadas e desmatadas de modo a tornar fácil a comparação com imagens recentes para identificação de mudanças na cobertura florestal. sejam comparadas com as mais antigas para identificar mudanças na cobertura florestal.

Outro ponto do PPCDAm que merece destaque é o aumento da criação de áreas protegidas, a saber: Unidades de Conservação (formadas por áreas de preservação permanente (APP's) e de reserva legal (RL)) e territórios indígenas. Conforme Assunção, Gandour e Rocha (2015) houve aumento de mais de 520 mil km<sup>2</sup> na área de Unidades de Conservação na Amazônia Legal entre 2004 e 2009. Em 2010, segundo os autores, cerca de 43% da área da Amazônia Legal era considerada área protegida. Na questão de infraestrutura e ligada também ao ordenamento fundiário, a intensificação da regularização das posses de terras (envolvendo questões de direito de propriedade) como resposta à prática de “grilagem” mostra-se fundamental, inclusive para a consolidação de áreas protegidas. Segundo a Fundação Nacional do Índio (2021), a demarcação de terras indígenas funciona como uma medida protetiva que contribui para a proteção do meio ambiente e da biodiversidade. A segunda fase do PPCDAm iniciou com a implementação de um novo conjunto de políticas a partir do Decreto Presidencial nº 6.321/2007.

### 2.3. Um novo conjunto de políticas em 2008

A primeira medida que compõe o conjunto de medidas adotadas entre o final de 2007 e 2008 é o Decreto Presidencial nº 6.321/2007. O Decreto estabeleceu a base legal para que o Ministério do Meio Ambiente (MMA) conseguisse evidenciar os municípios com intensa atividade de desmatamento dentro do território da Amazônia Legal, para que fosse possível a adoção de medidas mais rígidas em relação a eles. Selecionados anualmente com base em seu histórico recente de desmatamento, a saída desta “lista” estava condicionada a uma redução significativa de desmatamento (Brasil, 2007). Complementarmente, a Portaria MMA nº 28 (Brasil, M. do M. A., 2008), emitida em janeiro de 2008, trouxe a listagem dos primeiros 36 municípios prioritários (que mais estavam desmatando):

- Amazonas: Lábrea;
- Mato Grosso: Alta Floresta, Aripuanã, Brasnorte, Colniza, Confresa, Cotriguaçu, Gaúcha do Norte, Juara, Juína, Marcelândia, Nova Bandeirantes, Nova Maringá, Nova Uiratã, Paranaíta, Peixoto de Azevedo, Porto dos Gaúchos, Querência, São Félix do Araguaia, Vila Rica;
- Pará: Altamira, Brasil Novo, Cumaru do Norte, Dom Eliseu, Novo Progresso, Novo Repartimento, Paragominas, Rondon do Pará, Santa Maria das Barreiras, Santana do Araguaia, São Félix do Xingú, Ulianópolis; e

- Rondônia: Nova Mamoré, Porto Velho, Machadinho D'Oeste, Pimenta Bueno.

O custo adicional proporcionado à estes municípios oriundo do fato de pertecerem à esta “lista” acabou provocando consequências indiretas, como por exemplo a recusa de frigoríficos na compra de gado de fazendas em situação legalmente irregular, e a necessidade de maior enfoque na produção mais sustentável (Arima *et al.*, 2014; Assunção e Rocha, 2019; Heliandro Maia *et al.*, 2011).

A terceira medida adotada foi o aumento da rigidez em relação aos crimes ambientais e demais processos. Esta medida visava auxiliar o novo processo de monitoramento e controle do PPCDAm e foi respaldada legalmente pelo Decreto Presidencial nº 6.514/2008 que promoveu o reestabelecimento, para processos de cunho ambiental, de diretrizes tanto para sua investigação quanto para sua penalização, inclusive incluindo novos instrumentos de punição, que se somaram às multas já existentes, como embargos, apreensão e destruição de bens e materiais de produção e prisão. Este decreto incorporou de maneira mais detalhada à legislação as possíveis infrações e os referidos processos administrativos necessários para a aplicação de sanções, o que ocasionou maior agilidade e clareza na realização de tais processos (Assunção, Gandour e Rocha, 2015; Brasil, C. C., 2008).

Por fim, a Resolução 3.545/2008 do Conselho Monetário Nacional (CMN) enriqueceu a concessão de crédito rural na Amazônia ao condicioná-la à comprovação de conformidade com a legislação ambiental pelos tomadores de empréstimo (em sua maioria produtores rurais) e à legitimidade das reivindicações fundiárias (o que impactou bastante na questão de demarcação de terras, principalmente em relação às áreas protegidas). Logo, aqueles que não se enquadrassem nos limites legais, eram considerados não elegíveis para a obtenção do crédito, uma vez que, passava a ser obrigatório provar não apenas a propriedade da terra, mas também a inexistência de embargos. Caso as terras estivessem embargadas, então o crédito rural não era concedido, e, caso as terras sofressem embargo após a concessão, o contrato era suspenso até a normalização, que, caso não acontecesse, incorria na extinção do crédito fornecido (Assunção, Gandour e Rocha, 2015; Brasil, C. M. N., 2008). Conforme Assunção *et al.* (2013) e o Ministério do Meio Ambiente, (Brasil, M. do M. A., 2003), em 2003 cerca de 30% dos recursos necessários aos produtores brasileiros em um ano (safra) foram financiados com a obtenção do crédito rural. Então, tornar mais rígido o acesso à este mecanismo acaba interferindo na produção de commodities no país, o que consequentemente pode vir a influenciar os níveis de desmatamento.

#### **2.4. Literatura empírica relacionada**

O desmatamento é um tema recorrente na literatura, o que acontece principalmente devido à questão climática e a perda de biodiversidade. Compreender suas causas para que sejam propostas possíveis soluções (adequadas) parece ser o primeiro passo para o enfrentamento deste importante problema mundial. O debate sobre desmatamento é bastante heterogêneo. Em relação ao papel em fatores macroeconômicos de longo prazo (redução de pobreza, mudança tecnológica e de uso do solo, PIB, crescimento econômico, densidade demográfica) há bastante debate na literatura (Barbier e Burgess, 1996; Chomitz e Gray, 1996; Chomitz e Thomas, 2003; Cropper e Griffiths, 1994; Foster e Rosenzweig, 2002).

