

# A influência dos principais determinantes e da governança sobre o desmatamento na Amazônia Legal brasileira: uma abordagem por painel (2003-2020)

*The influence of key determinants and governance on deforestation in the Brazilian Legal Amazon: a panel approach (2003-2020)*

**AHMAD SAEED KHAN**

Professor Titular da Universidade Federal do Ceará (UFC).  
Bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). CE – Brasil  
orcid.org/0000-0002-4079-7574  
saeed@ufc.br

**LAURA COSTA SILVA**

Mestranda pelo Programa de Pós-graduação em Economia Regional e Urbana (PPGERU) da Universidade Regional do Cariri (URCA).  
Bolsista pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP). CE – Brasil  
orcid.org/0000-0002-6511-9729  
laura.costasilva@urca.br

## RESUMO

Nos últimos tempos aconteceram mudanças significativas na Amazônia que ocasionaram às perdas de grade extensão das áreas de florestas remanescentes. Nesse contexto, a presente pesquisa objetivou avaliar a influência dos principais fatores determinantes e gestões governamentais no combate ao desmatamento dos municípios da Amazônia Legal no período de 2003 a 2020. Para tanto, estimou-se o modelo de painel balanceado - Efeito Aleatório (EA). Os principais resultados indicaram que parcela majoritária dos municípios apresentaram até 10% de suas áreas desmatadas. Concernente aos resultados empíricos, constatou-se que a expansão da economia, da área de lavoura, da pecuária bovina e da população são fatores significantes para explicar o aumento do desmatamento. Verificou-se também que os municípios do estado do Pará apresentaram desmatamento maior que todas as sedes municipais dos estados amazônicos, com exceção do estado de Rondônia. Ademais, notou-se que foi na gestão do presidente Bolsonaro que aconteceram as maiores elevações no desflorestamento.

**Palavras-chave:** Modelo de painel. Desmatamento. Gestão governamental. Amazônia legal.

## ABSTRACT

In recent times there have been significant changes in the Amazon that have caused the species to extend the areas of remaining forests. In this context, the present research aimed to verify the influence of the main determinant factors and government measures in the fight against deforestation in the municipalities of the Legal Amazon in the period from 2003 to 2020. For this, the balanced panel model - Random Effect (EA) is estimated. The main results indicate that the majority of the municipalities have up to 10% of their areas deforested. Concerning the empirical results, it was reported that the expansion of the economy, the livestock area, the bovine population and the population are significant factors for the increase in deforestation. It was also found that the municipalities in the state of Pará had a similar deforestation higher than all the municipal seats of the Amazon states, with the exception of the state of Rondônia. In addition, it was noted that it was during President Bolsonaro's administration that the greatest increases in deforestation took place.

**Keywords:** Dashboard template. Logging. Government management. Legal Amazon.



<http://dx.doi.org/10.51861/ded/dmvt.1.740>

Recebido em: 22 de novembro de 2022. Aprovado em: 19 de dezembro de 2022.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos aconteceram mudanças significativas na Amazônia que ocasionaram às perdas de grande extensão das áreas de florestas remanescentes. Estados pertencentes a Amazônia Legal, como Pará, Rondônia, Mato Grosso e Maranhão apresentaram nas últimas décadas uma grande extensão territorial devastada, com perda na diversidade biológica, tanto fauna quanto à flora. As motivações para esta degradação ambiental são diversas e refletem a problemática existente dos interesses dos múltiplos atores sociais (públicos e privados) que encontram no imenso território da floresta um local de oportunidades para o desenvolvimento do capitalismo e também de conflitos, dado o processo de ocupação das terras indígenas amazônicas (CASTRO, 2005).

De acordo com a literatura que versa sobre o tema, as múltiplas causas da desarborização, podem se relacionar direta ou indiretamente com o tipo de política pública implementada pelos governos. Sendo que as políticas podem diferir entre governos e estão em consonância com o objetivo principal dos dirigentes do país. A ampliação da malha viária e concessão de crédito agrícola são políticas que afetam indiretamente o desmatamento. A exemplo disso, pode-se citar a política desenvolvimentista que ocorreu por volta de 1970 com o II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND) do governo militar que focou no crescimento econômico via apropriação da floresta Amazônia, através da ampliação de obras de infraestrutura e expansão da agricultura e entre outras (PRATES & SERRA, 2009; MACHADO, 2012).

Um tipo de política que afeta diretamente a floresta Amazônica é a integração do país nas negociações acerca da proteção ambiental e ao controle às alterações climáticas. Este fato ocorreu a partir dos anos 1980 quando ocorreu a promulgação da Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA e em 1992 a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (MARTINS, 2022).

Segundo Brasil (2013), o desmatamento causa diversos problemas tanto de caráter social como ambiental, dentro os quais pode-se citar, redução dos territórios das populações, prejuízos a biodiversidade, elevação dos gases geradores do efeito estufa, alterações climáticas e doenças respiratórias, causadas pela poluição do ar, devido as queimadas.

De acordo com dados do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2020), em 2019, as mudanças de uso da terra, com foco no desmatamento, principalmente da Amazônia que se destacou no período, representou 44% do total das emissões dos gases do efeito estufa. De 2018 para 2019 quando se analisa todas as atividades rurais relacionadas, a agropecuária representou 72% do total das emissões no período.

De acordo com dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/ Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia por Satélites – INPE/PRODES (2022) na primeira década dos anos 2000, especificamente a partir de 2004 a taxa do desmatamento declinou acentuadamente passando de 27.772 km<sup>2</sup> em 2004

para 7.000 km<sup>2</sup> em 2010. No fim do ano de 2016 o desmatamento começa a subir novamente atingindo 7.893 km<sup>2</sup>, declinando novamente para 7.536 km<sup>2</sup> em 2018. Nos últimos anos de 2019 para 2020, o desmatamento voltou a crescer passando de 10.129 km<sup>2</sup> para 10.851 km<sup>2</sup>, respectivamente. Este movimento do desflorestamento ao longo dos anos, pode estar associado ao conjunto de políticas públicas de conservação adotadas no período, que podem diferir de acordo com a prioridade de cada governo.

Desse modo, tendo em vista a grande importância das florestas e sendo o desmatamento um dos principais problemas que estas enfrentam, vários autores já estudaram essa temática. Concernente aos estudos direcionados para a Amazônia, destacam-se os estudos: de Santos, Braga & Homma (2008), Prates & Serra (2009) Santos (2010), Oliveira *et al* (2011), Ferreira & Coelho (2015), Vasconcelos (2015), Delazeri (2016), Guedes (2017), Castelo *et al* (2018), Kuschnig, Cuaresma & Krisztin (2019), Pereira (2019), Silva, Marcelino & Parré (2020), Alves (2021) e Santanna & Costa (2021). Já Silva (2017) e Trigueiro (2019) averiguaram os causadores do desflorestamento no bioma Cerrado e, por fim Sousa, Irffi & Asevedo (2021) conduziram a análise para a Mata Atlântica no Ceará.

Apesar de na literatura enfatizada os condicionantes do desmatamento da Amazônia legal terem sido amplamente estudados, este trabalho apresenta inovação por incorporar variáveis *dummies* para os nove estados pertencentes a Amazônia Legal (Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins e Maranhão) para verificar a dinâmica do desmatamento dos municípios nesses estados nos anos 2003 a 2020. Além destas, utilizou-se também de quatro variáveis binárias para os governos com o propósito de conhecer a influência das políticas de conservação da Amazônia Legal nas diferentes gestões sobre o desmatamento no bioma no período considerado. Ademais foi utilizado dados para o período mais atual com dados disponíveis, 2020.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo analisar a influência das administrações (presidentes Lula, Dilma, Temer e Bolsonaro) no desmatamento, além verificar o impacto dos seus principais determinantes nos municípios brasileiros da Amazônia legal, no período de 2003 a 2020. Para tanto, utilizou-se da análise descritiva para averiguar as principais estatísticas das variáveis, além de verificar o padrão de desmatamento dos municípios. Além desta, utilizou-se do método de painel-EA para avaliar o impacto das gestões governamentais e dos principais determinantes do desmatamento da Amazônia Legal, no período de 2003 a 2020.

Além desta introdução, este trabalho encontra-se organizado em mais quatro seções, a descrição revisão de literatura correlata com a temática, dos materiais e métodos, resultados e discussão e, por fim, as considerações finais.

## REVISÃO DE LITERATURA

Buscou-se na literatura trabalhos correlatos que tratem da problemática do desmatamento com foco nas causas do mesmo, onde se destacam os seguintes:

Santos, Braga e Homma (2008) estudaram os condicionantes do desmatamento nos polos agropecuários do Acre na região Amazônica para o ano de 2007 através do método o logit multinomial. Os resultados mostraram que a mão de obra, valor dos ativos fixos das famílias, crédito, titulação das terras agropecuárias impactaram positivamente. No que diz respeito as variáveis que reduzem o desflorestamento, tem-se: área dos lotes agrícolas e índice de consciência ambiental. Além disso, não foi constatado a associação elevação da renda com preservação das florestas nativas. Sendo assim, é de extrema importância a adoção de políticas públicas que relacionem melhoria de renda e a preservação ambiental.

