



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA**

**VERÍSSIMO CÉSAR SOUSA DA SILVA**

**Efetividade das políticas públicas de comando e controle em  
áreas embargadas por desmatamento ilegal na Amazônia**

**BELÉM - PARÁ**

**2022**

VERISSIMO CÉSAR SOUSA DA SILVA

## **Efetividade das políticas públicas de comando e controle em áreas embargadas por desmatamento ilegal na Amazônia**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências, da Universidade Federal do Pará em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia.

Linha de pesquisa: Interação clima, sociedade e ambiente

Orientador (a): Prof<sup>o</sup>. Dr. Marcos Adami

Coorientador (a): Profa Dra Ima Célia Guimarães Vieira

BELÉM - PARÁ

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

- S586e Silva, Verissimo Cesar Sousa da.  
Efetividade das políticas públicas de comando e controle em  
áreas embargadas por desmatamento ilegal na Amazônia /  
Verissimo Cesar Sousa da Silva. — 2022.  
71 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Marcos Adami  
Coorientação: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Ima Célia Guimarães Vieira  
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de  
Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais,  
Belém, 2022.
1. Desmatamento ilegal. 2. Embargos. 3. Leis ambientais.  
4. Monitoramento ambiental. I. Título.

CDD 631.47811

---

**VERÍSSIMO CÉSAR SOUSA DA SILVA**

**EFETIVIDADE DAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE COMANDO E CONTROLE EM ÁREAS  
EMBARGADAS POR DESMATAMENTO ILEGAL NA AMAZÔNIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi e Embrapa Amazônia Oriental, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais

Área de concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia.

Linha de pesquisa: Interação clima, sociedade e ambiente

Orientador (a): Prof<sup>o</sup>. Marcos Adami.

Coorientador (a): Prof<sup>a</sup> Ima Célia Guimarães Vieira.

Aprovado em: 31/01/2022

Banca Examinadora:

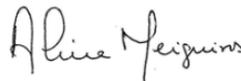


Prof. Marcos Adami – Orientador  
Doutor em Sensoriamento Remoto  
Instituto Nacional de Pesquisa Espacial- INPE



---

Prof. Ima Célia Guimarães Vieira – Coorientadora  
Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG



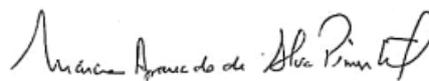
---

Prof. Aline Maria Meiguins de Lima  
Universidade Federal do Pará - UFPA



---

Prof. Sergio Luiz Medeiro Rivero  
Universidade Federal do Pará - UFPA



---

Prof. Márcia Aparecida da Silva Pimentel  
Universidade Federal do Pará - UFPA



---

Prof. Maria Isabel Sobral Escada  
Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por iluminar, tranquilizar, guiar e colocar anjos na minha vida para me motivar e não desanimar com as dificuldades.

À minha mãe, Maria das Dores da Silva, por todo apoio e investimentos para alcançar meus objetivos.

À Universidade Federal do Pará, ao Instituto de Geociências e aos professores do programa de pósgraduação em Ciências Ambientais (PPGCA), pelos ensinamentos recebidos.

Ao Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais - INPE, pelo acolhimento nas suas instalações para realizar as análises deste trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro nos quatro anos do programa de doutorado.

Ao professor Dr. Marcos Adami, pela orientação neste trabalho durante os quatro anos de estudo.

À Professora Dr. Ima Célia Guimarães Vieira, pela Coorientação e apoio.

Ao professor Dr. David Galbraith, pelas contribuições na construção da Tese.

Aos Professores da banca examinadora: Professores Doutores, Aline Maria Meiguins de Lima, Sergio Luiz Medeiro Rivero, Márcia Aparecida da Silva Pimentel e Maria Isabel Sobral Escada.

Às amigas Márcia Barros e minha namorada Mayara Campos. Vocês sempre estiveram à disposição em todas as etapas do meu doutorado.

## RESUMO

O ritmo do desmatamento na Amazônia brasileira começou a diminuir de forma impressionante em meados dos anos 2000, reduzindo para 4.571 km<sup>2</sup> em 2012, porém esse desmatamento teve uma tendência de aumento a partir de 2013, registrando um valor de 5.891 km<sup>2</sup> e alcançando, em 2021, uma área de 13.235 km<sup>2</sup>. Embora vários procedimentos tenham sido empregados para coibir o desmatamento ilegal, a política pública que predomina são as ações de fiscalização ambiental de comando e controle. Um grande fator que potencializa a sensação de descaso quanto aos atos lesivos ao meio ambiente é o total desrespeito das áreas desmatadas que foram embargadas e que continuam a executar atividades. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a situação de 1.289 polígonos de áreas embargadas por desmatamento ilegal na Amazônia no período de 2008 a 2017 e saber os fatores determinantes que implicaram no (des)cumprimentos dos embargos. Também foi aplicado um modelo de regressão com o intuito de identificar quais as variáveis apresentaram maiores relações com o (des)cumprimento dos embargos. Para isso, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto para identificar os diferentes usos e cobertura do solo (agricultura, pasto e regeneração) nos polígonos embargados. Como resultados, foram identificados que, dos 1.289 embargos analisados, 1.025 (69,2% do total da área) encontravam-se convertidos para pastagem em 2019, para agricultura foram encontrados 95 embargos equivalentes a 17,7% de toda a área de embargos. Isso significa que 86,9% da área estão desrespeitando a legislação de embargos. As variáveis que mostraram significativas em relação ao descumprimento foram Tamanhos do Imóveis e Presença de CAR, enquanto que as variáveis que mantiveram relação com cumprimento dos embargos foram Embargos Municipais, Elevação e Municípios Prioritários. Conclui-se que, apesar haver ações de fiscalização e monitoramento, ainda é muito tímido alcançar o verdadeiro objetivo que não restringe apenas autuar e embargar áreas, mas sim, a formulação de ações que desenvolvam sistemas integrados e monitoramento para acompanhar essas áreas, a fim de verificar se estão sendo cumpridas as leis ambientais.

**Palavras-chave:** desmatamento ilegal; embargos; leis ambientais; monitoramento ambiental.

## ABSTRACT

The pace of deforestation in the Brazilian Amazon began to slow dramatically in the mid-2000s, reducing to 4,571 km<sup>2</sup> in 2012, but this deforestation has tended to increase from 2013 onwards, registering a value of 5,891 km<sup>2</sup> and reaching, in 2021, an area of 13,235 km<sup>2</sup>. Although several procedures have been employed to curb illegal deforestation, the public policy that prevails is command and control environmental inspection actions. A major factor that enhances the feeling of disregard for acts harmful to the environment is the total disrespect for the deforested areas that were embargoed and that continue to carry out activities. Thus, the objective of this work was to analyze the situation of 1,289 polygons in areas embargoed for illegal deforestation in the Amazon in the period from 2008 to 2017 and to know the determining factors that led to (non)compliance with the embargoes. For this, remote sensing techniques were used to identify the different uses and land cover (agriculture, pasture and regeneration) in the embargoed polygons. As a result, it was identified that, of the 1,289 embargoes analyzed, 1,025 (69.2% of the total area) were converted to pasture in 2019, for agriculture 95 embargoes were found equivalent to 17.7% of the entire embargo area. This means that 86.9% of the area is disrespecting the embargo legislation. The variables that were significant in relation to non-compliance were Property Size and CAR Presence, while the variables that maintained a relationship with embargo compliance were Municipal Embargoes, Elevation and Priority Municipalities. It is concluded that, although there are inspection and monitoring actions, it is still very timid to reach the true objective that does not restrict only prosecuting and embargoing areas, but rather, the formulation of actions that develop integrated systems and monitoring to accompany these areas, in order to verify that environmental laws are being complied with.

**Keywords:** illegal deforestation; embargoes; environmental laws; environmental monitoring.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Taxa do desmatamento anual.....	12
Figura 2- Área de estudo.....	24
Figure 3- Deforestation-related embargoes. a) Spatial distribution of deforestation-related embargoes imposed between 2008 and 2017 in the Brazilian Legal Amazon. The solid red outline denotes the boundaries of the arch of deforestation, which most of the embargoes were issued. B) Temporal distribution of deforestation-related embargoes imposed between 2008 and 2017 per state.....	29
Figure 4- Proportion of embargoed areas classified as agriculture, pasture, and regrowth between 2017 and 2019; a) for all sampled embargoes; b) per state.....	31
Figure 5- a) Landsat-5 image, year 2008 (left), Landsat-8 image, year 2018, in black polygon from the embargo area in the Legal Amazon. b) Time series of the center of a selected polygon that was deforested in 2008, after deforestation the area was converted to agriculture.....	37
Figura 6- Área de estudo.....	43
Quadro 1- Resumo dos dados das variáveis independentes.....	45
Quadro 2- Distribuições dos embargos, municípios e por grupos no período de 2008 a 2017.....	48
Figura 7- Distribuição espacial dos embargos que estão em processo de regeneração e municípios de 2008 a 2017 na Amazônia Legal.....	49
Figura 8- Distribuição espacial dos embargos que apresentam atividades produtivas e municípios de 2008 a 2017 na Amazônia Legal.....	50
Quadro 3- Comportamento para cada variável em relação a probabilidade de cumprir ou descumprir o Decreto 6.514/2008.....	51

## LISTA DE TABELAS

Table 1- Environmental infractions related to illegal deforestation in the Amazon used in the research.....	33
Table 2- Embargoes stratification with the total number of polygons (N), sampled polygons (n), total embargoed area, and total sampled area, both in hectares (ha).....	34

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

ALB - Amazônia Legal Brasileira

APP - Área de Preservação Permanente

ARL - Área de Reserva Legal

CAR - Cadastro Ambiental Rural

DEGRAD - Projeto de Degradação da Floresta Amazônica Brasileira

DETER - Detecção de Desmatamento quase em Tempo Real

DETEX - Projeto de Detecção de Registro Seletivo

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima

IPEA- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

NDVI - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.