Outros aspectos são também frequentemente abordados por pesquisadores. Angelsen e Kaimowitz (1999) levantam, ainda em 1999, significativas dúvidas em relação à muitas das hipóteses convencionais sobre o tema referido, ao revisarem mais de 140 artigos econômicos que analisam prováveis causas do desmatamento tropical. Segundo os autores, o aumento do desmatamento parece estar ligado à maiores preços agrícolas, possível escassez de empregos não agrícolas, concessão de crédito rural, salários mais baixos e maior número de estradas, pontos corroborados pelas pesquisas de (Barbier e Burgess, 1996; Chomitz e Gray, 1996; Hargrave e Kis-Katos, 2013; Pfaff *et al.*, 2007; Pfaff, 1999). Além disso, reformas políticas podem desempenhar papel positivo na contenção das devastações, o que também é apontado por Pfaff e Robalino (2012). Assim, o grande desafio consiste em propor políticas eficazes que tenham baixos



custos de transação associados à negociação, monitoramento e implementação. Nesse sentido, os esforços de entidades governamentais e privadas são fundamentais (Alston e Andersson, 2011).

Ainda em relação às políticas com intuito de conter o avanço do desmatamento, estudos recentes mostram que, a interação entre políticas, e destas com outros determinantes (como a questão do monitoramento), é vantajosa (Assunção e Rocha, 2019; Pfaff *et al.*, 2007, 2015; Robalino, Pfaff e Villalobos, 2015). No âmbito da Amazônia Legal, o enfoque da maioria dos estudos recentes recai sobre os dois pontos de inflexão observados no desmatamento da região em 2004 e 2008, e sua relação com a implementação de significativas mudanças políticas ocorridas nestes mesmos anos. Assunção, Gandour e Rocha (2015) concluíram, após controlar os efeitos dos preços, que as políticas implementadas tanto em 2004 quanto em 2008 contribuíram para uma contenção significativa do desmatamento. Ainda, segundo estimativa dos autores, o desmatamento teria sido 56% maior entre 2005 e 2009 na ausência das políticas.

Em outra pesquisa dos mesmos autores (Assunção, Gandour e Rocha, 2012), o impacto, especificamente da combinação do aumento do monitoramento proposto pelo PPCDAm em 2004 com o número total de multas aplicadas (advindas do enrijecimento proposto no conjunto de políticas em 2008), é avaliado por meio de estimativas em dois estágios (2SLS) para municípios do bioma Amazônia no período entre 2007 e 2011. Os resultados dos autores mostram que o aumento do número de multas aplicadas no ano “t” reduz significativamente o desmatamento no ano “t+1” para um mesmo município, e, ainda o desmatamento observado de 2007 a 2011 foi 75% menor do que teria sido na ausência de multas. Assunção *et al.* (2020) concluíram, fazendo uso da estratégia de diferença em diferenças, e controlando para efeitos fixos de ano, precipitação, preços das commodities agrícolas, e outras políticas de conservação julgadas importantes, que a implementação da Resolução nº 3.545/2008 do CMN ocasionou uma redução na concessão de crédito rural no Bioma Amazônia (e também encontraram redução na concessão de crédito à produtores não vinculados ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, o Pronaf) entre 2002 e 2012, e essa redução por sua vez ajuda a explicar a diminuição no desmatamento da região.

Complementar à estes artigos citados anteriormente, Hargrave e Kis-Katos (2013) concentram-se nos direcionadores econômicos e políticos que influenciam a lucratividade esperada de diferentes métodos de uso da terra (e que, conseqüentemente, acabam afetando as escolhas dos agentes quanto ao uso da terra). Os autores abordam em especial as variações nos preços de carne, soja e madeira e também consideram as mudanças das políticas governamentais, principalmente em relação às áreas de proteção ambiental e ao fluxo do crédito rural (medindo a relação entre o desmatamento e a disponibilidade de crédito rural subsidiado em conjunto com o PIB real). Além do fato de um aumento nos preços das commodities estar associado à maiores taxas de desmatamento, as políticas e a mudança na disponibilidade de crédito agrícola também impactaram a variável de resultado. Importante frisar que, os autores realizam também uma análise de endogeneidade através do estimador de diferença de GMM de Arellano - Bond (1991), com uma correção de Windmeijer (2005) em duas etapas, o que permite considerar as multas ambientais e o crédito rural como endógenas dentro do modelo. Como resultado mais robusto, os autores encontraram que o aumento percentual na intensidade de multas resultou em uma redução de cerca de 0,2% no desmatamento.

A fiscalização ambiental também foi abordada no estudo utilizando a estratégia de diferença em diferenças realizado por Arima *et al.* (2014). Segundo os autores, o aumento da fiscalização na Amazônia brasileira contribuiu para a redução do desmatamento na referida região em até 10.653km<sup>2</sup> entre 2009 e 2011. Já Assunção e Rocha (2019) olham apenas para os municípios em situação crítica em relação ao desmatamento (conforme lista da Portaria MMA nº 28/2008) e verificam que, após 2008, estes municípios reduziram significativamente o desmatamento na comparação com os municípios que não estavam na lista. A estratégia de identificação dos autores foi o método de diferença em diferenças, controlando os preços agrícolas e a parcela de área de cada município considerada como área protegida. Ainda, o principal mecanismo em destaque para os autores, foi a questão do aumento do monitoramento que proporcionou uma aplicação mais eficaz da lei. Para este grupo de municípios, não foi encontrado efeito nas concessões de crédito para a produção agrícola.

Assim, parece haver um consenso na literatura empírica relacionada ao desmatamento no território amazônico de que as políticas de combate ao desmatamento implementadas em 2004 e 2008 auxiliam não apenas na contenção, mas também na diminuição da devastação ambiental na região na segunda metade dos anos 2000.

### **3. Estratégia de identificação**

Diversos autores estudaram os efeitos e os mecanismos que fizeram com que estas políticas reduzissem o desmatamento na Amazônia Legal (Arima *et al.*, 2014; Assunção *et al.*, 2013; Assunção, Gandour e Rocha, 2015; Hargrave e Kis-Katos, 2013; Weinhold e Reis, 2008). As políticas ambientais possuem aspectos relacionados ao aumento do monitoramento dos territórios da Amazônia Legal através de satélites. O INPE é o responsável pelas informações e monitoramento das informações coletadas pelos satélites, e, também, pelo repasse destas para o IBAMA. As autuações são de responsabilidade dos Estados e do IBAMA. A política de 2004 tem como fundamento a ordenação fundiária, principalmente no sentido de identificação de unidades de conservação e de demarcação dos territórios indígenas. Em 2008 as políticas seguiram com o monitoramento e intensificaram os aspectos de controle, com definição de prioridade no monitoramento sobre determinados municípios. Um aspecto importante, é que os produtores rurais deveriam estar com regularização das terras para serem elegíveis aos programas de crédito fundiário.