Prates e Serra (2009) analisaram os efeitos dos gastos governamentais no desflorestamento no estado do Pará no período de 2002 a 2004, por meio do modelo de efeito fixo com dados em painel. Os resultados mostraram que os gastos com transporte e o crédito rural foram responsáveis pelo aumento do desmatamento, enquanto os gastos com gestão ambiental foram responsáveis pela redução do mesmo no período.

Santos (2010) estudou os fatores de influência no desmatamento dos municípios da Amazônia Legal no período de 2002 a 2007 por intermédio da análise de regressão linear múltipla e análise espacial pelo Sistema de Informações geográfica (SIG). Os resultados indicaram que o desmatamento vem se intensificando ao longo do tempo e que a expansão da pecuária, população e área da cultura soja são importantes causas das devastações na Amazônia Legal, sendo a pecuária o fator de maior influência no desmatamento da região.

Oliveira *et al* (2011) analisou a relação existente entre desmatamento nos municípios da Amazônia e crescimento econômico pela suposição da curva de Kuznets ambiental de 2001 a 2006 por meio do modelo de efeitos fixos com dependência espacial. Os resultados mostraram que a ampliação do crédito agrícola, da pecuária bovina e área de floresta são responsáveis pela elevação do desmatamento. Com relação a associação entre crescimento e desmatamento, foi constatado que o comportamento do desmatamento passa por três fases, inicialmente ele se reduz juntamente com o PIB per capita, depois se eleva juntamente com o PIB per capita e por fim decresce novamente quando o PIB está crescendo.

Ferreira & Coelho (2015) averiguaram como os preços dos produtos agrícolas e as políticas dos governos impactaram no desmatamento dos estados pertencentes a Amazônia Legal no período de 1999 a 2011 por meio do método de dados em painel - efeitos fixos e análise dos resíduos da equação, para identificar os efeitos líquidos das políticas públicas no desmatamento. Os resultados obtidos mostraram que o desflorestamento na Amazônia foi associado em maior proporção com os preços agropecuários, como o preço da soja que se relacionou de maneira positiva,

e preço dos insumos e da arroba do boi que se relacionaram de forma inversa. Com relação aos efeitos líquidos das políticas sobre o desmatamento, observou-se que foram negativos, indicando que as políticas direcionadas a fiscalização, mudança do código florestal e restrição do crédito para áreas irregulares, contribuíram para a diminuição do desflorestamento na Amazônia Legal no período estudado.

Vasconcelos (2015) estudou os determinantes do desmatamento nos estados da Amazônia no período de 1990 a 2012 por meio da análise de correlação e pelo método *stepwise* de análise multivariada. Os resultados indicaram que as variáveis que mais contribuíram para a elevação do desmatamento foram, nesta ordem, rebanho de bovinos, malha rodoviária, população residente, área extraída de madeira e área destinada a lavouras.

Delazeri (2016) analisou os determinantes do desflorestamento nos municípios pertencentes a região do Arco Verde na Amazônia Legal no período de 2008 a 2012 por meio do método de dados em painel- efeito fixos. Os resultados indicaram que a pecuária é o principal determinante do desflorestamento e que a presença de instituições é de suma importância para a redução do desmatamento, o que reforça a necessidade da intervenção estatal na implementação de políticas públicas focadas no desenvolvimento sustentável.

Guedes (2017) ao estudar os condicionantes do desflorestamento nos municípios da Amazônia no período de 2000 a 2015 por meio da regressão múltipla obteve que a criação de bovinos na Amazônia tem sido a atividade de maior impacto no desmatamento do bioma, haja vista que o investimento neste setor exige baixo aporte de capital e preparo mínimo para o solo. Essas características contribuem para que a pecuária bovina seja praticada de maneira extensiva e cada vez mais se converta novas áreas de florestas em áreas de pastagens para esses animais. Outro fator de grande importância, mas de maneira inferior a pecuária é a ampliação da agricultura no bioma. A expansão da agricultura acaba por impulsionar a pecuária para novas áreas de florestas à medida que o cultivo agrícola é realizado nas áreas de pastagens antes utilizadas para a pecuária.

Silva (2017) analisou influência dos fatores socioeconômicos da região Matopiba sobre o desmatamento no Cerrado, bioma predominante nesta região no período de 2009 a 2011, por meio da análise de regressão simples, múltipla e correlação de Pearson. Os resultados mostraram que apesar de as variáveis nesta ordem PIB, população residente e pecuária mostrarem-se significativas, explicaram pouco o desmatamento. No que diz respeito ao grau de associação destas variáveis com o desflorestamento, todas se relacionaram de maneira moderada.

Castelo *et al* (2018) investigaram como as gestões governamentais influenciaram no desmatamento no estado do Pará da Amazônia Legal no período de 2002 a 2016 mediante a metodologia de efeitos fixos com dados em painel. Os resultados revelaram que o Plano Estadual de Prevenção e Controle e Alternativas ao Desmatamento – PPCAD foi o fator mais importante a explicar o desmatamento na

primeira gestão de Dilma seguido pela expansão da pecuária. Contudo conclui-se que é preciso dar continuidade às políticas ambientais focando na ampliação das parcerias entre governo e instituições de pesquisas de forma a elaborar e implementar uma série de políticas com ênfase no desenvolvimento sustentável.

Kuschnig, Cuaresma e Krisztin (2019) examinou como a agricultura afeta o desmatamento dos municípios do estado do Mato Grosso de 2006 a 2016. Para este objetivo utilizou-se da econometria espacial com modelos de dependência espacial. A resulta dessa pesquisa indicou que a perda de área de floresta no Mato Grosso é decrescente no que diz respeito a utilização do solo para a agricultura, sugerindo que a expansão da produção de soja tenha ocorrido em terras já desmatadas. Constatou-se também que o crescimento do setor agrícola se deu através das áreas de pastagens existentes, e que os bovinos eram direcionados para áreas mais verdes.

Pereira (2019) buscou explorar a contradição entre expansão das commodities agrícolas e a minimização do desmatamento na Amazônia a partir de 2004. Para isso utilizou um modelo de painel a nível municipal para o período compreendido entre 2005 e 2015. Os resultados indicaram que o Plano Estadual de Prevenção e Controle e Alternativas ao Desmatamento – PPCDAM teve repercussões significativas na minimização das taxas de desmatamento, além de tornar o desflorestamento menos vulnerável aos movimentos cíclicos da produção de *commodities* agrícolas do bioma. Ademais, constatou-se que a adoção desta política evitou que 196 km<sup>2</sup> fossem devastados na floresta Amazônica no período de 2005 a 2015.

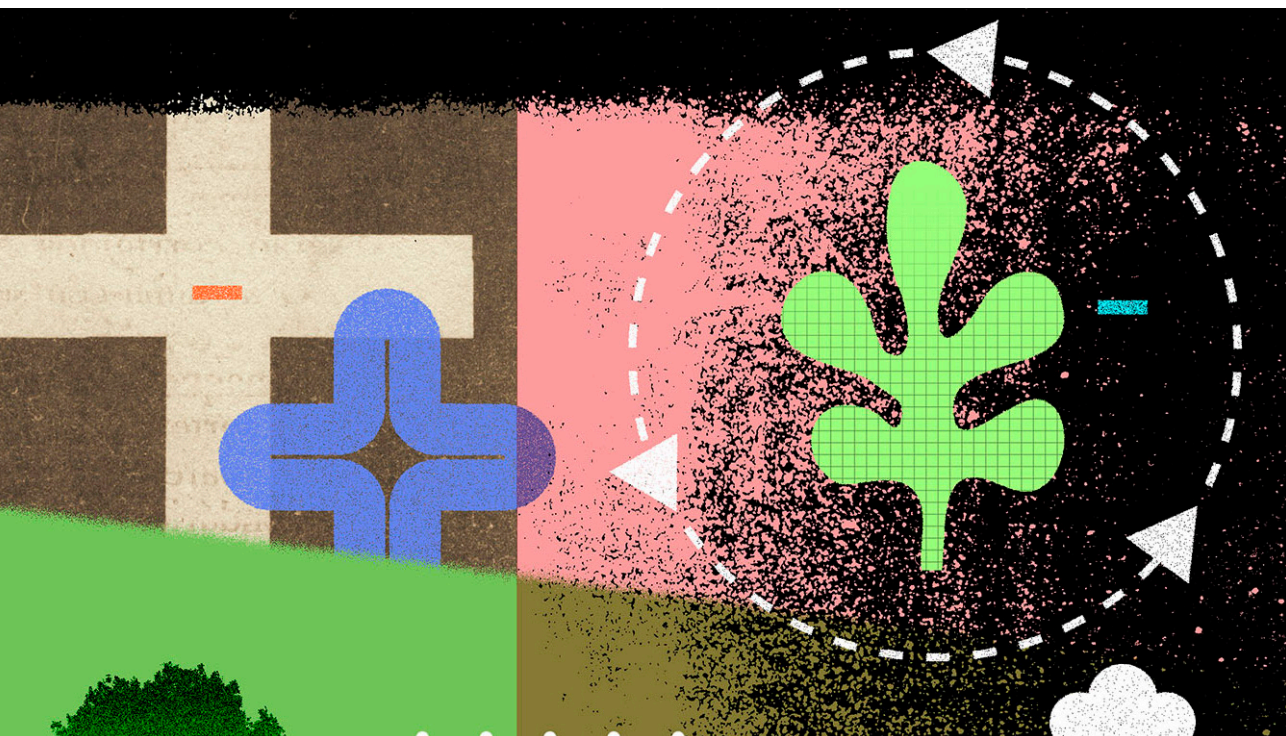
Trigueiro (2019) analisou os fatores determinantes do desmatamento no bioma Cerrado de 2013 a 2017, por meio da Análise de autocorrelação espacial global e Regressão Geograficamente Ponderada (GWR). Os resultados mostraram que as variáveis que mais se relacionaram foram: o crédito da agropecuário, precipitação média, área de florestas com vegetação remanescente, distância média entre as rodovias e as áreas desmatadas e declividade média. Além disso, foi constatado que a relação do desmatamento é heterogênea entre as distintas regiões. Assim conclui-se que existe a necessidade de implementação de políticas públicas que abranjam as particularidades regionais desses locais.