OEMA - Órgão Estadual de Meio Ambiente

PPCDAM - Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal

PRODES - Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia

SEMAS - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

## SUMÁRIO

<b>CAPITULO I INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	12
<b>1.1 Referencial teórico</b> .....	14
1.1.1 Fiscalização ambiental.....	14
1.1.2 Desmatamento na Amazônia.....	16
1.1.3 Sensoriamento remoto como técnica para monitorar o desmatamento na Amazônia.....	19
<b>1.2 Problema da pesquisa</b> .....	22
<b>1.3 Questões científicas</b> .....	23
<b>1.4 Interdisciplinaridade</b> .....	23
<b>1.5 Objetivos</b> .....	24
1.5.1 Objetivo geral.....	24
1.5.2 Objetivos específicos.....	24
<b>1.6 Área de estudo</b> .....	25
<b>1.7 Estrutura da tese</b> .....	26
<b>CAPITULO II MARKED NON-COMPLIANCE WITH DEFORESTATION EMBARGOES IN THE BRAZILIAN AMAZON.</b> .....	27
<b>2.1 Introduction</b> .....	27
<b>2.2 Results</b> .....	29
<b>2.3 Discussion and conclusion</b> .....	33
<b>2.4 Methods</b> .....	34
2.4.1 Selection of embargoes for analysis.....	34
2.4.2 Land use and land cover of embargoed polygons.....	36
<b>CAPITULO III ANÁLISES DOS FATORES DETERMINANTES CAUSADORES DO (DES)CUMPRIMENTO DOS EMBARGOS NA AMAZÔNIA LEGAL.</b> .....	42
<b>3.1 Introdução</b> .....	42
<b>3.2 Material e métodos</b> .....	45
3.2.1 Área de estudo.....	45
3.2.2 Material.....	46
3.2.3 Metodologia.....	46
3.2.3.1 <i>Seleção das variáveis</i> .....	47
3.2.3.2 <i>Variável dependente</i> .....	47

<i>3.2.3.3 Variáveis explicativas</i> .....	48
<i>3.2.3.4 Modelo de regressão linear</i> .....	50
<b>3.3 Resultados e discussão</b> .....	52
<b>3.4 Conclusão</b> .....	59
<b>CAPÍTULO IV CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	66
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	67

## CAPITULO I INTRODUÇÃO GERAL

Em 1990, estimava-se que as florestas tropicais cobriam entre 11,5 e 12,4 milhões de km<sup>2</sup> em todo o mundo, enquanto a sua taxa anual de desflorestamento de 1990 a 1997 foi estimada em 60.000 km<sup>2</sup> (ACHARD et al., 2002). De 2000 a 2012, foi estimado que a perda global da floresta foi de 2,3 milhões km<sup>2</sup>. Deste total, 32% ocorreu na floresta tropical sendo que quase a metade da perda florestal tropical ocorreu na América do Sul (HANSEN et al., 2013). O Brasil foi o país que mais desmatou durante as décadas de 1990 e 2000 (FAO, 2010) e esse processo ainda continua. Boa parte disto tem ocorrido na porção do território coberta pela floresta Amazônica, uma das últimas áreas de fronteira agrícola no mundo (CAMPARI, 2005; FERREIRA, 2015).

A chamada Amazônia Legal Brasileira (ALB), definida pela Lei Federal nº 1806/53. Art. Segundo e nº 5173/66. art. (BRASIL, 1953), tem aproximadamente 5,2 milhões de km<sup>2</sup>, dos quais mais de 4 milhões de km<sup>2</sup> eram originalmente florestados, sendo parte da maior floresta tropical contínua do planeta (ALMEIDA et al. 2010). A ALB é biogeograficamente heterogênea e o impacto antropogênico resultou em uma enorme variedade de padrões de desmatamento associados a diferentes atores e histórias de uso e cobertura da terra ((DINIZ et al., 2015; RODRIGUES-FILHO et al., 2015) e seu desmatamento é um grande problema ambiental (FEARNSIDE, 2008). Ademais, o desmatamento na Amazônia foi responsável pela elevação de 9,3% das emissões de Gases do Efeito Estufa em 2020 (GEE) (OC, 2019).

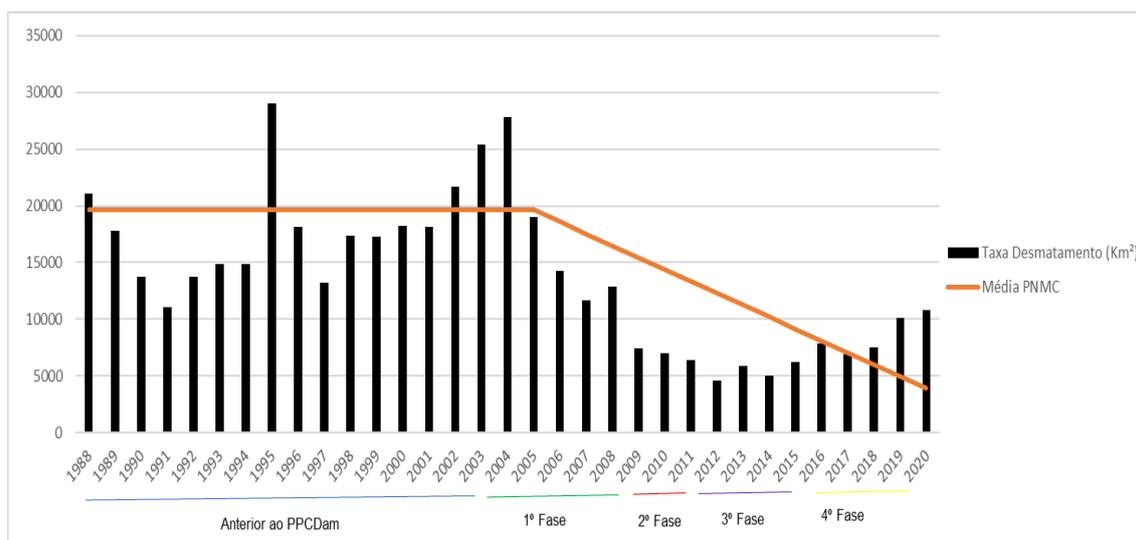
O ritmo da taxa do desmatamento na Amazônia brasileira começou a diminuir de forma impressionante em meados dos anos 2000. Depois de aumentar gradualmente para mais de 27.000 km<sup>2</sup> em 2004, a taxa de desmatamento na Amazônia Legal diminuiu quase continuamente ao longo dos anos seguintes para cerca de 7.000 km<sup>2</sup> em 2009 (INPE, 2011), reduzindo para 4.571 km<sup>2</sup> em 2012 e alcançando em 2017 uma taxa de 6.947 km<sup>2</sup>, porém em 2019, teve uma tendência de aumento, chegando em 2020 com 10.821 km<sup>2</sup> (INPE, 2020) (FIGURA 1).

Além da redução e depois do aumento do desmatamento bruto nos últimos anos, um dos maiores desafios atuais consiste em distinguir o desmatamento ilegal do legal, para que se possa, efetivamente, buscar eliminar o primeiro e promover políticas que possam reduzir o segundo, sem prejuízo do desenvolvimento regional (CASA CIVIL, 2004). A meta brasileira se restringe à desmatamento ilegal porque a atual legislação

permite certo nível de desflorestamento em áreas privadas, ou seja, um desmatamento legal. Dentro das condições e limites pré-estabelecidos pelo Código Florestal e com a devida licença, um produtor que tem uma área na Amazônia, por exemplo, pode desmatar até 20% de sua propriedade para produzir em áreas de florestas, 65% em áreas situadas em cerrados e 80% em áreas de campos naturais (BRASIL, 2012).

Embora vários procedimentos tenham sido empregados para coibir o desmatamento ilegal, a política pública que predomina são as ações de fiscalização ambiental, ou seja, de comando e controle. Essas ações de fiscalização ambiental foram intensificadas a partir de 2004, com a implantação do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal – PPCDAM (CASA CIVIL, 2004) (Figura 1). No decorrer da execução do PPCDAM, ocorreram algumas oscilações nas taxas de desmatamento, que de modo geral contribuíram significativamente para o controle do desmatamento. Mesmo com uma significativa redução nas taxas anuais de desmatamento na Amazônia no período de 2008 a 2017, ela ainda tem se mantido fora da meta proposta pelo governo, ao serem contabilizados cerca de 6 mil km<sup>2</sup> de floresta até a última análise (INPE, 2018). Porém, a partir de 2018, o desmatamento aumentou de 7.536 km<sup>2</sup> para 13.235 km<sup>2</sup> em 2021 (INPE, 2021), vindo desta forma, a meta se afasta do que foi estabelecido em acordos internacionais de mudanças climáticas.

Figura 1- Taxa do desmatamento anual em km<sup>2</sup>



Fonte: INPE/Sistema PRODES/MMA(2020).

Os órgãos que operam os instrumentos de comando e controle necessitam de grande quantidade de recursos humanos qualificados, o que é escasso na região amazônica, além disso, para funcionar adequadamente, são necessárias instituições com mais investimento em sua estrutura. Por último, há a necessidade de muitos recursos

financeiros, tornando-o dispendioso, de modo que esses instrumentos acabam não sendo prioritários nas políticas públicas nos países em desenvolvimento (LAMBERT, 2000). Nesse contexto da operacionalização dos órgãos de fiscalização ambientais, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, tem como uma de suas competências, a fiscalização e o controle ambiental, e trabalha em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. O IBAMA, após ciência das áreas desmatadas através do Projeto de Detecção do Desmatamento em Tempo Real – DETER conduzido pelo INPE (DINIZ, 2015), realiza incursões *in loco* e procede com as seguintes medidas administrativas: multa, embargo e reparação de danos ambientais.

Um grande fator que potencializa a sensação de descaso quanto aos atos lesivos ao meio ambiente é o total desrespeito das áreas desmatadas que foram embargadas e que continuam a executar atividades (BARRETO et al., 2008). O monitoramento de áreas embargadas até a regularização do imóvel rural carece de recursos públicos para vistoria *in loco*, e também por técnicas de sensoriamento remoto. Aliado a esses fatores, novas áreas desmatadas surgem, e estas devem ser monitoradas até a reparação do dano ambiental.

Neste contexto, o presente trabalho tem o objetivo de analisar a situação das áreas embargadas pelo IBAMA por desmatamento ilegal na Amazônia no período de 2008 a 2017, no que diz respeito à regeneração florestal, conforme exigências legais e investigar a quais os fatores determinantes que implicam no (des)cumprimentos dos embargos causados por desmatamento Ilegal autuados pelo Ibama na Amazônia.

## **1.1 Referencial teórico**

Para o embasamento teórico da pesquisa, foram considerados alguns pontos importantes para direcionar a discussão servindo de base conceitual como: Fiscalização ambiental, Desmatamento na Amazônia e Sensoriamento remoto como técnica para monitorar o desmatamento na Amazônia.