Considerando essa estrutura, propomos como estratégia de identificação a utilização dos municípios não metropolitanos como grupo de tratados, e os municípios metropolitanos como grupo de controle. A ideia da seleção desses dois grupos se justifica porque entendemos que os municípios metropolitanos mantêm sua tendência de incremento do desmatamento devido suas características de localização geográfica e de infraestrutura. Entretanto, os municípios situados fora da região metropolitana são mais suscetíveis à produção agrícola e devem ser afetados pela mudança de política ambiental.

Dessa maneira, queremos analisar os efeitos da implementação da primeira fase do Plano de Ação Para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) em 2004 e do conjunto de políticas instituído em 2008 compreendendo: o Decreto Presidencial nº 6.321/2007, a Portaria MMA nº28/2008, o Decreto Presidencial nº 6.514/2008, e a Resolução 3.545/2008 do CMN. Assim, formulamos a primeira hipótese a ser testada:

H<sub>1</sub>: A política de combate ao desmatamento de 2004 não diminuiu o incremento do desmatamento em municípios não metropolitanos em relação a municípios metropolitanos.

De maneira análoga à primeira hipótese, testamos a segunda hipótese para o conjunto de políticas ambientais de 2008:

H<sub>2</sub>: O conjunto de políticas de combate ao desmatamento de 2008 não diminuiu o incremento do desmatamento em municípios não metropolitanos em relação a municípios metropolitanos.

Para testar estas hipóteses e identificar um possível causal das políticas ambientais utilizamos o método de diferença em diferenças. Nas próximas subseções apresentamos os dados utilizados e a metodologia empregada.

#### **3.1. Dados**

Este estudo utilizou seis bases de dados longitudinais em nível municipal para o período de 2002 a 2010. A primeira base utilizada é oriunda do Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Esta base fornece informações a respeito do incremento anual da área do desmatamento e área do município. A variável de resultado utilizada é o incremento da área do desmatamento (*IncrementoDesmatamento*), o qual indica a área em

quilômetros quadrados de floresta desmatada no decorrer dos doze meses anteriores. Excluímos da amostra os municípios que não possuem observações da variável de resultado em todos os anos da amostra.

Para a identificação do tratamento da política de combate ao desmatamento de 2004 consideramos a amostra que compreende os anos entre 2002 a 2007. Assim, construímos uma variável binária para identificar o tratamento que assume valor um para os anos de 2004 a 2007, e zero para os anos anteriores. Também construímos uma variável binária para identificação do grupo dos tratados, ela assume valor um quando o município situa-se em região não metropolitana, e zero caso o município situa-se em região metropolitana. O critério para a definição das regiões baseou-se no Cadastro de Regiões Metropolitanas, Aglomerações Urbanas e Regiões Integradas de Desenvolvimento para o ano de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Similarmente, para a identificação do tratamento do conjunto de políticas de combate ao desmatamento de 2008 consideramos apenas os anos entre 2005 a 2010. Desta forma, construímos uma outra variável binária para identificar este tratamento que assume valor um para os anos de 2008 a 2010, e zero para os anos de 2005 a 2007. Dos 723 municípios da amostra, 682 são municípios não metropolitanos (*MunicípioNMetrop*) e 41 são municípios metropolitanos (*MunicípioMetrop*).

A definição das covariáveis considera aspectos geográficos, populacionais e do mercado agropecuário referentes aos municípios da amostra. Tais dados nos permitem controlar características demográficas e geográficas heterogêneas entre os municípios da amostra. Construímos a covariável área em km<sup>2</sup> (*ÁreaKm2*) a partir dos dados da PRODES. A covariável população (*População*) representa o tamanho da população do município no ano e foi construída através da base de dados Estimativas de População (EstimaPop) do IBGE. Utilizamos as covariáveis agropecuárias aplicadas por Assunção *et al.* (2013), as quais são índices de preços de produtos agropecuários deflacionados para o ano 2000. Para tal, utilizamos os dados da Secretaria de Agricultura e do Abastecimento do Estado do Paraná (SEAB-PR). Assim, construímos as seguintes covariáveis: o índice de preço real para o arroz (*ÍndiceArroz2000*); o índice de preço real para a cana-de-açúcar (*ÍndiceCana2000*); o índice de preço real para o boi gordo (*ÍndiceGado2000*); o índice de preço real para a mandioca (*ÍndiceMandioca2000*); o índice de preço real para o milho (*ÍndiceMilho2000*); e o índice de preço real para a soja (*ÍndiceSoja2000*). Também foi utilizada a covariável de área de lavouras temporárias dos municípios (*ÁreaLavTemporária*), esta obtida por meio da base de dados Produção Agrícola Municipal (PAM) do IBGE.

As estatísticas descritivas das variáveis utilizadas neste estudo estão dispostas na Tabela 1, contendo as estatísticas de média, desvio padrão, mínimo e máximo das mesmas. A Tabela 1 também apresenta as estatísticas descritivas do incremento do desmatamento para os períodos 2002-2007 e 2005-2010.

**Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas – Amostra Não Metropolitana**

<i>Variáveis</i>	<i>Média</i>	<i>Desvio Padrão</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<b><i>Variável de Resultado</i></b>				
IncrementoDesmatamento	24,628	73,539	0	1.405
IncrDesmatPré2008	30,821	85,278	0	1.405
IncrDesmatPós2004	17,175	54,629	0	1.405
<b><i>Tratados e controle</i></b>				
MunicípioNMetrop	0,943	0,231	0	1
MunicípioNMComTI	0,285	0,451	0	1
MunicípioNMSemTI	0,658	0,474	0	1
MunicípioMetrop	0,057	0,231	0	1
<b><i>Covariáveis</i></b>				
População	22.133,54	32.298,47	981	428.527
ÁreaKm2	5.922.875	1,18e+07	151.000	1,6e+08
ÁreaLavTemporária	8,685	23,490	0	305

ÍndiceArroz2000	240,404	55,328	0	308
ÍndiceCana2000	179,472	30,673	0	220
ÍndiceGado2000	158,091	35,857	0	213
ÍndiceMandioca2000	188,557	73,985	0	307
ÍndiceMilho2000	143,578	18,633	0	176
ÍndiceSoja2000	200,078	36,783	0	256

Nota: Estatísticas descritivas para o incremento do desmatamento (*IncrementoDesmatamento*), incremento do desmatamento pré ano de 2008 (*IncrDesmatPré2008*) e incremento do desmatamento pós ano de 2004 (*IncrDesmatPós2004*) foram calculados usando dados do PRODES. A variável *IncrDesmatPré2008* representa a média de incremento do desmatamento para o período de análise da Lei de 2004. A variável *IncrDesmatPós2004* representa a média de incremento do desmatamento para o período de análise do conjunto de leis de 2008.