Silva, Marcelino e Parré (2020) estudaram as causas do desmatamento nos municípios pertencentes a Amazônia Legal no período de 2017, por meio do método de econometria espacial em dados *cross-section*. Os resultados mostraram que das variáveis utilizadas apenas a área de lavoura não apresentou relação com o desflorestamento, ao passo que o número de bovinos, densidade demográfica, valor das multas contra a flora, área de floresta preexistente mostraram relação positiva com a elevação do desmatamento, já a variável relacionada a educação se apresentou como importante fator para a redução do desmatamento. Enfatizando a importância da implementação de políticas que busquem equilibrar o crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável.

Alves (2021) estudou as causas do desflorestamento dos municípios paraenses de 2006 a 2016. Para tanto utilizou a metodologia de regressão quantílica para dados em painel. Os resultados obtidos indicaram que os distintos padrões de áreas desmatadas por municípios são influenciados positivamente pelo crescimento econômico, contingente populacional, pecuária bovina e área plantada. Enquanto que a elevação na qualidade da educação, emprego, renda, saúde, área de floresta e políticas com foco na redução do desflorestamento nos municípios relacionaram-se de maneira inversa com a elevação do desmatamento.

Santanna e Costa (2021) verificaram o impacto do novo Código Florestal implementado em 2012 sobre o desmatamento na Amazônia. Para o cumprimento deste objetivo, foi usado o modelo de painel de diferenças em diferenças, com dados para as propriedades rurais do bioma no período de 2012 a 2017. Foi certificado que caso não houvesse revisão no Código Florestal o bioma perderia aproximadamente 1 milhão de hectares ao longo dos anos 2012 e 2017.

Sousa, Irffi e Asevedo (2021) analisaram os condicionantes do desmatamento na Mata Atlântica no Ceará no período de 2011 a 2017. Para tanto utilizaram o modelo Tobit para dados em painel. Os resultados obtidos neste estudo sugeriram que municípios com elevadas densidades demográfica desmatavam menos. Com relação a pecuária e o consumo de energia elétrica, apresentaram relação inversa com o desmatamento. Constatou-se também que municípios que recebem mais recursos públicos do Fundo de Participação Municipal (FPM) desmatam menos do que os que as outros que auferem recursos em quantidade inferior. No que concerne ao crescimento econômico indicou relação positiva com o desflorestamento, sugerindo que elevações no PIB *per capita* são responsáveis pela expansão no desmatamento.





É possível observar que nesta breve revisão de literatura que as causas da elevação do desmatamento podem estar associadas de maneira indireta pelas políticas públicas adotadas pelos governantes, através da ampliação da agropecuária e obras de infraestrutura por meio da ampliação dos gastos públicos em ambos setores e de maneira direta pela adoção de políticas direcionadas a preservação ambiental, como ampliação dos gastos com gestão ambiental, implementação de instituições com foco no desenvolvimento sustentável. Neste sentido o presente estudo visa esclarecer alguns pontos que não foram explícitos nos estudos anteriores, como a comparação do impacto das gestões do governo Lula até os dois primeiros anos da gestão Bolsonaro no desmatamento da Amazônia Legal no período de 2003 a 2020.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

O recorte geográfico desta pesquisa compreende a Amazônia legal, maior bioma do Brasil, que segundo dados do IBGE (2022) ocupa uma área de 5.015.067,86 km<sup>2</sup>, correspondente a 58,93% do território do país. Possui população estimada para o ano de 2020 de 28.113.186 habitantes, equivalente a aproximadamente 13,27% da população nacional e densidade demográfica de 5,6 hab/km<sup>2</sup>.

Em nível estadual, este ecossistema abrange 8 estados brasileiros (Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), além de parte do estado do Maranhão (localizados ao oeste do Meridiano 44°). Sendo dividida em duas, a Amazônia Ocidental (Acre, Amazonas, Rondônia e Roraima) e Amazônia Oriental (Amapá, Mato Grosso, Maranhão, Pará e Tocantins) (IBGE, 2022).

Em âmbito municipal, a Amazônia é constituída por 772 municípios, sendo distribuídos da seguinte maneira: Acre (22), Amapá (16), Amazonas (62), Maranhão (181), Mato Grosso (141), Pará (144), Rondônia (52), Roraima (15) e Tocantins (139). Deste total, 766 sedes municipais localizam-se dentro da área da Amazônia legal e 6 situam-se no estado do Maranhão na parte oeste do Meridiano 44° (IBGE, 2022).

Para esta pesquisa devido a limitação dos dados para as variáveis selecionadas, utilizou-se 644 dos 766 municípios localizados na área da Amazônia legal. Desse modo, considerou-se 22 municípios do estado do Acre, 61 do Amazonas, 16 do Amapá, 148 do Maranhão, 126 do Mato Grosso, 132 do Pará, 52 de Rondônia, 15 de Roraima e 72 do Tocantins.

### Descrição do método analítico

Nesta pesquisa se utilizou da abordagem de dados em painel, que consiste na combinação de dados de corte transversal com dados de séries de tempo, possuindo desta forma uma dimensão temporal e outra espacial.

De acordo com Baltagi (2008), o modelo geral de painel é especificado da seguinte maneira:

$$y_{it} = \alpha + X'_{it}\beta + \mu_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (1)$$

Em que:  $i$  denota as unidades individuais, neste caso, os municípios pertencentes a Amazônia Legal;  $t$  refere-se a dimensão temporal;  $y$  equivale a variável dependente do modelo, neste caso, o desmatamento da área total do município;  $\alpha$  é um escalar que representa os efeitos específicos, ou características, das unidades invariantes ao longo da série de tempo;  $\beta$  é o coeficiente de correlação parcial;  $X'_{it}$  é a  $i$ -ésima observação sobre  $K$  variáveis explicativas e,  $\mu$  denota o termo de erro da equação.

As abordagens comumente utilizadas, são a regressão *Pooled - Ordinary least squares* (OLS), modelo de Efeitos Fixos (EF) e modelo de Efeitos Aleatórios (EA).

O modelo *Pooled*, é estimado por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e diferentemente das outras abordagens supracitadas, esta ignora a estrutura do painel. Assim ao estimar o presente modelo todas as unidades  $i$  mesmo que apresentem diferenças entre elas são contempladas por uma única reta de regressão. Desta maneira, supõe-se que tais diferenças são explicadas pelo conjunto de variáveis explicativas incluídas no modelo. A equação 1 descreve essa abordagem, pois como a heterogeneidade individual não é modelada, existe apenas o escalar para todos os municípios analisados e o que mais não for observável é incluído no termo de erro (MESQUITA; FERNANDES & FIGUEIREDO FILHO, 2020).

No que concerne ao modelo de efeito fixo, este objetiva controlar os efeitos das variáveis ausentes na regressão que são constantes no tempo, mas que variam entre as unidades. Para isso pressupõe que o intercepto varia entre as unidades *cross-section*, mas são constantes ao longo da série temporal. Além disso, os parâmetros respostas são semelhantes para as variadas unidades ao longo da série temporal (ANDRADE & TIRYAKI, 2019).

De acordo com Greene (2012) o modelo de efeito fixo é definido como se segue:

$$y_{it} = X'_{it}\beta + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Em que:  $\alpha_i = z'_i\alpha$  engloba os efeitos observáveis e especifica uma média condicional estimável e que  $\varepsilon_{it} = \mu_i + \nu_{it}$ , ou seja, o termo de erro é composto por uma parte fixa e outra idiossincrática.

Apesar de o modelo de efeitos fixos ser considerado um *benchmark* para a econometria, devido ser uma das especificações mais simples e robustas, nesta pesquisa não foi considerado, pois o mesmo ao proceder a exclusão do termo fixo da regressão, estima a equação por MQO ajustando as variáveis pela média de cada unidade de corte transversal. Assim ao realizar este procedimento, exclui as variáveis constantes no tempo. Desta maneira, as variáveis binárias, referentes aos estados da Amazônia Legal (descritas adiante), consideradas neste trabalho, não seriam analisadas (ANDRADE & TIRYAKI, 2019).

Diante desta limitação do efeito fixo, existe outra alternativa, o modelo de efeito aleatório, que permite a inclusão de variáveis constantes no tempo.