### **1.1.1 Fiscalização ambiental**

A fiscalização ambiental é o instrumento de gestão ambiental exercida pelo poder público que consiste em verificar o cumprimento das normas ambientais e aplicar as sanções administrativas quando não houver conformidade, atuando, assim, de maneira

preventiva e repressiva às transgressões. Tal prerrogativa é prevista na Constituição Federal de 1988 e tem como principal marco legal na esfera federal a Lei de Crimes Ambientais – LCA (BRASIL, 1988). Para Schmitt, (2015) o processo de fiscalização é essencial para a funcionalidade da aplicação da lei, entretanto, os custos de transação surgem neste contexto como um limitante à atuação do Estado.

Sendo assim, o governo brasileiro tem buscado formas de combate às atividades desflorestadoras por meio de órgãos fiscalizadores e poderes para aplicação de punições para impor o respeito às regras descritas nos códigos de conduta ambientais nacionais e, portanto, restringir o desmatamento na Amazônia Legal. Tal situação demonstra a capacidade de as instituições evoluírem ao longo do tempo (NORTH, 1990; RODRIGUES et al., 2018), mais especificamente no caso da Amazônia brasileira, buscaram reduzir a incerteza sobre as ações dos agentes, reduzindo o desmatamento através de regras formais, principalmente atrelada a mecanismos punitivos, como multas, apreensões e embargos.

Também tem criado mecanismos institucionais para regular as atividades econômicas que resultam em degradação ambiental, através de uma legislação ambiental adequada à realidade, que é somada ao monitoramento ambiental de regiões estratégicas detentoras de recursos naturais de grande valia para agora ou no futuro. Os órgãos públicos responsáveis por exercer a atividade de fiscalização e monitoramento ambiental são aqueles que integram o Sistema Nacional do Meio Ambiente - Sisnama e detém na sua carga de competência tal prerrogativa. Atualmente, todos os estados e o Distrito Federal contam com um Órgão Estadual de Meio Ambiente - Oema com atribuições de fiscalização ambiental (RODRIGUES et al., 2018).

Na área ambiental, as ações de fiscalização são comumente um reflexo do poder de polícia, com medidas preventivas, de monitoramento, de inspeção, de advertência, punitivas, corretivas, entre outras. Assim, a lógica coercitiva da fiscalização ambiental reside na aplicação de sanções impostas por uma autoridade constituída pela sociedade, o Estado, e suas estruturas organizacionais. É, pois, a existência de uma ameaça de punição (sanção) pelo não cumprimento da regra e sua imposição por uma autoridade pública, que busca atender ao interesse geral, ou seja, o bem comum, a paz e a organização social (LIMA, 1986; SCHMITT, 2015). Estabelecesse, assim, a coerção, ou seja, ato de induzir, pressionar ou compelir alguém a fazer algo pela força, intimidação ou ameaça. Esse direito de usar a força é um monopólio e uma prerrogativa legítima exercida pelo Estado moderno, conforme apregoa Weber (2003).

Um dos efeitos das sanções decorrentes do poder de polícia administrativa é o efeito de dissuasão, que consiste no temor da punição promovida pelo Estado, seja no indivíduo que cometeu uma infração ou a outros que possam cometê-la. Existem fatores importantes que podem influenciar a dissuasão, entre eles a certeza da punição, a severidade da pena, a celeridade da punição e a percepção da punição (GOMES; MOLINA, 2010; SIEGEL, 2008; VIAPIANA, 2006). A certeza da punição está relacionada à eficácia da administração pública em identificar as violações e aplicar as sanções aos responsáveis. A severidade da pena diz respeito à extensão das punições, supondo-se que, quanto mais longas ou mais rígidas elas forem, mais tendem a inibir o delito. E a celeridade da punição diz respeito à rapidez com que o Estado aplica e executa as sanções. Por último, para que os três primeiros elementos tenham seus efeitos potencializados é importante que a população os perceba de modo a fortalecer o efeito de dissuasão.

Em suma, a fiscalização ambiental, como uma atividade do poder de polícia administrativa ambiental, busca induzir a mudança do comportamento das pessoas por meio da coerção, de modo a evitar que novos danos ambientais venham a acontecer. Ou seja, quando um indivíduo não cumpre as regras de uso e não uso dos bens ambientais, o Estado, por meio do órgão de meio ambiente, pune o infrator. Logo, quando esse indivíduo tem de arcar com uma sanção pelo descumprimento da regra, ele tende a mudar de comportamento e não mais cometer violações. Essa situação tem um efeito multiplicador ao servir de exemplo para outros indivíduos que, na possibilidade de violarem as mesmas regras ambientais, também estão sujeitos às mesmas consequências. Desse modo, sentem-se inibidos, devido ao temor da punição. (SCHMITT, 2015).

### 1.1.2 Desmatamento na Amazônia

As mudanças de uso do solo na Amazônia Legal são altamente heterogêneas, tanto espacial quanto temporalmente. A paisagem atual da região amazônica deriva das diferentes fases de desenvolvimento que foi submetida, entretanto, a maior parte do desflorestamento ocorreu nos últimos 50 anos na Amazônia Legal, podendo ser associado ao início do regime militar (1964 a 1985), quando programas específicos de desenvolvimento e ocupação da área estimularam o crescimento populacional e econômico da região. Nesse período, as políticas governamentais para Amazônia não buscavam harmonizar as dimensões sociais, ambientais, políticas e econômicas de

desenvolvimento (PRATES, 2008), e sim as políticas foram formuladas e implementadas com o objetivo precípua de maximizar as imediatas vantagens econômicas. Estas estratégias de desenvolvimento geraram impactos sociais e ambientais adversos nas áreas rurais e urbanas da Amazônia. (SERRA et al., 2004).

Entre os anos de 1987 até 1991, teve uma queda nos índices do desmatamento e uma das consequências para isto foi a recessão econômica brasileira (FEARNSIDE, 2005). A partir de 1991, a variação do desmatamento foi de acordo com as mudanças relacionadas às forças econômicas (FERREIRA et al., 2005). O pico de 1995 foi, provavelmente, um reflexo da recuperação econômica do Plano Real. As reformas aumentaram a disponibilidade de capital e as eleições municipais, em 1994, resultaram no aumento do crédito agrícola. Esse aumento de capital para os fazendeiros foi muito mais efetivo em incentivar o desmatamento do que as mudanças econômicas que influenciaram o valor dos bens duráveis, como a terra. A queda posterior nos índices de desmatamento, em 1996 e 1997, foi uma consequência lógica do Plano Real ter cortado, de forma brusca, o índice da inflação (FEARNSIDE, 2005). O programa Avança Brasil, um pacote de desenvolvimento para o período de 2000-2007, incluiu US\$ 20 bilhões para infraestrutura na região da Amazônia (LAURANCE et al., 2001; NEPSTAD et al., 2014; FEARNSIDE, 2008), a maioria voltada à necessidade na criação de vias de transportes, provocando dessa forma um forte aumento na taxa de desmatamento.

Alencar et al. (2004) apontaram que, a partir de 2000, se nota uma modificação dessa relação, já que a taxa de desmatamento continua aumentando mesmo com o baixo crescimento econômico do período. Tal fato sugere, de acordo com os autores, que uma nova dinâmica econômica, ligada ao mercado externo, estaria influenciando o desmatamento na região. Portanto, nos primeiros anos da década de 2000, o aumento da taxa de desmatamento seria explicado não somente pelo aumento da taxa de crescimento do PIB, mas por essa nova dinâmica, pela qual a taxa de desmatamento não está atrelada apenas ao estado da economia nacional. Nesse caso, o aumento da taxa pode refletir o crescimento do mercado internacional para os produtos amazônicos exportados, como principalmente a carne bovina.

Como resposta às crescentes taxas de desmatamento, o Governo Federal estabeleceu o Plano Federal de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAM), visando promover a redução do desmatamento através de um conjunto de ações integradas de regularização fundiária, monitoramento ambiental e controle e promoção de atividades produtivas sustentáveis, envolvendo parcerias entre

órgãos federais, governos estaduais, prefeituras, organizações da sociedade civil e setor privado (IPEA; CEPAL; GIZ, 2011).

O PPCDAM foi criado a partir do decreto assinado em 15 de março de 2004, passaram a integrar o grupo o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão e o Ministério das Relações Exteriores. O plano do governo foi constituído por quatro fases: primeira fase (2004 – 2008), segunda fase (2009 – 2011), terceira fase (2012 – 2015) e a quarta fase ainda em execução (2016 a 2020) (CASA CIVIL, 2016). Para Melo e Artaxo, 2017, na primeira e na segunda fases do PPCDAM (de 2004 a 2011), as ações de maior impacto na queda do desmatamento partiram do eixo Monitoramento e Controle, estando bastante associadas ao desenvolvimento do Sistema Deter e ao planejamento integrado da fiscalização.

Devido ao padrão do desmatamento apresentar mudanças, fazendo com que maior parte dos desmatamentos encontrava abaixo do limiar de detecção do Deter, houve a necessidade do INPE desenvolver método de análise, com o objetivo de expandir a capacidade de análise de dados de resolução moderada e aumentar a capacidade de detecção do desmatamento nos estágios iniciais do processo de degradação (DINIZ et al., 2015). Neste contexto, o PPCDAM iniciou sua terceira fase de execução (2012-2015) com um desafio ainda maior: promover ações condizentes com a nova dinâmica do desmatamento e dar escala e eficácia ao eixo de Fomento às Atividades Produtivas Sustentáveis. Na quarta fase, além da manutenção dos três eixos das fases anteriores, propõe-se um novo eixo para reunir os esforços de elaboração de normas e de instrumentos econômicos, fiscais e tributários que possam contribuir para o combate ao desmatamento em todas as suas dimensões, tanto da prevenção quanto do controle. (CASA CIVIL, 2016).