### 3.2. Método

Foram estimados três modelos distintos para cada subamostra (2002-2007 e 2005-2010). O primeiro modelo considera os efeitos fixos municipais e os efeitos fixos de tempo. O segundo modelo considera os efeitos fixos municipais e os efeitos de tendências temporais. Por fim, o terceiro modelo considera todos os efeitos fixos e todas variáveis de controle. Todos os modelos utilizaram erros padrão robustos.

Em termos de especificação econométrica, modelamos a relação de acordo com o proposto por Abadie (2005) da seguinte forma:

$$Y_{it} = \alpha + \gamma T_i + \theta d_t + \beta(T_i * d_t) + \delta X_{it} + \mu_i + \pi_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

onde  $Y_i$  representa a variável de resultado “incremento da área de desmatamento” para o município “ $i$ ” da amazonia legal. A variável  $T_i$  representa o tratamento, ou seja, assume valor um se o município encontra-se em região não metropolitana, e zero caso contrário. A variável  $d_t$  identifica o período posterior a implementação da política ambiental. Para o caso da política de 2004, a variável  $d_t$  assume valor um para os anos de 2004 a 2007, e zero para os anos anteriores. Já para a avaliação do conjunto de políticas de 2008, a variável  $d_t$  assume valor um para os anos de 2008 a 2010, e zero para os anos de 2005 a 2007. Cabe destacar que para identificar o efeito de cada uma das políticas ambientais utilizamos amostras diferentes. A interação entre as variáveis de tratamento de política ambiental captura o efeito causal da mudança de política ambiental sobre a variável de resultado. A magnitude do efeito é capturado pelo parâmetro  $\beta$ . O vetor  $X_i$  representa as covariáveis populacionais, econômicas e de mercado agropecuário para o município. Os parâmetros  $\mu_i$  e  $\pi_t$  representam os efeitos fixos municipais e de tempo, respectivamente. E o parâmetro  $\varepsilon_{it}$  representa o termo de erro.

O método de diferença em diferenças (DD) assume a hipótese de seleção em não observáveis por meio da utilização de dados em painel, permitindo o controle de características preexistentes não observáveis fixas no tempo entre os grupos de tratados e de controles. No entanto, a adição de covariáveis ao modelo de regressão com o método de DD pode ser realizada. Através do controle em características observáveis é possível tornar a estimação do efeito causal mais precisa. Assim, podemos apresentar o estimador do método de DD com a adição de covariáveis como:

$$ATT_{DD}: \beta = \{E[Y_i|T_i = 1, X_i, d_t = 1] - E[Y_i|T_i = 1, X_i, d_t = 0]\} - \{E[Y_i|T_i = 0, X_i, d_t = 1] - E[Y_i|T_i = 0, X_i, d_t = 0]\} \quad (2)$$

onde temos as primeiras diferenças: (i)  $E[Y_i|T_i = 1, X_i, d_t = 1] - E[Y_i|T_i = 1, X_i, d_t = 0]$ , a diferença das médias da variável de resultado entre os períodos pós e pré implementação do tratamento para o grupo dos tratados, e (ii)  $E[Y_i|T_i = 0, X_i, d_t = 1] - E[Y_i|T_i = 0, X_i, d_t = 0]$  é a diferença das médias da variável de

resultado entre os períodos pós e pré implementação do tratamento para o grupo dos controles. O estimador  $\beta$  é a diferença entre (i) e (ii), e representa o efeito médio do tratamento sobre os tratados (*Average Treatment Effect on Treated* – ATT). As primeiras diferenças (i) e (ii) possibilitam controlar potenciais fontes de viés de seleção oriundas de efeitos fixos não observáveis dos municípios e efeitos fixos temporais. Por este motivo, a não alteração da composição dos grupos antes e depois da intervenção é fundamental para garantir a ausência de viés de seleção em não observáveis. Além disso, a principal hipótese do método de DD é a presença de tendências paralelas nas variáveis de resultado entre os grupos tratado e controle antes do tratamento. Apesar de não ser testável de maneira definitiva, a indicação de sua validade pode ser checada através de análise gráfica da trajetória da variável de resultado dos grupos tratado e controle no período anterior à intervenção. Esta hipótese é fundamental para estabelecer que a variável de resultado é influenciada pelos mesmos fatores da mesma forma para ambos os grupos tratado e controle. Dessa maneira, é plausível supor que na ausência do tratamento a variável de resultado do grupo dos tratados seguiria a mesma tendência observada pelo grupo dos controles. Tal mecanismo proporciona o estabelecimento de um contrafactual adequado em caso de não aleatorização.

#### 4. Resultados

A Tabela 2 apresenta os efeitos das políticas estruturadas no PPCDam para os anos 2000 no incremento no desmatamento de municípios situados em região não metropolitana da Amazônia Legal brasileira. As análises foram separadas para as políticas de combate ao desmatamento implementadas nos anos de 2004 e 2008. As colunas de (1) a (3) apresentam os efeitos da política de 2004, e as colunas de (4) a (6) apresentam os efeitos do conjunto de políticas de 2008. Foram estimados três modelos diferentes, e as colunas representam estes modelos da seguinte forma: (1) e (4) representam as regressões de diferença em diferenças apenas os efeitos temporais fixos e efeitos municipais fixos; (2) e (5) representam as regressões de diferença em diferenças considerando as tendências temporais; e (3) e (6) representam as regressões de diferença em diferenças considerando as covariáveis.

Ao analisar-se os efeitos da política de 2004 na Tabela 2 verifica-se que todos os resultados rejeitam a hipótese 1 com  $p < 1\%$ . Os resultados apresentados nas colunas (2) e (3) indicam uma redução no incremento do desmatamento de 7,318 km<sup>2</sup> por município em média no período pós política, enquanto que na coluna (3) esta redução é de 11,289 km<sup>2</sup>. Considerando os 682 municípios não metropolitanos da amostra, isto representa um total de 4.990 km<sup>2</sup> a 8.161 km<sup>2</sup>.

**Tabela 2 – Efeitos das políticas de combate ao desmatamento no incremento do desmatamento**

	<i>Política de 2004</i>			<i>Conjunto de políticas de 2008</i>		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Efeito DD</i>	-7,318*** (2,443)	-7,318*** (2,333)	-11,289*** (2,983)	-9,442*** (1,305)	-9,442*** (1,247)	-13,464* (2,500)
Tend. Temp.	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
Covariáveis	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM
EF Ind.	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EF Tempo	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM
<i>N</i>	4.338	4.338	4.338	4.338	4.338	4.338

Nota: Os símbolos \*, \*\* e \*\*\* representam significância estatística de 10%, 5% e 1%, respectivamente; para a política de combate ao desmatamento de 2004 (colunas 1 a 3) consideramos o período de 2002 a 2007; para o conjunto de políticas de 2008 (colunas 4 a 6) consideramos o o período de 2005 a 2010; as covariáveis foram omitidas por considerações de espaço.