Conforme Green (2012) o modelo é formulado como:

$$\begin{aligned} y_{it} &= x'_{it}\beta + E[z'_i\alpha] + \{z'_i\alpha - E[z'_i\alpha]\} + \varepsilon_{it} \\ &= x'_{it}\beta + \alpha + u_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (3)$$

A diferença entre este modelo e o de efeito fixo, é que o método de efeito aleatório analisa os efeitos das unidades de tempo e de corte transversal como estocásticas, ou dito de outra forma, considera  $\mu_i \sim IDD(0, \sigma_\mu^2)$ ,  $\lambda_i \sim IDD(0, \sigma_\lambda^2)$ ,  $v_{i,t} \sim IDD(0, \sigma_v^2)$  e que  $\mu_i$  e  $\lambda_i$  não são correlacionados com  $\varepsilon_{i,t}$ . Além disso, as variáveis independentes  $X_{it}$  não possuem dependência com  $\mu_i$ ,  $\lambda_i$ , e  $v_{i,t}$  e a variância do termo de erro  $\varepsilon_i$  é constante ou homocedástica (ANDRADE & TIRYAKI, 2019).

Assim, feita a caracterização de cada modelo, o passo seguinte é verificar qual é mais apropriado para o conjunto de dados. Por razões mencionadas anteriormente, o modelo de efeito fixo não foi considerado nesta pesquisa. Desta forma, realizou-se o teste *Lagrange Multiplier (LM)* formulado por Breusch e Pagan (1980), para verificar a conformidade entre o modelo *Pooled* e de efeito aleatório.

$$H_0: \sigma_u^2 = 0$$

$$H_0: \sigma_u^2 \neq 0$$

A regra de decisão do teste é pelo p-valor, se o p-valor for maior que 0,05, não se rejeita  $H_0$  e, então a variância por município é zero e conseqüentemente o modelo *Pooled* é mais apropriado. Se o p-valor, for inferior a 0,05, rejeita-se  $H_0$  e neste caso o modelo de efeito aleatório é mais apropriado.

Para esta pesquisa utilizou-se dados em painel balanceado para 644 municípios pertencentes a Amazônia Legal, com dados anuais compreendendo o período de 2003 a 2020. A abordagem indicada pelo teste LM, foi o modelo de efeitos aleatórios.

Assim, a especificação para o modelo de efeitos aleatórios para os determinantes do desmatamento fica da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{LnDesm}_{it} &= \alpha + \beta_1 \text{LnPop}_{it} + \beta_2 \text{LnAplan}_{it} + \beta_3 \text{LnBov}_{it} + \beta_4 \text{LnPibpc} + \beta_5 \text{Dac} + \\ &+ \beta_6 \text{Dam} + \beta_7 \text{Dap} + \beta_8 \text{Dma} + \beta_9 \text{Dmt} + \beta_{10} \text{Dro} + \beta_{11} \text{Drr} + \beta_{12} \text{Dto} + \beta_{13} \text{Dilma} + \\ &+ \beta_{14} \text{Temer} + \beta_{15} \text{Bols} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

Em que: LnDesm designa a variável dependente e refere-se ao logaritmo natural da área total desmatada no município  $i$ , no período  $t$ ;  $\alpha$  é um escalar que representa as características individuais dos municípios, que podem estar ligadas a geografia, infraestrutura e entre outras;  $\beta$  são os coeficientes de correlação parciais; LnPop, LnAplan, LnBov e LnPibpc, nesta ordem, são os logaritmos naturais da população, da área plantada, dos efetivos bovinos e do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* real; Dac, Dam, Dap, Dma, Dmt, Dro, Drr e Dto são variáveis binárias referentes aos estados da Amazônia Legal; Dilma, Temer e Bols, são as variáveis *dummies* relativas

aos governos Dilma, Temer e Bolsonaro, respectivamente. Por fim,  $\varepsilon_{it}$  são os erros padrões robustos a nível municipal. As variáveis supracitadas, serão descritas com mais detalhes na próxima seção.

Concernente à significância dos coeficientes, utilizou-se o critério do P-valor de até 0,05 ou 5% para coeficientes significantes. Os coeficientes com P-valor superior a este limite, foram considerados insignificantes nesta pesquisa.

## Variáveis utilizadas na pesquisa

Seguindo a literatura que versa sobre a temática do desmatamento, foram selecionadas as seguintes variáveis para este estudo, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Variáveis\* dependente e independentes usadas na análise (2003-2020).

Variáveis		Nome	Descrição	Fonte	Fundamentação
Variável Dependente	Desm	Desmatamento	Desmatamento total por município da Amazônia Legal (km <sup>2</sup> )	PRODES/INPE (2022)	Soares (2019); Castelo et al (2018); Delazeri (2016); Ferreira e Coelho (2015); Alves (2021)
Variáveis explicativas	Bov	Efetivos bovinos	Número de efetivos bovinos (cabeças)	IBGE (2022)	Soares (2019); Castelo et al (2018); Delazeri (2016); Ferreira e Coelho (2015); Alves (2021)
	Aplan	Área plantada	Área plantada de lavouras temporárias e permanentes (hectares)		Ferreira e Coelho (2015)
	Pop	População	População residente		Ferreira e Coelho (2015); Prates e Serra (2009); Alves (2021).
	Pibpc*	PIB per capita	PIB per capita a preços constantes (R\$)		Soares (2019); Vasconcelos (2015); Alves (2021)

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Nota: \* as variáveis foram transformadas em logaritmo natural e a variável PIBpc foi projetada pela taxa de crescimento média de 2008 a 2019.

Além destas variáveis observadas no Quadro 1, a título de inovação utilizou-se variáveis *dummies* referentes aos nove estados da Amazônia legal e quatro em referência aos quatro governos brasileiros no período de 2003 a 2020, conforme descritas no Quadro 2.

Quadro 2 – Variáveis binárias utilizadas na pesquisa

Variável	Nome	Descrição
DAC	Dummy do Acre	Variável binária que assume valor 1 para caso o município da Amazônia Legal, pertença ao estado do Acre e 0, caso contrário.
DAM	Dummy do Amazonas	Variável binária que assume valor 1 para caso o município da Amazônia Legal, pertença ao estado do Amazonas e 0, caso contrário.
DAP	Dummy do Amapá	Variável binária que assume valor 1 para caso o município da Amazônia Legal, pertença ao estado do Amapá e 0, caso contrário.
DPA	Dummy do Pará (base)	Variável binária que assume valor 1 para caso o município da Amazônia Legal, pertença ao estado do Pará e 0, caso contrário.
DMA	Dummy do Maranhão	Variável binária que assume valor 1 para caso o município da Amazônia Legal, pertença ao estado do Maranhão e 0, caso contrário.
DMT	Dummy do Mato Grosso	Variável binária que assume valor 1 para caso o município da Amazônia Legal, pertença ao estado do Mato Grosso e 0, caso contrário.
DRO	Dummy de Rondônia	Variável binária que assume valor 1 para caso o município da Amazônia Legal, pertença ao estado de Rondônia e 0, caso contrário.
DRR	Dummy de Roraima	Variável binária que assume valor 1 para caso o município da Amazônia Legal, pertença ao estado de Roraima e 0, caso contrário.
DTO	Dummy de Tocantins	Variável binária que assume valor 1 para caso o município da Amazônia Legal, pertença ao estado do Tocantins e 0, caso contrário.
Lula	Governo de Lula (base)	Variável binária que assume 1 para a gestão Lula (2003-2010) e 0, caso contrário.
Dilma	Governo de Dilma	Variável binária que assume valor 1 para a gestão Dilma (2011-2015) e 0, caso contrário.
Temer*	Governo de Temer	Variável binária com valor 1 para gestão Temer (2016- 2018) e 0, caso contrário.
Bolso	Governo de Bolsonaro	Variável categórica que assume valor para a gestão Bolsonaro (2019-2020) e 0, caso contrário.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Nota:\* em 2016 foi atribuído 1 a Temer pelo critério maior tempo no ano de 2016, em comparação com Dilma.

Conforme mostrado no Quadro 2, para resolução da armadilha da variável dummy, ocultou-se a DPA para os estados e Lula para os governos. O motivo para a escolha destas variáveis bases, se dá pelo estado do Pará apresentar uma das maiores áreas devastadas e no que concerne a escolha do governo, deve-se ao fato de neste período apresentar as maiores reduções na taxa de desmatamento ao longo dos anos de 2003 a 2020.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

### Análise descritiva dos dados

Essa seção mostrou a análise descritiva do desmatamento da área total por município e de suas principais variáveis quantitativas determinantes. A priori, foram mostradas as estatísticas descritivas da variável dependente e das quatro variáveis explicativas quantitativas (Tabela 1). Em seguida apresentaram-se as distribuições de frequência e variação da proporção de desmatamento por área total dos municípios considerados por intervalos (Tabela 2) no período de 2003 a 2020.

Adotando a metodologia seguida por Gomes (1990), que considera alta discrepância para variáveis com Coeficiente de Variação (CV) maior que 30%, pode-se verificar na Tabela 1 que todas as variáveis apresentam CV acima deste valor. Sendo a área plantada de cultura temporária e permanente, a variável com mais alta diversidade em torno da média, devido ter apresentado CV de 344,91%. Nesta, verifica-se que a maior área plantada situa-se no município de Sorriso (MT) (1.205.669 hectares) e a menor no município de Carmolândia (TO) (7 hectares), ficando bem abaixo da área média plantada dos municípios da Amazônia legal que é de 21.940,28.