Ainda como medida de combate ao desmatamento na Amazônia, o governo federal modificou o Código Florestal, determinando que a área de reserva legal passasse de 50% para 80% na Amazônia Legal, o que pode ter reduzido o desmatamento nos anos seguintes (BRASIL, 2012). De acordo com Barreto e Silva (2010), essas políticas foram mais abrangentes do que as aplicadas anteriormente. Aqueles autores destacaram três políticas importantes que foram aplicadas a partir de 2008: inspeções de campo mais intensivas e focadas; embargo econômico de áreas ilegalmente desmatadas e restrição de crédito aos agricultores que não cumprissem a legislação ambiental. Na primeira ação, as fiscalizações foram direcionadas aos 36 municípios com maiores índices de desmatamento na Amazônia Legal (do total de 720), responsáveis por 50% do

desmatamento. Iniciado em março de 2008, as ações incluíam a aplicação de multas, confisco de bens e embargos de uso das áreas desmatadas. Como resultado, o número de bens confiscados e de áreas embargadas cresceu 53% em relação a 2007 nesses 36 municípios, ao passo que, nos demais, esse crescimento foi de 11%. Associado a esta última ação, o embargo de áreas desmatadas ilegalmente incluía a proibição de venda de produtos originários destas áreas. A terceira política consistia na exigência de que, a partir de julho de 2008, os proprietários de áreas maiores que 400 hectares comprovassem que tinham o título da terra válido (ou estavam iniciando o processo de obtenção) e que tivessem o licenciamento ambiental para obter crédito agrícola. Dessa forma, essa política restringiu sobremaneira o acesso a crédito para aqueles produtores com maior probabilidade de realizar desmatamento ilegal (BARRETO; SILVA, 2010).

O Projeto TerraClass (INPE, 2014) qualificou as áreas desflorestadas na Amazônia, o que resultou no mapeamento da situação do uso e da cobertura do solo no ano de 2012. Os dados indicam que, até aquela data, 751,3 mil km<sup>2</sup> da floresta amazônica foram suprimidos. As principais ocupações dessas áreas com vegetação suprimida são: 58,9% de áreas com algum tipo de pasto; 22,9% de áreas cobertas por vegetação secundária, o que indica regeneração da floresta; 5,6% estão ocupados com agricultura; 0,7% são áreas urbanas; 1,3% são mosaicos de ocupação; e, 0,1% são áreas de mineração.

Outros trabalhos indicam que políticas implementadas a partir de 2004 têm contribuído sobremaneira para a redução do desmatamento na Amazônia Legal (ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2012, 2013; BARRETO; SILVA, 2010; SOUZA; MIZIARA; MARCO JUNIOR, 2013; DEFRIES et al., 2013; NEPSTAD et al., 2014). Segundo Barreto e Silva (2010), tais políticas consistiram no aumento da fiscalização, na restrição de crédito rural e de acesso a mercados aos agricultores que não estivessem em conformidade com a legislação ambiental, tendo assim um reflexo significativo na queda da taxa do desmatamento.

### 1.1.3 Sensoriamento remoto como técnica para monitorar o desmatamento na Amazônia

A degradação do meio ambiente, o uso não sustentável dos recursos naturais e as mudanças climáticas têm sido algumas das preocupações recorrentes de vários cientistas no mundo inteiro (IPCC, 2007). Os temas acima, de grande abrangência e complexidade, necessitam cada vez mais da adoção de metodologias de monitoramento sistemático e

sinóptico. Destaca-se, assim, o sensoriamento remoto como uma importante ferramenta à análise e controle das questões ambientais.

Sensoriamento remoto é um método por meio do qual obtém-se informações de um objeto, sem ter contato direto com ele. Assim pode ser utilizado para obter informações da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa dos resultados da interação entre a radiação eletromagnética e os materiais terrestres (MENESES; ALMEIDA, 2012). Conforme Meneses e Almeida (2012), “os espectros de refletância são fundamentais para guiar o intérprete na seleção das bandas do sensor para a interpretação das imagens”. Frente a esta situação, o sensoriamento remoto tem se mostrado um instrumento de grande utilidade para o monitoramento de grandes e pequenas áreas, a fim de verificar a observância à legislação ambiental (FERREIRA, L; FERREIRA, N; FERREIRA, M., 2008). Segundo Rosa (2003), é necessário que o acompanhamento e distribuição espacial do uso e ocupação do solo sejam analisados constantemente para auxiliá-lo nos estudos de desenvolvimento de determinada região. Para obter informações sobre a cobertura de áreas extensas, de maneira relativamente rápida, precisa e econômica, o sensoriamento remoto, com suas características multispectrais e temporais, é uma importante ferramenta no mapeamento, identificação e monitoramento de uso e cobertura do solo.

Referente aos processos de ocupação da região amazônica, a necessidade de estudos de monitoramento da vegetação e de mudanças no uso da terra através de ações integradas de investigação, são imprescindíveis. Neste contexto, Sader et al. (1990) observam uma otimização das análises envolvidas para estudos ambientais com a combinação de sistemas de sensoriamento remoto orbital e estruturas auxiliares, tais como sistemas de informação geográfica. Uma das maiores dificuldades encontradas pelos usuários de dados de SR reside, entretanto, na disponibilidade de método rápido e preciso para obter mapas de uso e cobertura da terra. O avanço tecnológico das últimas décadas favoreceu o desenvolvimento de vários satélites de monitoramento terrestre-ambiental, os quais possibilitam, em escala global, regional ou local, a coleta de dados (quantitativos e qualitativos) sobre o grau de degradação ao meio ambiente, incluindo o acompanhamento de biomas ameaçados de extinção, alterações climáticas, níveis de poluição da água e da atmosfera, dentre outras medições possíveis.

Nas últimas décadas, o sensoriamento remoto tornou-se uma importante fonte de informações para monitorar os recursos naturais da terra, devido à possibilidade de se adquirir dados sobre grandes extensões geográficas, e assim, os processos que ocorrem

nestas áreas podem ser mais bem compreendidos a partir destes monitoramentos. Dentro do contexto de monitoramento e mapeamento dos recursos naturais, mais especificamente o uso do solo em escala regional, Almeida et al.,(2016) por técnica de sensoriamento remoto, promoveu um mapeamento do uso da terra para a região da Amazônia Legal por meio de classificação do uso do solo onde listou doze classes de usos da terra, que também representou os principais tipos de uso da terra na região através da combinação de dados vetoriais de desmatamento do PRODES e imagens orbitais de satélite (Landsat-5 / TM, MODIS e SPOT-5).

O uso de dados de sensoriamento remoto é bastante eficiente para avaliar o grau e tipo de perda parcial da vegetação por meio de monitoramento, causando a degradação florestal em consequência dos incêndios florestais e extração seletiva da madeira (ASNER, 2005). Estudos recentes demonstram a necessidade do monitoramento da perda da vegetação na região da Amazônia. Tyukavina et al.,(2017) retrata a utilização de dados de sensoriamento remoto no desmatamento na Amazônia brasileira, onde consistiu na mensuração da perda de cobertura de árvores no período de 2000-2003 em todos os tipos de floresta da região e caracterizar os tipos de perturbação florestal. Os resultados obtidos forneceram estimativas imparciais da área de perda florestal, que confirmam a redução do desmatamento e permitem concluir que os sistemas de monitoramento florestal usando sensoriamento remoto são úteis para uma variedade de aplicações, incluindo o manejo florestal regional e a aplicação da lei, o planejamento de monitoramento no uso e cobertura do solo e a modelagem de ecossistemas e biodiversidade.

Dada a complexidade e dinâmica da região, a comunidade científica tem se concentrado, também, no desenvolvimento de aplicações de sensoriamento remoto no controle, fiscalização e conservação das florestas da Amazônia. Existem grandes investimentos governamentais voltados para o controle e prevenção do desmatamento. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) está atualmente desenvolvendo cinco sistemas complementares para o monitoramento florestal da ALB: 1) o Projeto de Monitoramento do Desmatamento da Amazônia (PRODES); 2) o Projeto de Detecção de Registro Seletivo (DETEX); 3) o Projeto de Degradação da Floresta Amazônica Brasileira (DEGRAD); 4) a detecção de desmatamento quase em tempo real (DETER) (DINIZ et al., 2015) ; e 5) o mapeamento do uso e cobertura da terra das Áreas Desmatadas da Amazônia (TerraClass) (ALMEIDA et al., 2016).

Na última década, as análises do PRODES indicaram uma redução no tamanho médio das áreas desflorestadas (Rosa et al.,2012). Essa redução é uma limitação

importante para o mapeamento do desmatamento baseado no MODIS, uma vez que não é possível detectar áreas menores que 25 ha e tem uma precisão baixa, detectando apenas áreas entre 25 e 100 ha (ESCADA et al., 2011), fazendo com que haja uma necessidade de adaptação na metodologia de monitoramento do desmatamento. Dentro deste contexto, Diniz et al., (2015) apresentou uma técnica de expandir a capacidade de análise de dados de resolução moderada e aumentar a capacidade de detecção do desmatamento nos estágios iniciais do processo de degradação, resultando em um novo sistema de detecção de desmatamento chamado DETER B, baseado em dados do sistema antigo DETER. Constatou-se que o chamado DETER-B tem maior capacidade de detecção do que seu antecessor, DETER, baseado no MODIS, sendo capaz de identificar uma gama mais ampla de intervenção florestal, aumentando a capacidade de detectar os diferentes estágios envolvidos na degradação e o processo de corte seletivo, destinado à elaboração de políticas públicas mais eficientes de combate e controle do desmatamento no Amazônia Legal Brasileira.

## **1.2 Problema da pesquisa**

De acordo com o art. 108 do Decreto 6.514/08, a penalidade de embargo é imposta com o objetivo de impedir a continuidade do dano ambiental, propiciar a regeneração do meio ambiente e dar viabilidade à recuperação da área degradada (BRASIL, 2008), quando ocorre em Áreas de Proteção Permanente (APP), matas nativas ou em Áreas de Reserva Legal (ARL). Além de uma penalidade, o embargo também é medida preventiva a ser aplicada pelo agente do órgão ambiental, com os mesmos objetivos. Em ambos os casos, penalidade ou prevenção, deve se restringir exclusivamente ao local onde foi verificada a prática do ilícito.

Na Amazônia Legal de 2008 até 2017 o Ibama embargou 6.975 áreas por ação do desmatamento ilegal. Segundo o código florestal (BRASIL, 2012), estas áreas devem sofrer um processo de regeneração, restringindo aos locais onde efetivamente ocorreu o desmatamento ilegal, para que não alcance as atividades de subsistência ou as demais atividades realizadas no imóvel, não relacionadas com a infração e, além de tudo, estas áreas precisam ser monitoradas para saber se estão respeitando os termos estabelecidos pela legislação brasileira.