Em relação aos efeitos do conjunto de políticas de 2008 na Tabela 2 pode-se observar que todos os resultados também rejeitam a hipótese 2 com  $p < 1\%$ . As colunas (4) e (5) apresentam uma redução no

incremento do desmatamento de 9,442 km<sup>2</sup> por município em média no período após a implementação deste conjunto de políticas, ao passo que na coluna (6) esta redução é de 13,464 km<sup>2</sup>. Observando o desmatamento agregado do grupo de tratamento, isto representa uma redução de 6.439 km<sup>2</sup> a 9.182 km<sup>2</sup>.

Em relação aos resultados encontrados para a política de 2004 (colunas 1 a 3), os achados estão de acordo com o apresentado por outros autores. Assunção, Gandour e Rocha (2015) indicam que houve uma redução de 56% no desmatamento na Amazônia entre 2005 e 2009. Soares-Filho *et al.* (2010) também identificam que a expansão das áreas de proteção promoveram a queda do desmatamento entre os anos de 1997 a 2008. Os efeitos identificados para o conjunto de políticas de 2008 (colunas 4 a 6) também são respaldados pela literatura. Com enfoque apenas nos municípios listados pela Portaria MMA nº 28/2008, Arima *et al.* (2014) destacam que a redução do desmatamento ocorrida na Amazônia entre 2009 e 2011 é produto da elevação da fiscalização após implementação das políticas. Analisando os municípios listados, Assunção e Rocha (2019) também verificam que houve uma redução significativa no desmatamento por parte destes municípios após 2008, principalmente devido ao aumento do monitoramento realizado na região.

## 5. Análise de robustez

Nessa seção serão apresentadas diferentes análises de robustez para os resultados encontrados anteriormente. Primeiro serão propostas diferentes especificações no grupo de tratamento, depois será realizada a análise gráfica do *Event Study* e por último serão realizados testes de placebo.

### 5.1. Análise de Diferença em Diferenças com grupos de tratamento distintos

Entre os anos de 2004 a 2009 houve um aumento de mais de 520 mil km<sup>2</sup> na área de Unidades de Conservação na Amazônia Legal após o início das políticas de combate ao desmatamento (Assunção, Gandour e Rocha, 2015). A delimitação de territórios indígenas também foi afetada por esta expansão, sendo acelerada pelo sistema de satélites DETER. Adicionalmente, a Portaria MMA nº 28 (Brasil, M. do M. A., 2008) definiu uma lista de 36 municípios prioritários para o combate ao desmatamento, dos quais todos os municípios listados apresentavam algum território indígena em seu espaço geográfico.

Assim, propõe-se a estimação de efeitos heterogêneos para os conjuntos de políticas de combate ao desmatamento de 2004 e de 2008 para dois novos grupos de tratamento: (i) municípios em região não metropolitana com território indígena (TI), e (ii) municípios em região não metropolitana sem território indígena. O grupo controle continua composto pelos municípios situados em região metropolitana. Para tal, utilizou-se dados coletados através da seção Terras Indígenas no portal eletrônico da Fundação Nacional do Índio (FUNAI)<sup>7</sup>. Consideramos como municípios com território indígena os municípios que possuem territórios indígenas com área de superfície delimitada, ou seja, maior que 0 quilômetro quadrado (km<sup>2</sup>); caso contrário, o município é considerado como um município sem território indígena. Devido ao caráter das políticas, espera-se que municípios com a presença de territórios indígenas se beneficiem adicionalmente de tais políticas devido à delimitação e fiscalização mais eficiente e rápida dos territórios indígenas, dado que estes municípios são potencialmente mais vulneráveis à prática de grilagem.

Apresentamos na Tabela 3 a análise para os efeitos da política de 2004, e na Tabela 4 a análise para os efeitos do conjunto de políticas de 2008. Para ambas as Tabelas 3 e 4, as colunas de (1) a (3) referem-se aos municípios não metropolitanos com territórios indígenas (*MunicípioNMComTI*); e as colunas de (4) a (6) referem-se aos municípios não metropolitanos sem territórios indígenas (*MunicípioNMSemTI*). As colunas das Tabelas 3 e 4 apresentam os modelos na seguinte ordem: (1) e (4) representam as regressões de diferença em diferenças apenas os efeitos temporais fixos e efeitos municipais fixos; (2) e (5) representam as regressões de diferença em diferenças considerando as tendências temporais; e (3) e (6) representam as regressões de diferença em diferenças considerando as covariáveis.

---

<sup>7</sup> Os dados foram coletados por meio do sítio <http://www.funai.gov.br/index.php/indios-no-brasil/terras-indigenas>

**Tabela 3 – Efeito da política de 2004 – Efeitos heterogêneos**

	<i>Mun. não metrop. com TI</i>			<i>Mun. não metrop. sem TI</i>		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Efeito DD</b>	-21,427*** (5,028)	-21,427*** (4,863)	-20,260*** (5,483)	-1,211 (2,016)	-1,211 (1,997)	-4,876** (2,229)
Tend. Temp.	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
Covariáveis	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM
EF Ind.	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EF Tempo	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM
<i>N</i>	1.482	1.482	1.482	3.102	3.102	3.102

Nota: Os símbolos \*, \*\* e \*\*\* representam significância estatística de 10%, 5% e 1%, respectivamente; para a política de combate ao desmatamento de 2004 consideramos o período de 2002 a 2007; as covariáveis foram omitidas por considerações de espaço.

Conforme pode ser visto na Tabela 3, os efeitos mantêm-se estatisticamente significativos para a política de 2004 na redução do incremento do desmatamento na região da Amazônia Legal brasileira. Os municípios não metropolitanos com TI apresentaram nas colunas (1) e (2) uma redução no incremento do desmatamento de 21,427 km<sup>2</sup> ( $p < 1\%$ ) após o tratamento, e de -20,260 km<sup>2</sup> ( $p < 1\%$ ) na coluna (3). Em relação ao efeito da política de 2004 no incremento do desmatamento para municípios não metropolitanos sem TI, verificou-se efeito significativo apenas para o modelo com covariáveis (coluna 6), indicando uma redução média por município no incremento do desmatamento de 4,876 km<sup>2</sup> ( $p < 5\%$ ) após o tratamento.