Concernente a segunda maior heterogeneidade, constata-se na população que obteve CV de 297,60%, onde Manaus (AM) apresentou a maior população (2.219.580) e Etitaciolândia (AC) a menor população (151), ficando bem aquém da população média da Amazônia Legal que é 32.143 pessoas.

No que diz respeito a terceira maior variabilidade, tem-se na variável Efetivos bovinos, em que o CV foi de 148,05%, onde São Félix do Xingu (PA) apresentou o maior número de bovinos (2.361.887) e Salinópolis (PA) o menor (18), ficando bem abaixo da média da Amazonia (112.728).

Com relação a quarta maior discrepância em torno da média, observa-se na variável PIB *per capita* real que apresentou CV de 147,18%, onde o maior PIB per capita real foi o do município de Etitaciolândia (AC) (R\$ 1659,06 mil) e o menor em Pedro do Rosário (MA) (R\$ 2,69 mil), sendo a média R\$ 17,32 mil.

No tocante a variável dependente, desmatamento da área total dos municípios, apresentou o menor CV (128,28%). Nesta, a maior área desmatada situa-se no município São Félix do Xingu (PA) (19886,20 km<sup>2</sup>) e a menor no município Campos Lindos (TO) (0,10 km<sup>2</sup>), sendo a média de desmatamento da área municipal na Amazônia legal de 17,32 km<sup>2</sup>.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das principais variáveis quantitativas dependente e explicativas consideradas nas regressões para o período de 2003 a 2020.

Variáveis	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão	CV* (%)
Desmatamento total (km <sup>2</sup> )	0,10	1138,38	19886,20	1460,30	128,28
População	151,00	32143	2219580,00	95658,27	297,60
Área plantada	7	21940,28	1205669,00	75675,21	344,91
Efetivo bovino	18,00	112728	2361887	166891,90	148,05
PIB per capita real (mil)	2,69	17,32	1659,06	25,49	147,18

Fonte: Elaborada pelos autores

Nota: \* refere-se ao Coeficiente de variação

Em referência ao desmatamento da área total dos municípios da Amazônia Legal considerados nesta pesquisa, tem-se a Tabela 2 que apresenta a distribuição absoluta e relativa e variação da proporção do desmatamento na área nos municípios do ecossistema por grupos ao longo do período de 2003 a 2020.

Como pode ser observado na Tabela 2, a maior parte dos municípios encontram-se com até 10% de suas áreas desmatadas, tanto no primeiro quanto no último ano da série. No tocante aos municípios mais desmatados, dos 644 municípios amazônicos selecionados, 19,57% em 2003 e 23,60% em 2020 dos municípios apresentaram de 76% a 100% de suas áreas desmatadas.

Com relação a variação na quantidade de municípios por grupos no período de 2003 a 2020, verifica-se que os grupos de menor área desmatada decresceram no período e os grupos de maiores área desflorestadas aumentaram. No que tange ao grupo com maior retração (-14,43%), encontram-se os municípios com degradação de 11% a 25% (Tabela 2).

Tabela 2 – Distribuições absolutas, relativas e variações do desmatamento nos municípios da Amazônia Legal, conforme intervalos de participação (%) do desmatamento na área total dos municípios (2003-2020).

Classes do desmatamento (%)	2003		2020		2003-2020
	Fi	%	Fi	%	%
Até 10	185	28,73	166	25,78	-10,27
De 11 até 25	97	15,06	83	12,89	-14,43
De 26 até 50	128	19,88	122	18,94	-4,69
De 51 até 75	108	16,77	121	18,79	12,04
De 76 até 100	126	19,57	152	23,60	20,63
<b>Total</b>	<b>644</b>	<b>100</b>	<b>644</b>	<b>100</b>	<b>0</b>

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados do INPE/PRODES (2022).

Nota: Fi refere-se à frequência absoluta

Ainda na Tabela 2, observa-se que os grupos de maiores áreas devastadas mostraram acréscimos substanciais. Sendo o grupo de 76% a 100% de desmatamento da área por município, o grupo a apresentara maior incremento (20,63%) de municípios. No que concerne ao segundo grupo de maior área degradada (51% a 75%) houve uma elevação de 12,04% dos municípios ao longo do período de 2003 a 2020. Diante desses resultados pode-se inferir que apesar dos esforços dos governantes em combater o desmatamento, observou-se que em 2003 36,34% do total dos municípios apresentaram de 51% a 100% de suas áreas totais devastadas e em 2020 este número se elevou para 42,39%. O acréscimo substancial ocorrido no desmatamento da área da Amazônia Legal pode ser atribuído aos seguintes fatores: não implementação total do Plano Estadual de Prevenção e Controle e Alternativas ao Desmatamento – PPCAD (PPCDAm), incentivos oferecidos pelos governos para expansão do agronegócio, redução dos recursos financeiros dos órgãos fiscalizadores e não cumprimento de compromissos internacionais assumidos pelo governo brasileiro em períodos diferentes.

Assim, desse modo a próxima seção tratará de averiguar quais as influências das gestões governamentais sobre o desmatamento, além de averiguar os principais determinantes e desmatamento por estados.

### **Desmatamento, gestão governamental e os principais determinantes do desflorestamento dos municípios da Amazônia legal no período de 2003 a 2020**

Esta seção tratou da influência das principais variáveis condicionantes do desmatamento nos 644 municípios da Amazônia Legal considerados nesta pesquisa, no período de 2003 a 2020. Para tanto, foram realizadas duas regressões, uma referente ao modelo *pooled* e a outra ao modelo de efeitos aleatórios, e os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Antes da seleção do modelo adequado, foram realizados alguns testes de especificação nas variáveis. Inicialmente testou-se a multicolinearidade para as variáveis independentes por meio do teste de Fator de Inflação de Variância (FIV) e constatou-se que todas apresentaram FIV inferior a 10, ou seja, não há problema de multicolinearidade. Outro teste realizado foi o Augmented Dickey-Fuller (ADF) (1979) para verificar se existe a presença de raiz unitária, e pelo resultado do p-valor constatou-se que as séries são estacionárias.

Em seguida foi realizado o teste Teste Multiplicador de Lagrange (LM) - Breusch-Pagan para averiguar qual regressão é apropriada para o conjunto de dados, e pelo p - valor do teste infere-se que ao nível de significância de 1% rejeita-se a hipótese nula de que a variância por município é zero e desse modo o modelo de efeitos aleatórios é mais apropriado.

Feita a seleção do modelo, procederam-se alguns testes para analisar se as hipóteses do modelo de regressão de Efeitos Aleatórios foram atendidas. A prin-



cípio testou-se a hipótese de dependência espacial através do teste de Pesaran (2015), ao qual identificou-se a existência do problema de correlação espacial. Em seguida, foi realizado o teste de Breusch-Pagan (1979) e foi constatado que a variância dos resíduos é heterocedástica. Por último, usou-se o técnica Breusch-Godfrey/Wooldridge (Breusch, 1978) para testar a correlação serial, o p-valor do teste indicou que existe o problema de correlação serial nos dados. Desse modo, para resolução dos problemas mencionados, estimou-se o modelo pela matriz de correção de erros robustos.

Após a seleção do modelo, da realização dos testes e da correção dos estimadores, segue-se para a análise dos resultados. Pelo teste F, o modelo de efeito aleatório é significativo, pois obteve significância global ou conjunta da regressão de 1%, indicando que as variáveis independentes, em conjunto, têm influência significativa sobre a variável dependente.

No que diz respeito a significância individual, observa-se na Tabela 3 que todos os coeficientes das variáveis consideradas apresentaram significância estatística. Sendo o coeficiente da variável binária Dac (referente aos municípios pertencentes ao estado do Acre), significativo a 5% e os demais significantes a 1%.



Tabela 3 – Resultados para as regressões estimadas Pooled e Efeito Aleatório (EA)

Variáveis explicativas	Variável dependente: Lndesm					
	Modelo Pooled			Modelo Efeito Aleatório (EA)		
	Coeficiente	Erro padrão	Pr(>  t )	Coeficiente	Erro padrão	Pr(>  t )
Constante	-0,2954	0,1356	0,0293*	4,6212	0,0807	2,2e-16***
Lnpop	0,2471	0,0126	2,2e-16***	0,1312	0,0053	2,2e-16***
Lnaplan	0,0743	0,0082	2,2e-16***	0,0058	0,0012	1,658e-06***
Lnbov	0,4306	0,0081	2,2e-16***	0,0645	0,0030	2,2e-16***
Lnpibpc	-0,2398	0,0235	2,2e-16***	0,0610	0,0035	2,2e-16***
Dac	-0,3190	0,0634	4,89e-07***	-0,2705	0,1273	0,033664*
Dam	-0,1182	0,0442	0,0074**	-0,8018	0,0862	2,2e-16***
Dap	-0,5155	0,0754	8,73e-12**	-1,6028	0,1250	2,2e-16***
Dma	-0,5756	0,0337	2,2e-16***	-0,7353	0,0607	2,2e-16***
Dmt	-0,4236	0,0431	2,2e-16***	-0,1943	0,0706	0,005954**
Dro	-0,1363	0,0485	0,0049**	0,3110	0,0716	1,398e-05***
Drr	-0,7591	0,0750	2,2e-16***	-0,9984	0,1872	9,708e-08***
Dto	-1,4636	0,0454	2,2e-16***	-1,6960	0,1074	2,2e-16***
Dilma	0,0899	0,0272	0,0009***	0,0218	0,0023	2,2e-16***
Temer	0,1211	0,0322	0,0001***	0,0406	0,0028	2,2e-16***
Bolso	0,1322	0,0375	0,0004***	0,0544	0,0032	2,2e-16***
Observações	11,592			Observações	11,592	
R2	0,4171			R2	0,3496	
R2 Ajustado	0,4163			R2 Ajustado	0,3487	
F-statistic	552,332		2,22e-16***	Chisq	5214,93	2,22e-16***
Teste Multiplicador de Lagrange (LM) - Breusch-Pagan					94936	2,2e-16***

Fonte: Elaborada pelos autores com base nos dados do INPE/PRODES (2022) e IBGE (2022).