Schmitt (2015) afirma que não foi identificado um procedimento sistematizado que permitisse monitorar se os embargados das áreas estão sendo cumpridos fielmente, tornando-se difícil saber de quanto das áreas embargadas estão de forma legal. A partir de imagens de sensoriamento remoto, é possível identificar a situação dos embargos, identificando se há alterações na cobertura do solo, seja com a regeneração ou com a implantação de culturas, como pasto e agricultura. Outra situação é entender os fatores que causam o (des)cumprimento dos embargos perante às medidas colocadas pelo decreto de implementar o restabelecimento da vegetação nativa nessas áreas embargadas. Além do embargo, promover a regeneração natural também é uma ação com o propósito de mitigar o desmatamento através de suas medidas coercitivas.

### **1.3 Questões científicas**

Com o apoio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento que são ferramentas fundamentais para auxiliar na detecção de áreas desmatadas, principalmente quando se trata de grandes proporções de terras, além disso, juntamente com técnicas de estatísticas, este trabalho tem o propósito de investigar as seguintes questões: Qual é a situação das áreas embargadas na Amazônia Legal no período de 2008 a 2017? Esta questão é colocada com o propósito de saber se as áreas embargadas se encontram em regeneração, como decreta a lei. Para as áreas que não obedecem a lei, quais são os principais usos da terra nestas áreas embargadas em toda a Amazônia Legal? Esta questão é colocada com o propósito de saber as atividades econômicas existentes nas áreas embargadas. Apesar das áreas serem embargadas, quais os fatores determinantes que dificultam o verdadeiro objetivo do embargo que é promover a regeneração natural? Quais as variáveis estão mais relacionadas aos (des)cumprimentos dos embargos?

### **1.4 Interdisciplinaridade**

A necessidade de tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento com o objetivo de oferecer suporte aos órgãos ambientais fiscalizadores para o monitoramento e o combate ao desmatamento na Amazônia são fundamentais, porém, estas ações se tornam ineficazes quando diversos fatores sociais, estruturais, políticos e principalmente econômicos, que implicam no desmatamento, proporcionam a devastação da floresta sem

causar intimidação ao infrator. Como resultado da diminuição das medidas coercitivas, é a perda de milhares de quilômetros quadrados de florestas desmatado de forma irregular por infratores, implicando na devastação dos recursos naturais e comprometendo o equilíbrio do planeta em seus diversos elementos, incluindo os ecossistemas. A compreensão das ações de combate o desmatamento e os fatores que implicam no desmatamento, passa pelo exercício do conhecimento de várias disciplinas e por se tratar de um fenômeno socioambiental, é necessário o uso de conceitos e modelos de análise de várias áreas do conhecimento, especialmente da economia, da política, ecologia e geoprocessamento que podem avaliar a interferência, direta e indireta, no meio ambiente e os impactos causados pela ação humana nessas áreas embargadas.

## **1.5 Objetivos**

### 1.5.1 Objetivo geral

Avaliar a situação dos embargos por desmatamento aplicados pelo IBAMA no período de 2008 a 2017 na ALB, levando em consideração a aplicabilidade de um modelo de regressão para analisar os fatores determinantes que causam o (des)cumprimento dos embargos na Amazônia Legal.

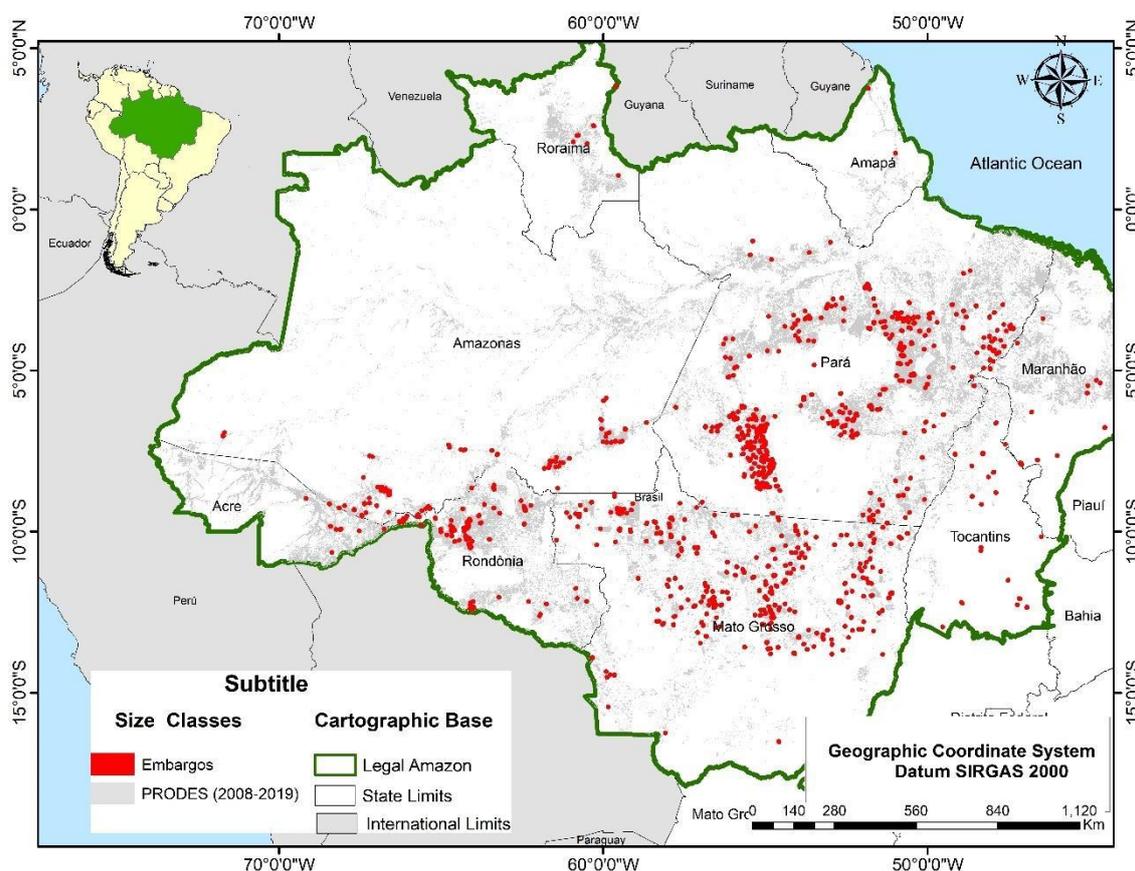
### 1.5.2 Objetivos específicos

- ✓ Avaliar a situação dos embargos na Amazônia legal no período de 2008 a 2017;
- ✓ Analisar os fatores determinantes causadores do (des)cumprimento dos embargos na Amazônia Legal.
- ✓ Discutir o efeito dos embargos na efetividade das políticas ambientais na Amazônia Legal.

## 1.6 Área de estudo

A abrangência espacial corresponde à ALB (Figura 1), compreendida pela totalidade dos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia e Roraima e, parte dos estados do Tocantins (a norte do paralelo 13°) e Maranhão (a oeste do meridiano de 44°), perfazendo uma superfície de aproximadamente 5,2 milhões de km<sup>2</sup>, equivalente a 61% do território brasileiro. Deste total, o projeto PRODES identifica como área com fisionomia florestal cerca de 4 milhões de km<sup>2</sup>, sendo que aproximadamente 20% deles já foram desmatados. (ALMEIDA et al., 2010; PRODES, 2019).

Figura 2- Área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

## 1.7 Estrutura da tese

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

São quatro capítulos, onde o **primeiro capítulo (1)** inicia abordando uma contextualização que ressalta um referencial teórico em temas sobre o desmatamento na Amazônia e as políticas de comando e controle por meio de implementação de embargos em áreas de desmatamento ilegal. A seção seguinte refere-se à questão científica da tese, onde mostra as principais questões levantadas que motivam investigar o tema.

No **Segundo Capítulo (2)** foi gerado o primeiro artigo, este é intitulado: *Marked non-compliance with deforestation embargoes in the Brazilian Amazon*. Aqui, busca-se investigar se as áreas embargadas estão em conformidade com a legislação ambiental brasileira. Vale ressaltar que o artigo foi submetido para a *Environmental Research Letters*, onde este apresenta a Qualis A1 para Ciências Ambientais.

No **Terceiro Artigo (3)** é apresentado o segundo artigo, que trata sobre a análise dos fatores determinantes causadores do (des)cumprimento dos embargos na Amazônia Legal. Este capítulo tem como objetivo analisar, por meio de variáveis, os impactos dos fatores determinantes que provocam o (des)cumprimento dos embargos em dois grupos selecionados, o primeiro são áreas embargadas que propiciaram a regeneração e o segundo grupo são aquelas áreas que não atenderam o decreto 6.514/2008 e continuaram com alguma atividade produtiva.

Ao final, uma breve discussão é apresentada sucintamente toda a pesquisa desenvolvida.

## **CAPITULO II MARKED NON-COMPLIANCE WITH DEFORESTATION EMBARGOES IN THE BRAZILIAN AMAZON.**

### **Abstract**

Advances in monitoring capacity and strengthened law enforcement have helped to reduce deforestation in the Brazilian Amazon the early 2000's. Embargoes imposed on the use of deforested land are important instruments for deterring deforestation and enabling forest recovery. However, the extent to which landowners respect embargoes in the Brazilian Amazon is unknown. In this study, we evaluated the current recovery status of embargoes due to deforestation imposed between 2008 and 2017 to conduct the first large-scale assessment of compliance with embargo regulations. We observed forest recovery in only 13.1% of embargoed polygons, while agriculture and pasture activities were maintained in 86.9% of embargoed polygons. Thus, landowners openly continue to disrespect environmental legislation in the majority of embargoed areas. We attribute the marked non-compliance observed to limited monitoring of embargoed areas, as environmental agents seldom return to verify the status of embargoed lands after they have been imposed. Recent advances in remote sensing provide low-cost ways to monitor compliance and should form the basis of concerted efforts to ensure that the law is observed and that those responsible for illegal deforestation do not benefit from it.