Avaliando os resultados apresentados na Tabela 4, observa-se que o conjunto de políticas de combate ao desmatamento de 2008 ocasionou uma redução do desmatamento para os dois novos grupos de tratamento. Todos os resultados apresentaram significância estatística de 1%. Para os municípios não metropolitanos com TI identificou-se uma redução no incremento do desmatamento de 20,522 km<sup>2</sup> nas colunas (1) e (2), e uma redução de 23,627 km<sup>2</sup> na coluna (3). Referente aos municípios não metropolitanos sem TI, verificou-se uma redução no incremento do desmatamento de 4,647 km<sup>2</sup> nas colunas (4) e (5), e uma redução de 5,610 km<sup>2</sup> na coluna (6).

**Tabela 4 – Efeito do conjunto de políticas de 2008 – Efeitos heterogêneos**

	<i>Mun. não metrop. com TI</i>			<i>Mun. não metrop. sem TI</i>		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Efeito DD</b>	-20,522*** (3,128)	-20,522*** (3,048)	-23,627*** (4,185)	-4,647*** (0,884)	-4,647*** (0,874)	-5,610*** (1,147)
Tend. Temp.	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
Covariáveis	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM
EF Ind.	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EF Tempo	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM
<i>N</i>	1.482	1.482	1.482	3.102	3.102	3.102

Nota: Os símbolos \*, \*\* e \*\*\* representam significância estatística de 10%, 5% e 1%, respectivamente; para o conjunto de políticas de 2008 consideramos o período de 2005 a 2010; as covariáveis foram omitidas por considerações de espaço.

Ao observar os resultados encontrados, verifica-se que as políticas de combate ao desmatamento dos anos 2000 impactaram principalmente os municípios em região não metropolitana com TI em comparação aos municípios não metropolitanos sem TI. Estes resultados são corroborados por Soares-Filho *et al.* (2010) em uma análise para as três principais categorias de Área de Proteção (terra indígena, estritamente protegida e uso sustentável) entre 1997 e 2008. Tal comportamento pode ser explicado pelo objetivo

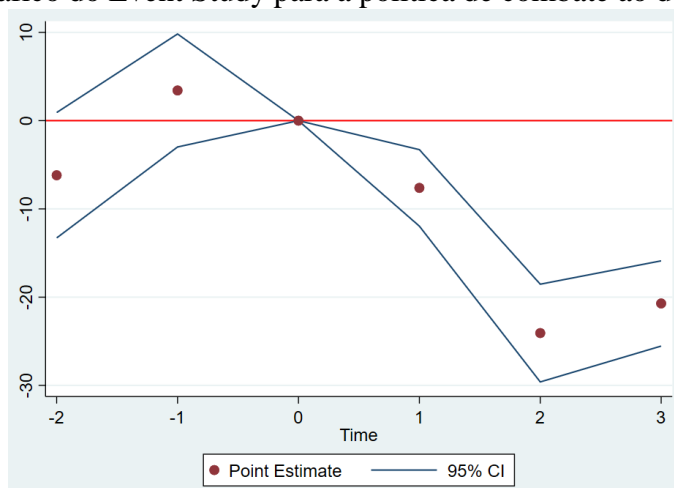
destas políticas, no intuito de aprimorar e intensificar o ordenamento e monitoramento fundiário e o *compliance* ambiental.

## 5.2. Event Study

O *event study* é um método econométrico que avalia os efeitos heterogêneos do tratamento sobre uma variável de interesse. Queremos verificar os efeitos heterogêneos da política em cada ano após a sua entrada em vigor. Assim, realizamos a análise de *event study* para a política aplicada em 2004.<sup>8</sup> A principal hipótese da regressão de diferença em diferenças é que a trajetória temporal do incremento do desmatamento antes da implementação das políticas para os municípios localizados nas regiões metropolitanas represente o que ocorreria com os municípios localizados nas regiões não metropolitanas caso a política não tivesse sido aplicada. Embora o *event study* não seja um teste direto da suposição de tendências paralelas<sup>9</sup>, ele evidencia a tendência temporal entre os grupos se os grupos tratado e controle. Todos os valores estimados estão dentro do intervalo de confiança de 95% e utilizou-se erros robustos.

É possível verificar na Figura 3, os pontos estimados apresentam resultados próximos a zero no período pré-tratamento, indicando ausência de efeito antes da política. O contrário é observado para o período após o evento (após o valor 0 no eixo horizontal do gráfico), ou seja, nota-se que entre 2005 e 2007 os pontos estimados e seus intervalos de confiança estão abaixo da linha (vermelha) do nível no ano do evento, indicando a existência de efeitos negativos. Como a política de combate ao desmatamento de 2004 tem carácter fiscalizatório, há uma demora para que haja efeito da política. Assim, a queda no incremento do desmatamento é maior de 2005 à 2006 em comparação ao período de 2004 à 2005. Também é possível verificar que em 2007 há uma tendência de aumento no incremento do desmatamento. Essa tendência pode ser explicada pelo aumento dos preços internos da soja<sup>10</sup>. Diversos autores argumentam que o aumento do desmatamento tem relação direta com a elevação dos preços agrícolas (Barbier e Burgess, 1996; Chomitz e Gray, 1996; Hargrave e Kis-Katos, 2013; Pfaff et al., 2007; Pfaff, 1999). Logo, pode-se afirmar que a tendência de aumento apresentada em 2007 é oriunda da elevação dos preços agrícolas no período corrente.

Figura 3- Gráfico do Event Study para a política de combate ao desmatamento de 2004



Nota: A elaboração do gráfico foi realizada pelos autores através do aplicativo *eventdd* pelo programa Stata.

<sup>8</sup> Devido a possíveis efeitos decorrentes da política de 2004 no período anterior à implementação do conjunto de políticas de 2008, optou-se por não realizar a análise de *event study* para a política de 2008.

<sup>9</sup> As condições de tendências paralelas nas análises de diferença em diferenças foram verificadas e atendidas.

<sup>10</sup> De acordo com o boletim Agromensal - Esalq/BM&F de setembro de 2007, os preços da soja aumentaram 11,89% em relação a agosto. O interesse pela importação do produto levou os preços em dólares a atingirem os seus maiores patamares históricos.



### 5.3. Testes de placebo

Com o intuito de verificar a robustez dos resultados encontrados, testes de placebo são realizados. A ideia do teste de placebo é testar se o efeito estimado do tratamento ocorreu ao acaso. Assim, espera-se que os resultados destes testes não sejam estatisticamente significativos. Especificamente para estudos de diferença em diferenças, este teste permite verificar se as estimações estão relacionadas ao efeito do tratamento ou à trajetória temporal da variável de interesse.