Nota: Significância dos coeficientes: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05.

Ainda na Tabela 3, como pode ser observado as variáveis quantitativas, a dependente (desm) e as explicativas como pop, aplan, bov e pibpc foram transformadas em logaritmos naturais, então os coeficientes podem ser interpretados em termos de elasticidade.

No que diz respeito a variável que reflete o crescimento populacional (Lnpop) dos municípios da Amazônia Legal, observou-se um efeito positivo. Este resultado está de acordo com o esperado, pois à medida que o número de habitantes dos municípios aumenta há uma pressão sobre os recursos naturais do país e acontece a elevação na área desmatada das florestas para atender as crescentes demandas do crescimento demográfico, como ampliação das obras de infraestrutura, polos industriais e moradias. Além disso, o aumento do contingente populacional também pressiona positivamente a demanda por produtos florestais e alimentos, o que requer ampliação das áreas agrícolas, pecuárias e entre outras. Portanto, um

aumento de 1% na população dos municípios eleva o desmatamento em aproximadamente 0,053%. Este resultado também foi confirmado por Diniz *et al* (2009), Prates e Serra (2009), Vasconcelos (2015) e Alves (2021) que obtiveram a mesma relação entre desmatamento e população.

Concernente ao coeficiente da variável que capta o efeito do crescimento da área plantada de lavoura temporária e permanente ( $Ln_{aplan}$ ) no desmatamento, indicou que existe uma relação direta entre a área plantada agrícola e o aumento do desmatamento, pois a expansão da produção agrícola não só faz por meio do aumento da produtividade da terra, mas também se faz pela redução de grandes áreas de florestas para atender a alta demanda interna e externa por *commodities* agrícolas. Dessa forma, em caso de aumento de 1% na área agrícola plantada, há uma elevação na área desmatada de 0,0012%. Este resultado corrobora com os obtidos por Diniz *et al* (2009) e Simões e Sousa (2021). Nas referências Simões e Sousa aparece como 2022

No que tange à variável que reflete os efetivos bovinos ( $Ln_{bov}$ ) municipais, observa-se que apresentou coeficiente positivo, sugerindo que a expansão da pecuária bovina é uma das responsáveis pela devastação na floresta amazônica. Isso pode indicar que o aumento no número de bovinos exige uma maior área de pastagem, o que pode ocasionar elevação no desmatamento da Amazônia. Observa-se também na Tabela 3 que a pecuária bovina foi a variável que mais impactou no desmatamento. Segundo Guedes (2017) isso se dá devido investimento na pecuária exigir baixos aportes de capital e acontecer de maneira extensiva. Assim, espera-se que em caso de aumento de 1% no número de bovinos, o desmatamento eleve-se em 0,0030%. Este resultado vai de encontro com os resultados obtidos por Diniz *et al* (2009), Santos (2010), Oliveira *et al* (2011), Delazeri (2016) Castelo *et al* (2018), Silva, Marcelino e Parré (2020), Alves (2021) e Simões e Sousa (2021).

Ainda na Tabela 3, quando se analisa o coeficiente da variável que indica o PIB per capita ( $Ln_{Pibpc}$ ) verifica-se também um efeito positivo, indicando que a expansão da atividade econômica eleva o desmatamento. Isso se deve ao fato de o PIB ser constituído pelo somatório dos bens e serviços produzidos pelos três setores econômicos (agropecuária, indústria e serviços). A expansão do segmento agropecuário se dá por meio da ampliação da produção agrícola e pecuária. No que tange, ao crescimento do setor industrial, se dá por meio das obras de infraestrutura (como ferrovias e rodovias), mineração, moradias e entre outras. Enquanto que o setor de serviços consiste no elo entre a indústria e agropecuária, além de atividades ligadas à fiscalização ambiental, a educação, administração pública e etc. Convém ressaltar também que o setor agrícola se relaciona com o industrial por meio do fornecimento de matérias primas para fabricação de bens industrializados e o último relaciona-se com o primeiro por meio da oferta de insumos produtivos para a agricultura. De acordo com dados do IPEADATA (2022) em 2019 o PIB agrícola correspondeu a 45,62%, o de serviços 34,61% e o da indústria 20,63%. O que pode levar a concluir que o setor que mais impacta o PIB da Amazônia legal é o agro-

pecuário. Desse modo, o desmatamento sofrerá um impacto de 0,0035% em caso de elevação de 1% no PIB *per capita*. Esse resultado é consistente com os obtidos por Ferreira e Coelho (2015), Faria e Almeida (2016), Silva (2017) e Soares (2019).

Com relação aos coeficientes das variáveis binárias que captam as diferenças no desmatamento dos municípios de acordo com o estado ao qual pertencem, tem-se que: a taxa de desmatamento composta<sup>1</sup> ou exata dos municípios que se situam nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Mato grosso, Roraima e Tocantins apresentaram, nesta ordem, desmatamento inferior nas ordens de 23,7002%, 55,1479%, 79,8668%, 52,0638%, 17,6589%, 63,1531% e 81,6584% em comparação com o desmatamento nos municípios pertencentes ao estado do Pará no mesmo período.

No que concerne ao desmatamento por gestão governamental tem-se que: a taxa de desmatamento composta na gestão da presidenta Dilma e nas gestões dos presidentes Temer e Bolsonaro foi superior em 2,2039%, 4,1435% e 5,5906%, respectivamente, em relação ao desflorestamento na gestão do presidente Lula. Esse resultado sugere que as políticas do governo Lula foram mais eficazes na contenção do desflorestamento, quando comparado as políticas adotadas pelos demais governos posteriores.

Dentre as políticas adotadas na gestão do presidente Lula, podem ser citadas, o lançamento do Plano Estadual de Prevenção e Controle e Alternativas ao Desmatamento – PPCAD (PPCDAm) em 2004 que visava a participação de todas as esferas do governo para controle e implementação de políticas com foco na redução do desmatamento. Outro marco significativo na gestão ambiental foi Decreto Presidencial 6.321 que classificou os municípios de acordo com o desmatamento, e em 2008 este decreto foi editado para que processos associados a infrações e penalidades ambientais fossem mais rápidos, além da adoção de uma medida restritiva de crédito para produtores que comprovassem conformidades legais e continências ambientais (ASSUNÇÃO; GANDOUR & ROCHA, 2012).

Outra política que pode ter influenciado sobremaneira o comportamento do desmatamento foi o Plano Amazônia Sustentável (PAS) lançado em 2008, uma política voltada para desenvolvimento regional sustentável que visava minimizar às desigualdades sociais e gerar emprego e renda. Além disso, o governo criou linhas de financiamento para regeneração da área destinada a reserva legal e implementou três unidades de conservação (BRASIL, 2008).

De acordo com Assunção, Gandour e Rocha (2012), as políticas de preservação ambiental adotadas entre 2005 e 2009 foram responsáveis por evitar 50% do desmatamento no período.

---

<sup>1</sup> Conforme Gujarati e Porter (2011) a taxa de crescimento composta é calculada pela fórmula:

$[(e^{\beta t} - 1) \times 100]$ .

No que concerne ao governo Dilma Rousseff, houve a redução dos gastos utilizados para combater o desflorestamento, que foi inferior aos da segunda gestão de Lula em cerca de um terço. Além de alterações no Código Florestal em 2012 que consistiu na descontinuidade de criação de novas unidades de preservação e também na diminuição da área de sete unidades, correspondente a 91,3 hectares, sendo cinco destas pertencentes a Amazônia Legal. Ademais do empobrecimento ou diminuição dos poderes de fiscalização de órgãos ambientais e suspensão na delimitação dos territórios indígenas (INFOAMAZÔNIA, 2018).

Em 2016 a presidenta Dilma sofre um *impeachment* e seu vice Michel Temer assume a presidência da república e não altera de maneira significativa a política ambiental de conservação dos biomas. Foi na gestão Temer que a Proposta a Emenda Constitucional (PEC) dos gastos, que prever o congelamento dos gastos por 20 anos sem aumento real, foi implementada. Isso promoveu um arrocho nos gastos para o meio ambiente e assim houve elevação no desmatamento (FREITAS, GUSSI, 2021).

Em 2019 o governo Bolsonaro assume e observa-se mudanças significativas na política ambiental. A primeira é a descontinuidade do PPCDam, além da substituição de técnicos do Ibama por militares na fiscalização na região. Outra mudança na política ambiental foi a suspensão em 2019 dos donativos do Fundo Amazônia (criado em 2008), devido a incompatibilidade nas negociações entre países doadores e o governo brasileiro, além de uma elevação substancial no desmatamento (MARCOVITCH & PINSKY, 2020).