### **2.1 Introduction**

Until recently, Brazil had been considered a global example in terms of its environmental policies, being recognized for its dedicated programs to reduce deforestation, particularly in the Amazon forest (GIBBS et al., 2015, 2016, CARVALHO et al., 2019). Foremost among these was the Action Plan for the Prevention and Control of Deforestation in the Legal Amazon (PPCDAm). This Plan aimed to reduce deforestation rates in the Brazilian Amazon, through a set of integrated actions related to land planning, monitoring and control as well as fostering sustainable productive activities (IPEA; GIZ; CEPAL, 2011; ASSUNÇÃO et al., 2015). Its implementation led to a drop in deforestation from 27,800 km<sup>2</sup> in 2004 to 4,600 km<sup>2</sup> in 2012, due in part to enhanced command and control capability (ASSUNÇÃO et al., 2013, 2015). Since 2012, deforestation in the Brazilian Amazon has increased steadily, although it is still substantially lower than peak deforestation rates in the

early and mid-2000's. The rise in deforestation observed since then (INPE, 2021) indicates a loss of efficiency of the PPCDAM and may be due to the weakening of enforcement measures, which include fining and incarceration of perpetrators of environmental crimes (VALE et al., 2021). The resumption of growth in deforestation has emerged since 2013, and, still shyly but consistently, has been increasing every year. This suggests that the plan has not managed to maintain efficiency in its actions, which, although varied, are not always successfully concluded.

The Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources (IBAMA) is the main agency responsible for applying environmental legislation in Brazil. Upon confirmation of illegal deforestation, IBAMA can fine the landowner or embargo the deforested area (MORAES et al., 2018). The embargo is an administrative measure that aims to prevent the beginning or continuation of productive activity (for example, pasture/agriculture) on illegally cleared land. It aims to promote forest regrowth to recover the deforested or degraded area (BRASIL, 2008). If an embargo is disrespected, the infringer is fined again. Whoever acquires, handles, transports or commercializes goods produced in an embargoed area may also be fined and the goods confiscated (SCHMITT, 2015). Despite the legislation in place, the extent to which landowners comply with deforestation embargo restrictions across the Brazilian Amazon is unknown. The only study to date on this issue was conducted by Moraes et al. (MORAES et al., 2018) in four municipalities in the eastern part of Pará, from 2004 to 2016. Of the 144 embargoes considered in that study, 60% continued to be used for pasture, 10% for agriculture, and only 30% were found to be under natural regeneration. However, to truly understanding the effectiveness of embargo measures, scaled-up studies which consider the broader Brazilian Amazon are necessary.

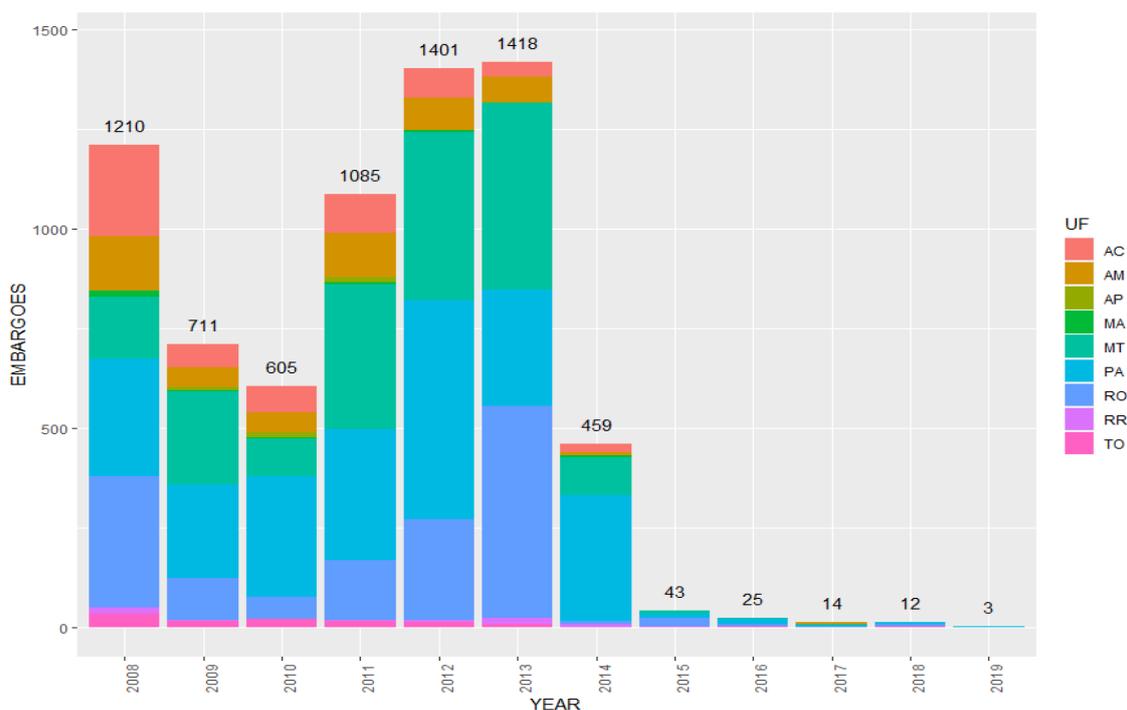
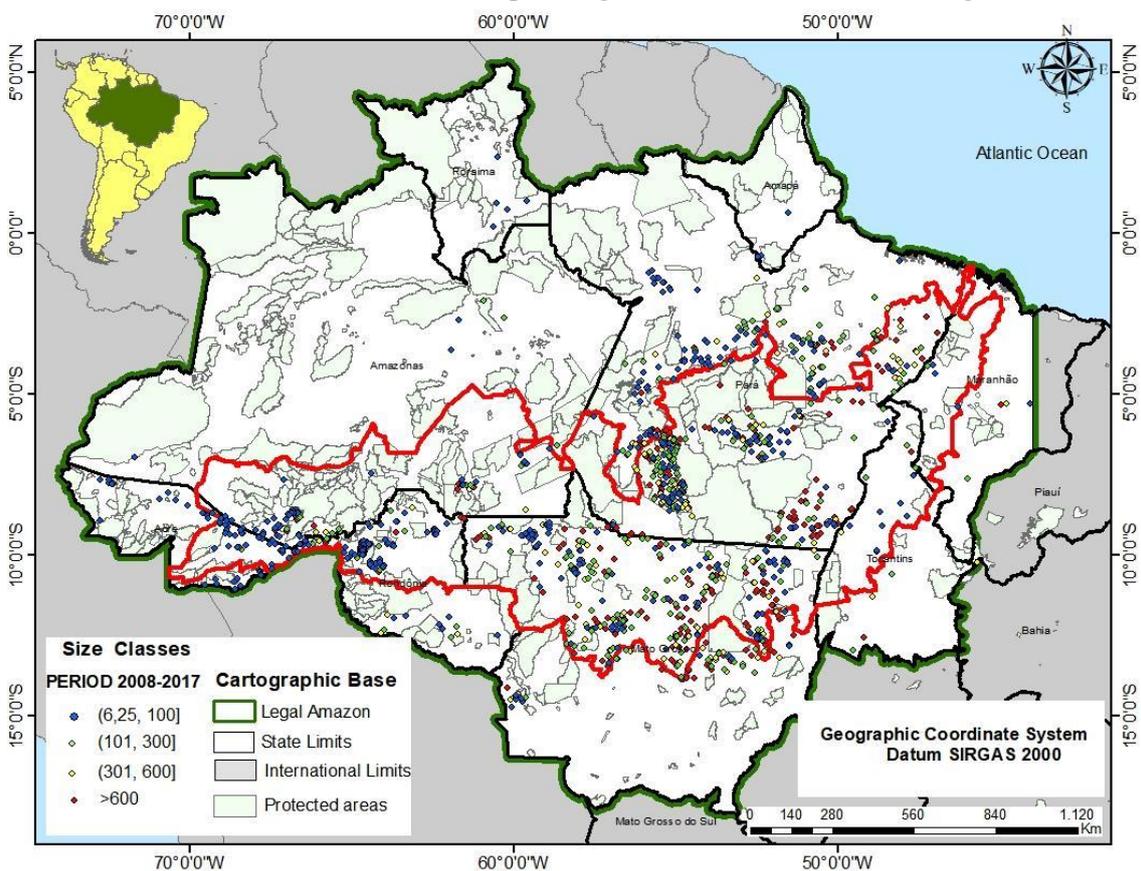
In this study, we consider 6972 embargoes imposed due to deforestation in the Brazilian Amazon between 2008 and 2017 which met the minimal area requirements for remote sensing analysis (6.25 ha, equivalent to the area threshold used to for national deforestation estimates – see SI Table 1). Of this total number, we sampled 1289 embargoes spanning four strata corresponding to different area thresholds (see Methods) and used available Landsat satellite imagery to discriminate the land cover of embargoed areas between 2017 and 2019 to evaluate compliance with embargo legislation across the Brazilian Amazon.

## 2.2 Results

The vast majority (73%) of deforestation embargoes applied during our study period were located in what is known as the Brazilian Arch of Deforestation (Figure 1), reflecting the distribution of deforestation in the Brazilian Amazon. This region extends from the state of Maranhão in the eastern Amazon along the southern rim of Amazon to the state of Acre in the Western Amazon. Although embargoes can be found distributed across all states in Brazilian Amazon (Figure 1a), the majority (>80%) are located in the states of Mato Grosso (2346 embargoes, 33.6% of all embargoes), Pará (1843 embargoes, 26.4% of all embargoes) and Rondônia (1467, 21.0% of all embargoes). Moreover, almost all large (>600 ha in area) embargoes have been applied in these three states, which have historically been responsible for most of the deforestation in the Brazilian Amazon (INPE 2021).

The number of deforestation-related embargoes applied annually has changed markedly over time. Following a decline in embargoes applied between 2008 and 2009, the number of deforestation-related embargoes increased steadily, reaching a peak in 2012 and 2013 (Figure 1b). Over 40% (2819/6972) of all embargoes considered in this study period were imposed in those two years. Since 2013, the number of deforestation embargoes applied fell markedly. In 2014, the number of embargoes applied corresponded to only a third of the number applied in the previous year. The last three years considered in this study were characterized by very low application of deforestation-related embargoes. In these years, only 82 embargoes were applied, representing only 1.2% of all embargoes imposed over the entire study period (2008-2017). The declines over time in number of embargoes applied occurred across all size classes considered – i.e. the declines were not linked to embargoes being applied preferentially to large land areas over time. This corroborates the Vales' et al (VALE et al 2021) results which demonstrated the weakening of environmental protection and it is noticed in the deforestation increases (INPE 2021).