Os resultados dos testes de placebo estão dispostos na Tabela 5. Na coluna 1 realiza-se um teste de placebo na variável identificadora do período de tratamento para a política de 2004, utilizando o ano de 2003 como um placebo.<sup>11</sup> Dado que a lei foi implementada em 2004, não deve existir efeito para o período anterior. Nas colunas 2 e 3 são apresentados os testes de placebo para a variável de resultado referente à política de 2004 e ao conjunto de políticas de 2008, respectivamente. Para tal, escolheu-se a variável área de lavoura permanente. O objetivo é testar se a implementação das políticas de combate ao desmatamento impactou outras variáveis de resultado não relacionadas ao tratamento. Considerando que esta variável não possui relação com o objetivo da política, espera-se a inexistência de efeitos. Nas colunas 4 e 5 são apresentados os testes de placebo para a variável do grupo de tratamento referente à política de 2004 e ao conjunto de políticas de 2008, respectivamente. Com esse intuito, criou-se uma variável aleatória<sup>12</sup> com média e desvio padrão semelhantes aos da variável indicadora do grupo de tratamento original (*MunicípioNMetrop*). A ideia deste teste é verificar se o efeito encontrado não foi um erro de tipo I.

**Tabela 5 – Testes de placebo**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Plac. Var. Tratamento 04	Plac. Var. Result. 04	Plac. Var. Result. 08	Plac. Var. Grupo Trat. 04	Plac. Var. Grup. Trat. 08
<i>Efeito DD</i>	0,659 (3,303)	0,307 (0,474)	-0,845 (0,532)	-5,691 (6,991)	-0,329 (4,359)
EF Tempo	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
<i>N</i>	4.338	4.338	4.338	4.338	4.338

Nota: Os símbolos \*, \*\* e \*\*\* representam significância estatística de 10%, 5% e 1%, respectivamente; as colunas 1, 2 e 4 consideram o período de 2002 a 2007, e as colunas 3 e 5 consideram o período de 2005 a 2010.

Analisando os resultados dispostos na Tabela 5, pode-se observar que nenhum dos testes apresentou significância estatística. Os resultados dos testes fornecem robustez aos efeitos das políticas de combate ao desmatamento identificados.

### 6. Discussão e considerações finais

Este estudo teve como objetivo analisar os efeitos das políticas ambientais no Brasil durante os anos 2000, onde o enriquecimento na legislação ambiental, especificamente nos anos de 2004 e de 2008, procurou frear os elevados índices de desmatamento, principalmente nas regiões do bioma Amazônia e do bioma Cerrado. O estudo contribui para a discussão dos efeitos de políticas propostas com o intuito de conter ou desacelerar o desmatamento em países em desenvolvimento - onde situam-se os maiores volumes de desmatamento em nível mundial -, e apresenta uma análise direcionada à Amazônia Legal brasileira.

Foi utilizada a metodologia de diferença em diferenças para avaliar o impacto destas políticas no incremento anual do desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. A análise do efeito da

<sup>11</sup> Devido a possíveis efeitos decorrentes da política de 2004 no período anterior à implementação do conjunto de políticas de 2008, não foi realizado o teste de placebo para a variável indicadora de tratamento para o conjunto de políticas de 2008.

<sup>12</sup> Para a criação desta variável aleatória foi utilizada a semente aleatória 100 pelo programa Stata.

política de 2004 compreendeu o período de 2002 a 2007; e a análise do efeito do conjunto de políticas de 2008 compreendeu o período de 2005 a 2010. Para tal, consideramos os municípios não metropolitanos como tratados e os municípios metropolitanos como controles. As estimações foram validadas pelos testes de robustez de análise diferentes grupos tratados, de *event study* e de testes de placebo. Os resultados indicam que a política de 2004 e o conjunto de políticas de 2008 acarretaram em reduções do incremento anual do desmatamento de até 11,289 km<sup>2</sup> e até 13,464 km<sup>2</sup> em média nos municípios não metropolitanos, respectivamente. Isto representa uma redução de mais de 17.343 km<sup>2</sup> no desmatamento quando considerados todos os 682 municípios não metropolitanos durante o período de 2002 a 2010.

## Referências

- ABADIE, A. Semiparametric Difference-in-Differences Estimators. **The Review of Economic Studies**, v. 72, n. 1, p. 1–19, jan. 2005.
- ALSTON, L.; ANDERSSON, K. **Reducing Greenhouse Gas Emissions by Forest Protection: The Transaction Costs of REDD**. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, fev. 2011. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w16756.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2021.
- ANGELSEN, A.; KAIMOWITZ, D. Rethinking the Causes of Deforestation: Lessons from Economic Models. **The World Bank Research Observer**, v. 14, n. 1, p. 73–98, 1 fev. 1999.
- ARIMA, E. Y. *et al.* Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. **Land Use Policy**, v. 41, p. 465–473, nov. 2014.
- ASSUNÇÃO, J. *et al.* **Does Credit Affect Deforestation? Evidence from a Rural Credit Policy in the Brazilian Amazon**. Rio de Janeiro, Brasil: Climate Policy Initiative, 2013.
- ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. **DETERring Deforestation in the Brazilian Amazon: Environmental Monitoring and Law Enforcement**. Rio de Janeiro, Brasil: Climate Policy Initiative, 2012.
- ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies? **Environment and Development Economics**, v. 20, n. 6, p. 697–722, dez. 2015.
- ASSUNÇÃO, J.; ROCHA, R. Getting greener by going black: the effect of blacklisting municipalities on Amazon deforestation. **Environment and Development Economics**, v. 24, n. 2, p. 115–137, abr. 2019.
- AZEVEDO, T. R. DE *et al.* **Relatório Anual do Desmatamento no Brasil**. São Paulo, Brasil: MapBiomias, 2020.
- BARBIER, E.; BURGESS, J. Economic analysis of deforestation in Mexico. **Environment and Development Economics**, v. 1, n. 2, p. 203–239, 1996.
- BERAZNEVA, J.; BYKER, T. S. Does Forest Loss Increase Human Disease? Evidence from Nigeria. **American Economic Review**, v. 107, n. 5, p. 516–521, 1 maio 2017.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. . 5 out. 1988, Sec. 1.
- BRASIL, C. C. 1806. Lei nº 1.806/1953. . 7 jan. 1953, Sec. 1, p. 13.
- \_\_\_\_\_. 6938. Lei nº 6.938/1981. . 31 ago. 1981.
- \_\_\_\_\_. 9922. Decreto nº 9.922/2003. . 3 jul. 2003, Sec. 1, p. 1.
- \_\_\_\_\_. **Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal**, mar. 2004.
- \_\_\_\_\_. 6321. Decreto nº 6.321/2007. . 21 dez. 2007, Sec. 1.
- \_\_\_\_\_. 6514. Decreto nº 6.514/2008. . 22 jul. 2008, Sec. 1.
- BRASIL, C. M. N. 3545. Resolução nº 3.545/2008. . 29 fev. 2008.
- BRASIL, M. DO M. A. **Plano Agrícola e Pecuário 2003-2004**. Brasília, Brasil: Secretaria de Política Agrícola, 2003.