Outras mudanças se deram por meio da flexibilização nas condutas de preservação das unidades de conservação. Desse modo, em 2019, crente que várias unidades de preservação foram instituídas sem critérios de demarcação, o ministro do Ministério do Meio Ambiente (MMA) declarou que revisaria todos os decretos de criação destas unidades. Além destas mudanças, diminuíram a participação da sociedade nos processos e a política ambiental deixa de ser transparente (MARTINS, 2022).

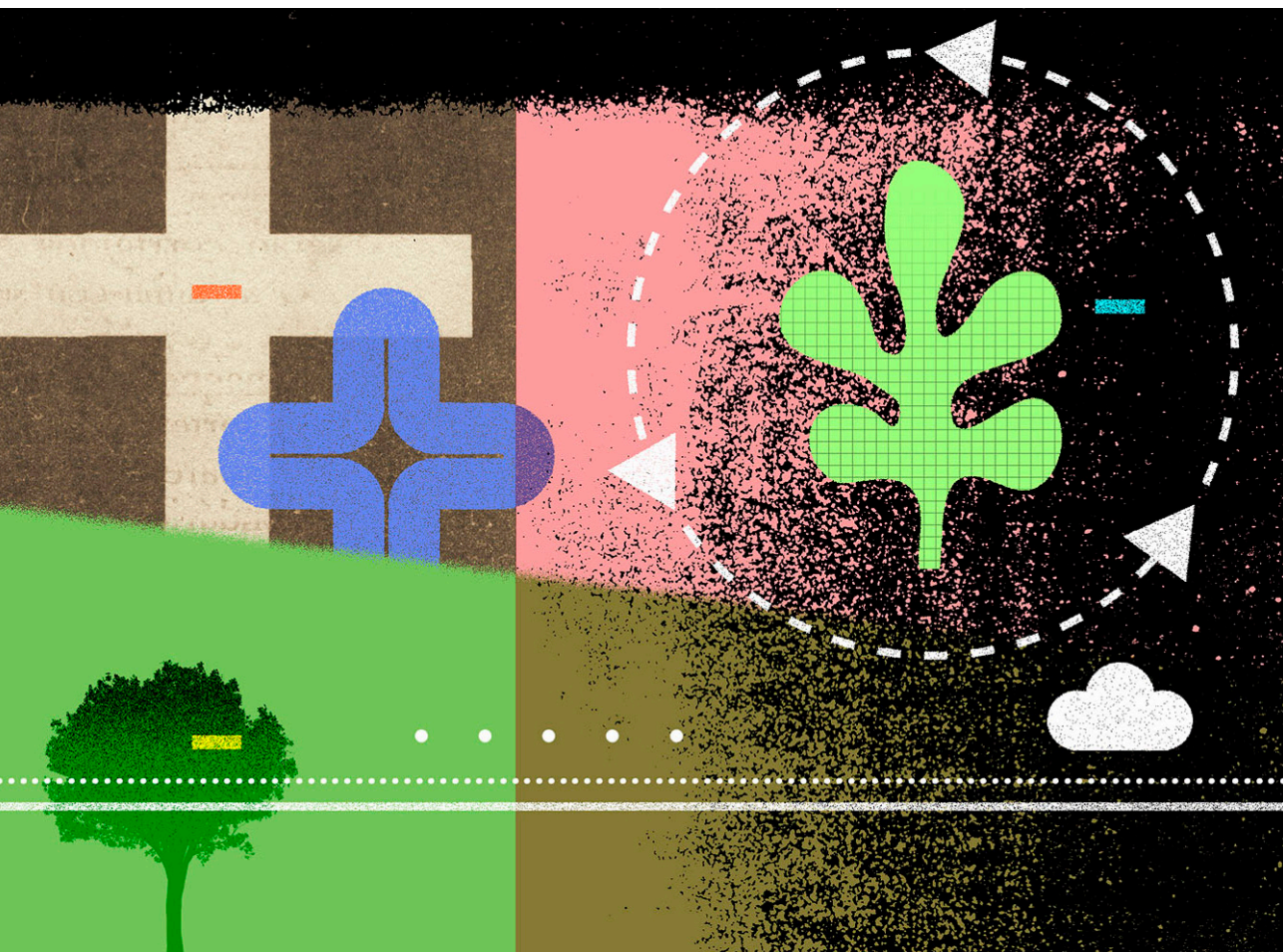
Desse modo, o país se afastou dos compromissos internacionais relacionados as alterações climáticas e diminuiu de maneira substancial a proteção da floresta Amazônia, geradora de parcela majoritária das emissões de gases geradores do efeito estufa (FRANCHINI; MAUAD & VIOLA, 2020).

Para analisar o nível de comprometimento com o meio ambiente por gestão, tem-se que de acordo com Werneck, Sordi, Araújo e Angelo (2021) o orçamento discricionário e obrigatório autorizado do Ministério do Meio Ambiente (MMA) durante o governo Lula (2003-2010) cresceu cerca de 79,83%, fazendo um comparativo do final da gestão Lula (2010) até 2015, final do governo Dilma, os recursos com o meio ambiente tiveram movimento contrário, haja vista que neste período o orçamento decresceu aproximadamente 38,56%. De 2015 a 2016 (final da gestão Dilma e gestão de Temer) aconteceu uma redução de 11,43%. Por fim, do último ano da gestão de Temer até 2020 (segundo ano da gestão Bolsonaro) a retração foi de

cerca de 18,68%. No que concerne aos autos de infração ambiental de 2010 a 2015 estes retraíram 19,54%, de 2015 a 2018 houve redução de 9,86% e de 2018 a 2020 -35%. Indo contra o comportamento do desmatamento que é de alta.

Apesar de nas três gestões posteriores a de Lula o desmatamento ter alcançado índices mais altos, constata-se que o maior desmatamento foi na gestão Bolsonaro. Isso pode estar relacionado a redução dos recursos financeiros dos órgãos de fiscalização, além da expansão do agronegócio na Amazônia legal.

Conforme apontam Werneck, Sordi, Araújo e Angelo (2021) o orçamento autorizado do MMA elevou-se 55,75% de 2010 (governo Lula) a 2020 (governo Bolsonaro). Em referência aos autos de infração, ao longo do mesmo período, diminuiu 52,86%. Em contraste tem-se que neste mesmo período, segundo dados do Projeto Mapbiomas (2022) a área destinada a agricultura na Amazônia cresceu 98,94%, e a destinada a mineração 82,62%, sendo a área de garimpo a apresentar maior crescimento (99,18%). Sugerindo que apesar de ter elevado os recursos do meio ambiente, estes não foram utilizados de maneira efetiva, haja vista que o desmatamento no final do período foi o maior, além do crescimento da área agrícola e de mineração na Amazônia.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho averiguou como as gestões governamentais, a localização espacial dos municípios e as variáveis relativas à agropecuária, crescimento econômico e contingente populacional se comportam em relação ao desmatamento nos municípios da Amazônia Legal no período de 2003 a 2020. Para tanto, além da análise descritiva, utilizou-se também de um modelo de painel balanceado, Efeito Aleatórios.

Pela distribuição de frequência dos municípios por grupos de áreas desmatadas, constatou-se que a maior parte dos municípios, ou 25,78% do total, encontram-se com até 10% de suas áreas desmatadas ao final do período. No que tange, ao grupo com maiores áreas desmatadas, verifica-se que 23,60% do total apresentaram devastação de florestas de 76% a 100% em 2020.

No que tange a variação por grupos de áreas, notou-se que os municípios com até 50% de degradação sofreram redução, ao passo que as sedes municipais de 51% a 100% de áreas desmatadas apresentaram elevações significativas, sendo os municípios pertencentes ao grupo de maior devastação (76% a 100%) a apresentarem a maior elevação.

No que diz respeito aos resultados empíricos, constatou-se que o crescimento da população, da área de lavoura temporária e permanente, os efetivos bovinos e o PIB per capita, foram responsáveis pela expansão do desmatamento. Destas variáveis, a pecuária bovina foi a que mais impactou o desmatamento no período.

Concernente ao desmatamento dos municípios pertencentes aos estados Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Mato grosso, Roraima e Tocantins apresentaram desmatamento inferior às sedes municipais do Pará no período de 2003 a 2020.

Em relação ao desmatamento por gestão, os coeficientes das variáveis indicaram que as gestões de Dilma, Temer e Bolsonaro apresentaram maiores crescimentos no desmatamento quando comparado ao desflorestamento ocorrido no governo de Lula. Estes resultados sugerem que as políticas adotadas nesta gestão foram mais efetivas na minimização das taxas de desmatamento do que as adotadas nas gestões posteriores. Além disso, verificou-se também que foi no governo Bolsonaro que o desmatamento sofreu maior impacto positivo.

De forma geral, diante dos resultados encontrados, sugere-se que o crescimento econômico, da agropecuária e populacional são fatores significantes para explicar as devastações na floresta Amazônica. Além disso, observou-se que o desmatamento está em graus distintos de áreas devastadas e que a gestão governamental tem influência na mitigação deste. Deste modo, reforça-se a necessidade da intervenção estatal na implementação de políticas públicas focadas na prevenção e controle do desmatamento e que abarque todos os estágios de desflorestamento dos municípios.