Figure 3- Deforestation-related embargoes. a) Spatial distribution of deforestation-related embargoes imposed between 2008 and 2017 in the Brazilian Legal Amazon. The solid red outline denotes the boundaries of the arch of deforestation, which most of the embargoes were issued. B) Temporal distribution of deforestation-related embargoes imposed between 2008 and 2017 per state.

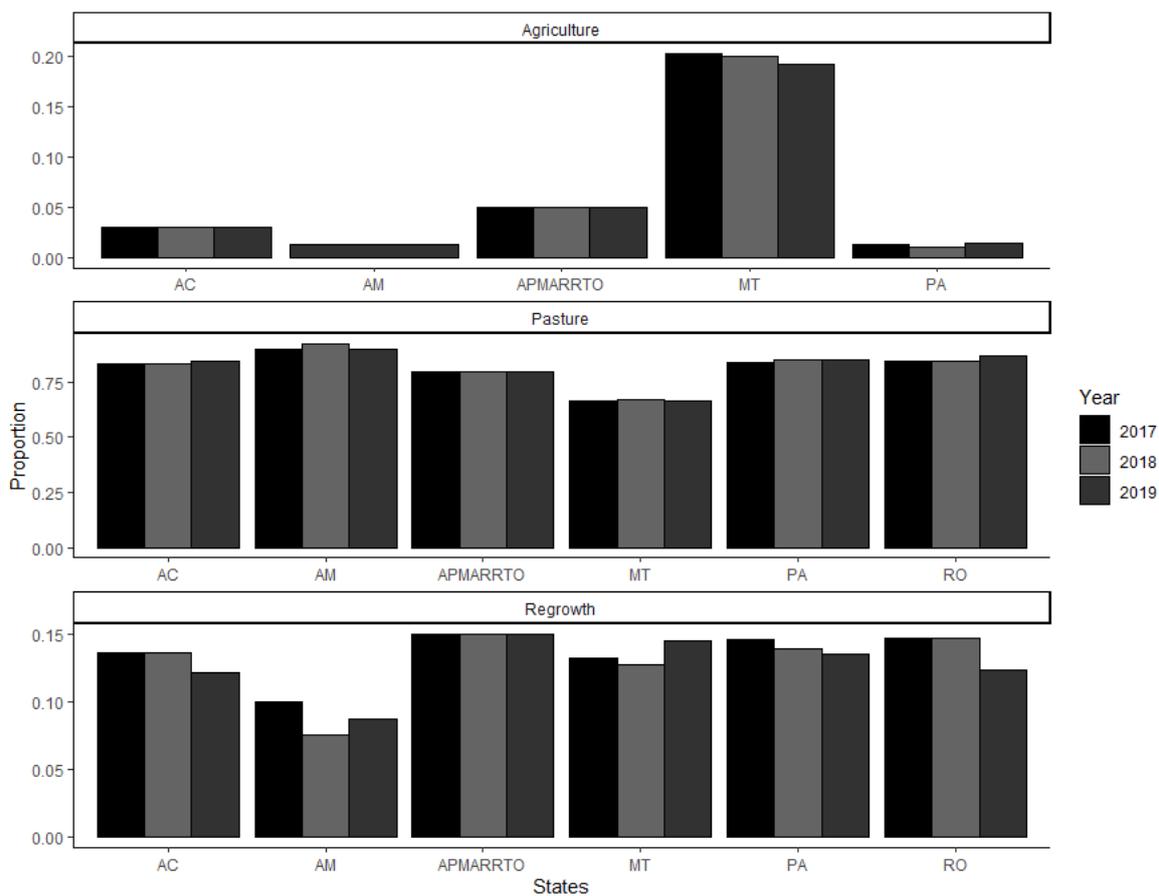
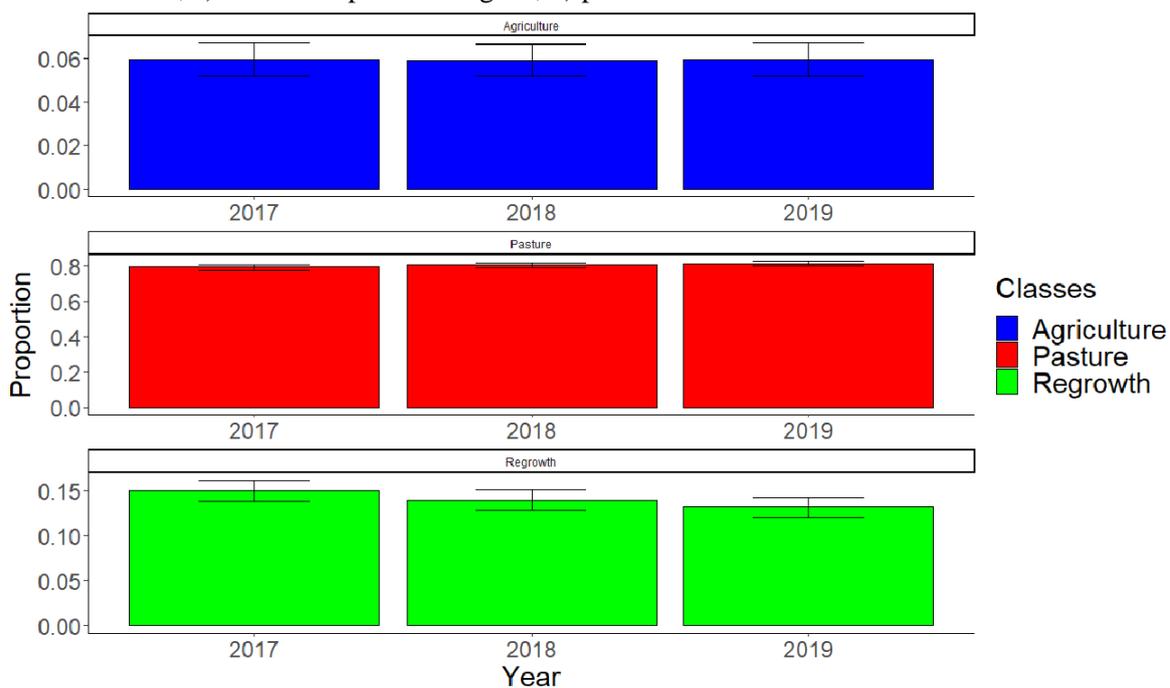


Source: (IBAMA, 2020; INPE, 2021; IBGE, 2021).

Embargoes are imposed to prevent or stop damage to the forest and allow forest recovery in deforested or degraded areas. However, we find that only 13.1% of the embargoes sampled comply with the legislation. In >85% of embargoed areas, non-forest land uses are observed well after the embargoes are imposed, with 80.9% of embargoes identified as pasture and a further 6.0% as agriculture between 2017 and 2019. Extensive cattle ranching is the major vector for deforestation in the Amazon (Almeida *et al* 2016) due to its low cost and low economic risk (RIVERO *et al* 2009) and our results suggest that the application of embargoes is of little effect in deterring illegal deforestation for pasture. Our results show that non-compliance with deforestation embargoes in the Brazilian Amazon is markedly worse than reported by Moraes *et al* for a small number of municipalities in the state of Pará (MORAES *et al* 2018). We found that this general pattern was consistent across sampled years – e.g.  $14.9\% \pm 1.1\%$  of embargoes sampled in 2017 were under forest regrowth compared to  $13.1\% \pm 1.1\%$  in 2019. Furthermore, we find little evidence of changes in the degree of compliance with deforestation-related embargoes over time. We compared sampled polygons embargoed before 2010 ( $n=418$ ) with those embargoed post-2010 ( $n=871$ ) and found that the proportion of polygons exhibiting forest recovery was very similar in both periods, 12.3% and 14.8% respectively, indicating that low compliance is a long-term historical problem.

The degree of compliance with environmental legislation did not vary markedly across Amazonian states indicating that non-compliance is a widespread and generalized problem. Across almost all Amazonian states, most (>75%) embargoed areas were found to be under pasture (Figure 2), reflecting its importance as a driver of deforestation across the Amazon. In Mato Grosso, a substantially greater proportion of embargoes (20%) were found to be under agriculture compared to other states (5%). This state is Brazil's largest soy producer and the higher number of embargoed lands found to be under agricultural use reflects this.

Figure 4- Proportion of embargoed areas classified as agriculture, pasture, and regrowth between 2017 and 2019; a) for all sampled embargoes; b) per state.



## 2.3 Discussion and conclusion

We conducted the first large-scale evaluation of deforestation-related embargoes in the Brazilian Amazon and found that: 1) the number of embargoes issued has declined markedly since 2013 and 2) the level of compliance with embargo legislation is very low (<13%). The first finding may reflect a change in IBAMA's mode of operation in response to reductions in funding and personnel, targeting major sources of pressure, such as businesses that exploit illegal timber instead of individual landowners. This may be due to an increasing strain on IBAMA's human resources. For example, the number of Environmental Inspection Agents (Agentes Ambientais Federais - AAFs), civil servants deployed in the field to evaluate the occurrence of environmental crimes, suffered a 43% reduction from 2010 to 2019, from 1,311 to 743 agents (BORGES 2020). There have also been changes in key management posts responsible for national law enforcement efforts (Schmitt 2015).

The second finding (low compliance with embargo law) is likely due to limited monitoring of compliance following application of embargoes. The large reduction in IBAMA field agents in recent years (55% decline over a 10 year period (BORGES 2020)) has made this task even more difficult. Even though landowners who choose not to comply with embargoes imposed upon them may face the prospect of further penalties, the low likelihood of further punishment means that the (b) embargoes are ultimately inefficient in deterring deforestation in the Brazilian Amazon.

In addition, remote sensing tools can assist in monitoring embargoed areas and can even be incorporated into near real-time monitoring systems such as DETER (DINIZ et al 2015), facilitating the work of IBAMA's agents in monitoring embargoes, setting up operations, and establishing appropriate penalties to those who do not respect the embargoes.

Although other forms of environmental legislation exist for determining deforestation, including prohibition of the commercialization of products arising from illegal deforestation (e.g. SEMAS decree IN 01/2008 (SEMAS-PA 2008)) and restricted access to credit to companies commercializing beef arising from deforested areas (e.g. TAC da Carne (GIBBS et al 2016)) or accordances such as the soy moratorium in which companies agree not to buy the product from deforested areas (RUDORFF et al 2011, GIBBS et al 2015), embargoes constitute an important mechanism for curbing deforestation. While the legal framework is in place (Federal Decree 6.514 / 2008 (Brasil 2008), improvements in the

efficiency of the implementation of embargoes are needed. Better implementation would afford Brazil a greater chance of meeting its deforestation and climate change mitigation targets, including its pledge to end illegal deforestation by 2030 (BRAZIL 2016).