- \_\_\_\_\_. 28. Portaria MMA nº 28/2008. . 24 jan. 2008, Sec. 1, p. 70.
- CHOMITZ, K. M.; GRAY, D. A. Roads, Land Use, and Deforestation: A Spatial Model Applied to Belize. **The World Bank Economic Review**, v. 10, n. 3, p. 487–512, 1 set. 1996.
- CHOMITZ, K. M.; THOMAS, T. S. Determinants of Land Use in Amazônia: A Fine-Scale Spatial Analysis. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 85, n. 4, p. 1016–1028, nov. 2003.
- CROPPER, M.; GRIFFITHS, C. The Interaction of Population Growth and Environmental Quality. **The American Economic Review**, v. 84, n. 2, p. 250–254, 1994.
- CURRIE, J.; WALKER, R. What Do Economists Have to Say about the Clean Air Act 50 Years after the Establishment of the Environmental Protection Agency? **Journal of Economic Perspectives**, v. 33, n. 4, p. 3–26, nov. 2019.
- FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680–688, jun. 2005.
- FEARNSIDE, P. M.; LAURANCE, W. F. Tropical Deforestation and GreenHouse-Gas Emissions. **Ecological Applications**, v. 14, n. 4, p. 982–986, ago. 2004.
- FILHO, J. E. R. V. **Expansão da Fronteira Agrícola no Brasil: Desafios e Perspectivas**. [s.l.] IPEA, 2016. Disponível em: <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6909/1/td\\_2223.PDF](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6909/1/td_2223.PDF)>.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra**. Roma, Itália: [s.n.].
- \_\_\_\_\_. **Global emergence of infectious diseases: links with wild meat consumption, ecosystem disruption, habitat degradation and biodiversity loss**. Roma, Itália: FAO, 2020.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM. **The State of the World's forests in 2020. In brief.: Forests, biodiversity and people**. Roma, Itália: FAO, 2020.
- FOSTER, A. D.; ROSENZWEIG, M. R. Economic Growth and The Rise of Forests. **SSRN Electronic Journal**, 2002.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO. **FUNAI: Demarcação de Terras Indígenas**. Disponível em: <<https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/demarcacao-de-terras-indigenas>>. Acesso em: 11 jun. 2021.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **SOS Mata Atlântica: Relatório Anual 2019**. São Paulo, Brasil: Fundação SOS Mata Atlântica, 2019.
- GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. **BioScience**, v. 52, n. 2, p. 143, 2002.
- HARGRAVE, J.; KIS-KATOS, K. Economic Causes of Deforestation in the Brazilian Amazon: A Panel Data Analysis for the 2000s. **Environmental and Resource Economics**, v. 54, n. 4, p. 471–494, abr. 2013.
- HELIANDRO MAIA *et al.* **Avaliação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal, 2007–2010**. [s.l.] GIZ, Cepal e IPEA, 2011.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **PRODES — Coordenação-Geral de Observação da Terra**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 9 jun. 2021.
- LAM, S. K.; CHUA, K. B. Nipah Virus Encephalitis Outbreak in Malaysia. **Clinical Infectious Diseases**, v. 34, n. Supplement\_2, p. S48–S51, 1 maio 2002.
- MARGULIS, S. **Causes of Deforestation of the Brazilian Amazon**. Washington, D.C.: The World Bank, 29 dez. 2003. Disponível em: <<http://elibrary.worldbank.org/doi/book/10.1596/0-8213-5691-7>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

- NITIN BHATIA; GRAEME S. CUMMING. Deforestation and economic growth trends on oceanic islands highlight the need for meso-scale analysis and improved mid-range theory in conservation. *v. 25, n. 3, p. 10, 2020.*
- PFAFF, A. *et al.* Road Investments, Spatial Spillovers, and Deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of Regional Science**, *v. 47, n. 1, p. 109–123, fev. 2007.*
- \_\_\_\_\_. Protected Areas' Impacts on Brazilian Amazon Deforestation: Examining Conservation – Development Interactions to Inform Planning. **PLOS ONE**, *v. 10, n. 7, p. e0129460, 30 jul. 2015.*
- PFAFF, A.; ROBALINO, J. Protecting forests, biodiversity, and the climate: predicting policy impact to improve policy choice. **Oxford Review of Economic Policy**, *v. 28, n. 1, p. 164–179, 1 mar. 2012.*
- PFAFF, A. S. P. What Drives Deforestation in the Brazilian Amazon? **Journal of Environmental Economics and Management**, *v. 37, n. 1, p. 26–43, jan. 1999.*
- RAY, D. K. *et al.* Impact of land use on Costa Rican tropical montane cloud forests: Sensitivity of orographic cloud formation to deforestation in the plains. **Journal of Geophysical Research**, *v. 111, n. D2, p. D02108, 2006.*
- ROBALINO, J.; PFAFF, A.; VILLALOBOS, L. **Deforestation Spillovers from Costa Rican Protected Areas**. Costa Rica: Latin American and Caribbean Environmental Economics Program (LACEEP), 2015.
- SENADO FEDERAL BRASILEIRO. Evolução da lei ambiental brasileira. **Em discussão: Revista de Audiências Públicas do Senado Federal**, *v. 2, n. 9, p. 84, dez. 2011.*
- \_\_\_\_\_. Em discussão: Rio+20 Em busca de um mundo sustentável. **Em discussão: Revista de Audiências Públicas do Senado Federal**, *v. 3, n. 11, p. 33, jun. 2012.*
- SOARES-FILHO, B. *et al.* Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, *v. 107, n. 24, p. 10821–10826, 15 jun. 2010.*
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Becoming #GenerationRestoration: Ecosystem restoration for people, nature and climate**. Nairobi, Kênia.: United Nations Environment Programme, 2021.
- WEINHOLD, D.; REIS, E. Transportation costs and the spatial distribution of land use in the Brazilian Amazon. **Global Environmental Change**, *v. 18, n. 1, p. 54–68, fev. 2008.*