Para próximas pesquisas sugere-se que se ampliem à quantidade de variáveis determinantes, incluindo variáveis como IDH, educação entre outras, que devido ao recorte temporal e espacial não foi possível incluir nesta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, V. P. Determinantes do desmatamento no estado do Pará: uma análise com regressões quantílicas para dados em painel. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 17, n. 3, 2021.
- ANDRADE, C. S. M. & TIRYAKI, G. Fe. *Econometria na prática*. Alta Books Editora, 2019.
- ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C. & ROCHA, R. *Deforestation Slowdown in the Legal Amazon: Pricesor Policies*. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2012.
- BALTAGI, B. H. *Econometric analysis of panel data*. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.
- BRASIL. *Governo federal lança Plano Amazônia Sustentável*, Ministério do Meio Ambiente. 2008. Disponível em: <https://bit.ly/3Wb1biJ>. Acesso em: 09 out. 2022.
- BRASIL. Presidência da república. Casa Civil. *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 e Grupo Permanente de Trabalho Interministerial*. Brasília: MMA, 2013. 174 p.
- BREUSCH, T. S. Testing for autocorrelation in dynamic linear models. *Australian Economic Papers*, v. 17, n. 31, p. 334–55, 1978.
- BREUSCH, T. & PAGAN, A. The LM Test and Its Applications to Model Specification in Econometrics. *Review of Economic Studies*, n. 47, pp. 239–254, 1980.
- BREUSCH, TREVOR S. & PAGAN, A. R. A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation». *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pp.1287–94, 1979.
- CASTELO, T. B.; ADAMI, M.; ALMEIDA, C. A. & ALMEIDA, O. T. Governos e mudanças nas políticas de combate ao desmatamento na Amazônia. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, v. 28, n. 1, pp. 125-148, 2018.
- CASTRO, E. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. *Novos cadernos NAEA*, v. 8, n. 2, pp. 5-39, 2005.
- DELAZERI, L. M. Determinantes do Desmatamento nos Municípios do Arco Verde – Amazônia Legal: uma abordagem econométrica. *Economia-Ensaio*, Uberlândia, v. 30, n. 2, pp.11-34, 2016.
- DICKEY, D. A. & FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of American Statistical Association*, v. 74, pp. 427-431, 1979.
- DINIZ, M. B.; OLIVEIRA JUNIOR, J.N.; TROMPIERI NETO, N. & DINIZ, M. J. T. Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. *Nova Economia*, v. 19, pp. 121-151, 2009.
- FARIA, W. R. & ALMEIDA, A. N. Relationship between openness to trade and deforestation: Empirical evidence from the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, v. 121, pp. 85-97, 2016.
- FERREIRA, M. D. P. & COELHO, A. B. Desmatamento Recente nos Estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Piracicaba -SP, v. 53, n. 1, pp. 93-108, 2015.
- FRANCHINI, M.; MAUAD, A. C. E. & VIOLA, Eduardo. De Lula a Bolsonaro: uma década de degradação de la gobernanza climática en Brasil. *Análisis político*, v. 33, n. 99, pp. 81-100, 2020.
- FREITAS, C. R. & GUSSI, A. F. Elementos introdutórios para uma avaliação em Profundidade da Política Nacional de Mudanças Climáticas. *Desenvolvimento em Debate*. v.9, n.3, pp. 69-99, 2021.



- GOMES, F. P. *Curso de estatística experimental*. 12.ed. São Paulo: Nobel, 1990.
- GREENE, W. *Econometric analysis*. 7<sup>a</sup> ed., New York University: Prentice Hall, 2012.
- GUEDES, C.S. *A pecuária e a floresta amazônica: causas aparentes do desmatamento*. 2017. Dissertação (Mestrado Dinâmicas Territoriais e Sociedade na Amazônia) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá – Pará.
- GUJARATI, D. N. & PORTER, D. C. *Econometria básica*. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *IBGE atualiza limites de municípios no mapa da Amazônia Legal*. Disponível em: <https://bit.ly/3kd9BXc>. Acesso em: 27 abr. 2022.
- INFOAMAZÔNIA. *A Política do Desmatamento*. 2018. Disponível em <https://bit.ly/3iGekjt>. Acesso: 24 maio 2022.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em: <https://bit.ly/3izKJIy>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- IPEADATA. *Base de dados macroeconômicos, regionais e sociais*. Disponível em: <https://bit.ly/2JYbzmu>. Acesso em: 27 abr. 2022.
- KUSCHNIG, N.; CUARESMA, J. C. & KRISZTIN, T. *Unveiling Drivers of Deforestation: Evidence from the Brazilian Amazon*. Vienna , Institute for Ecological Dynamics , 2019.
- MACHADO, C. A. Desmatamentos e queimadas na região norte do estado do Tocantins. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 13, n. 43, pp. 217–229, 2012.
- MARCOVITCH, J. & PINSKY, V. Bioma Amazônia: atos e fatos. *Estudos Avançados*, v. 34, n.100, pp. 83-106, 2020.
- MARTINS, P. S. V. *Desmatamento em unidades de conservação da Amazônia Legal: Uma análise da governança ambiental e climática a partir do PPCDAM*, 2022. Disponível em: <https://bit.ly/3k8ZeU9>. Acesso em: 14 out. 2022.
- MESQUITA, R.; FERNANDES, A. A. T. & FIGUEIREDO FILHO, D. B. Uma introdução à regressão com dados de painel. *Revista Política Hoje*, v.29, n.1, pp. 434-507, 2020.
- OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, E.; FREGUGLIA, R. S. & BARRETO, R. C. S. Desmatamento e Crescimento Econômico no Brasil: uma análise da Curva de Kuznets Ambiental para a Amazônia Legal. *Revista de Economia e Sociologia Rural (RESR)*, Piracicaba, SP, v. 49, n 3, pp. 709-740, 2011.
- PEREIRA, R. M. *Commodity boom and environmental policy: What lies behind the Amazon deforestation*. Discussion Paper, 2019.
- PESARAN, M. H. Testing weak cross-sectional dependence in large panels. *Econometric Reviews*, v .34, n. 6-10, pp. 1089–1117, 2015.
- PRATES, R. C. & SERRA, M. O impacto dos gastos do governo federal no desmatamento no Estado do Pará. *Nova Economia*, Belo Horizonte, v. 19 n. 1, pp. 95-116, 2009.
- PROJETO MAPBIOMAS. *Estatísticas*. Disponível em: <https://bit.ly/3ZA6foE>. Acesso em: 28 out. 2022.
- SANTANNA, A. A. & COSTA, L. Environmental regulation and bail outs under weak state capacity: deforestation in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, v. 186, p. 1070-71, 2021.
- SANTOS, J. C.; BRAGA, M. J. & HOMMA, A. J. O. Determinantes de desmatamento em pólos de produção agropecuária no estado do Acre, Amazônia brasileira. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, XLVI, 2008. Rio Branco – Acre. Anais... Disponível em: <https://bit.ly/3kgoiWa>. Acesso em: 20 maio de 2022.
- SANTOS, R.P. *Os principais fatores do desmatamento na Amazônia (2002-2007) – uma análise econométrica e espacial*. 2010.130 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília (UNB), Brasília – Distrito Federal.

SEEG- SISTEMA DE ESTIMATIVAS DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. *Análise das emissões brasileiras de gases do efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil de 1970 a 2019*. Cidades, editora. 2020. p. 1-41.

SILVA, G.F.D. *A influência do desmatamento nos aspectos socioeconômicos da região de Matopiba*. 2017. 30 p. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) - Faculdade de Tecnologia, Universidade De Brasília (UNB), Brasília – Distrito Federal.

SILVA, I. A. C; MARCELINO, G. C. & PARRÉ, J. L. Determinantes do desmatamento nos municípios da Amazônia legal Brasileira: uma análise econométrica espacial. In: Encontro de Economia da Região Sul, XXIII, 2020. Anais... Disponível em: <https://bit.ly/3GyrO9o>. Acesso em: 20 maio 2022.

SIMÕES, J. E. M. & SOUSA, W. D. Efeitos dos principais vetores no desmatamento: uma avaliação para a mesorregião do Sudeste de Pará, Brasil no período 2000 e 2018. *Espacio abierto: Cuaderno Venezolano de Sociología*, v. 31, n. 1, pp. 167-186, 2022.

SOARES, F. G. Desmatamento na Amazônia: o caso do Pará, uma aplicação no R. IV In: Seminário Internacional de Estadística com R, 2019, Niterói. Anais... Niterói: UFF, 2019.

SOUSA, W. L; IRFFI, G. & ASEVEDO, M. D. G. Deforestation of the Atlantic Forest in the state of Ceará: analysis of the Environmental Kuznets Curve from panel data, 2011 to 2017. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 60, 2021.

TRIGUEIRO, W. R. *Variação espacial dos fatores que direcionam o desmatamento no Cerrado*. 2019. 51 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis – Goiás.

VASCONCELOS, P. G. A. *Determinantes do desmatamento na Amazônia brasileira*. 2015. 61 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Tecnologia, Universidade De Brasília (UNB), Brasília – Distrito Federal.

WERNECK, F.; SORDI, J.; ARAÚJO, S. & ANGELO, C. *Passando a boiada: o segundo ano de desmonte ambiental sob Jair Bolsonaro*. Observatório do clima, 2021.