## 2.4 Methods

### 2.4.1 Selection of embargoes for analysis

Initially, we applied a filter to select only embargoes with an area over 6.25 ha and issued between 2008 and 2017. The size was chosen to guarantee a good photointerpretation of land use and land cover. Thus, points or polygons with less than 6.25 ha were removed from this analysis. The period was selected because Decree No. 6,514, published in 2008, July 23th (BRAZIL, 2008), replaced Decree No. 3,179 (BRAZIL, 1999). It innovated with new types of offenses, fines, and trial procedures. It increases the severity of administrative sanctions related to deforestation in the Amazon. Consequently, the filter makes it possible to compare embargoes, as they are all associated with the same legislation. After that, we applied other filters restricting the infraction types only to deforestation or forest degradation (Table 1).

Table 1- Environmental infractions related to illegal deforestation in the Amazon used in the research.

(continua)

<b>Summary infringement</b>	<b>Article</b>	<b>Description</b>	<b>Fine value</b>
Deforestation in Permanent preservation area (APP)	43	Destroy or damage forests or natural vegetation or use them in violation of the protection rules in an area considered to be of permanent preservation, without government authorization, when required, or in disagreement with that obtained.	R\$ 5,000.00 to R\$ 50,000.00 per hectare or fraction.
Deforestation in an authorized area	49	Destroy or damage forests or any type of natural vegetation, object of special preservation, not subject to authorization for exploration or suppression.	R\$ 6,000.00 per hectare or fraction.
Deforestation without authorization	50	Destroy or damage forests or any type of natural vegetation or planted native species, object of special preservation, without authorization or license from the competent environmental authority.	R\$ 5,000.00 per hectare or fraction.

(conclusão)

Summary infringement	Article	Description	Fine value
Deforestation in legal reserve área (RL)	51	Destroy, deforest, damage or explore forest or any type of natural vegetation or planted native species, in a legal reserve or forest easement area, in the public or private domain, without prior authorization from the competent environmental agency or in disagreement with the one granted.	R\$ 5,000.00 per hectare or fraction
Deforestation without authorization outside RL	52	Clearing, clear cutting, forests or other natural formations, outside the legal reserve, without authorization from the competent authority.	R\$ 1,000.00 per hectare or fraction
Explore forest in legal reserve área (RL).	53, and Sole paragraph	Explore or damage the forest or any type of natural vegetation or planted native species, located outside the registered legal reserve area, in the public or private domain, without prior approval from the competent environmental agency or in disagreement with the one granted. The same penalties apply to those who fail to comply with mandatory forest replacement.	R\$ 3,000.00 per hectare or fraction, or per unit, stereo, kilo, mdc or cubic meter

Source: Brasil (2008).

Based on the histogram, the 6,989 embargoes were divided into four area classes (6.25, 100 ha]; (100, 300ha]; (300, 600ha]; >600ha. For each stratum, we respectively selected the following proportions, 10%, 30%, 50%, and 90% randomly. It was not possible to analyze all polygons in the fourth stratum due to topological and mispositioning problems in the IBAMA's embargoes data (Table 2).

Table 2- Embargoes stratification with the total number of polygons (N), sampled polygons (n), total embargoed area, and total sampled area, both in hectares (ha).

Strata	N	n	Total area (ha)	Sampled Area (ha)
(6.25, 100]	5,392	543	175,035.8	16,548.3
(100, 300]	924	270	159,385.3	53,200.7
(300, 600]	339	170	142,189.7	71,179.7
>600ha	310	306	456,032.5	431,097.7
Total	6,975	1,289	932,643.3	572,026.1

#### 2.4.2 Land use and land cover of embargoed polygons

After sampling filtered embargo polygons, we calculate the centroid for each polygon. Then, each embargo centroid was individually photo interpreted using the Landsat satellite image time-series and high spatial resolution images available on the Google Earth platform as reference data. The integration of high-resolution and Landsat data provided valuable information and allowed the direct assessment of changes in land cover in each sample

To simplify the application of Landsat archival data, we employ the Landsat Analysis Ready Data (ARD) produced by the automated image processing system Global Land Analysis and Discovery (GLAD). The essence of the GLAD ARD approach is to convert individual Landsat images into a time series of 16-day normalized surface reflection composites with minimal atmospheric contamination. The Landsat data processing algorithms have been described by Hansen et al. (2008) and by Potapov et al. (2012; 2019; 2020).

We extracted Landsat ARD time series information using two complementary methods. First, we extract and visualize the dynamics of the surface reflectance for a selected sample (which corresponds to a single pixel of Landsat data). For that, we use all the reflectance values of the surface in 16 days of the year 2008 to present for each sample. Using the ARD data quality layer, all observations with clouds or cloud shadows were removed. From the remaining observations in a clear sky, we extracted the reflectance value from the normalized surface of the medium infrared band and calculated two indices: Vegetation index with normalized difference (NDVI) and Water index with normalized difference (NDWI).

In relation to the NDVI, Novo (1989) states that as the amount of green vegetation increases, the reflection in the near infrared band increases and the reflection in the red band decreases, causing the increase in the ratio to be enhanced, thus enhancing the vegetation. Thus, Jensen (1996) describes the equation for calculating the NDVI (Equation 1). According to Ji et al., (2009), the design of a water spectral index was based on the fact that water absorbs energy at near infrared (NIR) and short infrared (SWIR) wavelengths. NDWI is obtained through the green (V) and medium infrared (IV p) bands of the Landsat 5 satellite (Equation 2).

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad eq. 1$$

$$NDWI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)} \quad eq. 2$$

Band reflectance: NIR - near infrared, R - red, SWIR - medium infrared.

The second method of data extraction is to create a time series of multispectral composites that exhibit soil cover properties for each year, from 2008 to 2017. In addition to a sample, each composite includes information about the landscape (within the 1.2 x 1.2 km window) to facilitate image interpretation. For each year, the rainy season was defined from October of the year prior to March of the current year and the dry season from April to September of the current year. These compositions were made by obtaining the best pixel, according to the methodology described by Potapov et al. (2012; 2019).

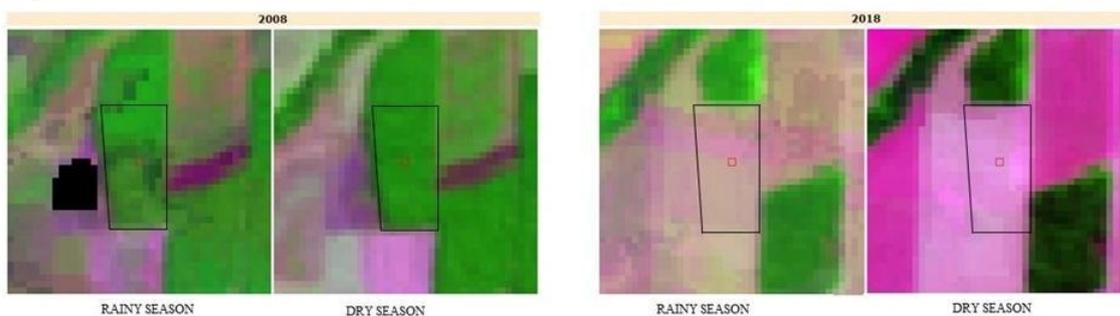
The visual interpretation of the polygons using the time profiles of the Normalized Difference Vegetation Indexes (NDVI) was performed based on prior knowledge of the time patterns of the main targets studied in the deforested polygons, which are pasture, agriculture and regeneration. It is worth mentioning that the NDVI value ranges from -1 to +1 (LIU, 2006). Negative values represent clouds and around zero they represent bare soil or without vegetation. The NDVI value greater than zero represents the vegetation.

The three classes analyzed in this study were interpreted taking into account satellite images and the behavior of NDVI in the time series of the graph. It is worth mentioning that some studies in this sense were consulted to take as a theoretical basis such as (GALFORD et al., 2008), (FREITAS et al., 2011), (ARVOR et al., 2011) and (ADAMI et al., 2012) that present some examples of the temporal profile of the indexes of MODIS products to characterize land-use changes, such as pasture and agriculture.

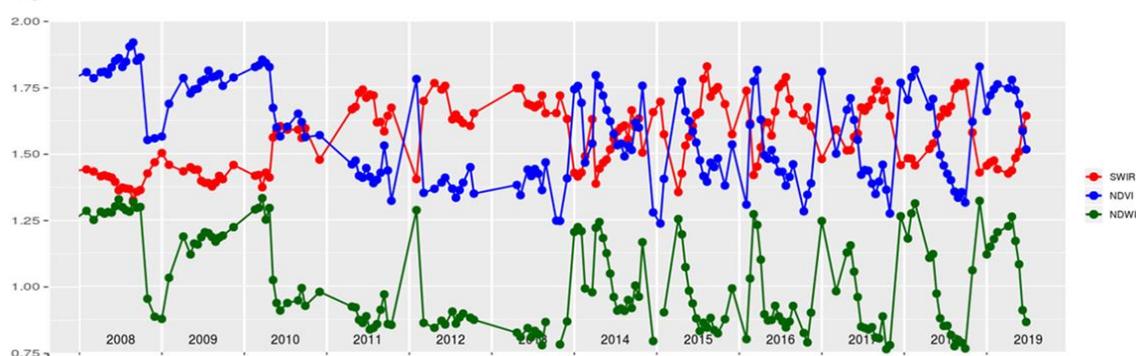
For example, figure 6, is an embargoed polygon analyzed in the state of Mato Grosso. The satellite image shows an area that had forest in 2008 (left) and on the right shows the embargoed polygon with the vegetation completely removed for application in agriculture. Figure 5b shows the historical series of the sample, there is a decrease in the NDVI values from 2008, indicating a significant loss of biomass due to the deforestation process, showing an agricultural preparation behavior in 2019.

Figure 5- a) Landsat-5 image, year 2008 (left), Landsat-8 image, year 2018, in black polygon from the embargo area in the Legal Amazon. b) Time series of the center of a selected polygon that was deforested in 2008, after deforestation the area was converted to agriculture.

a)



b)



## References

ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. B. F. T.; FREITAS, R. M.; AGUIAR, D. A. D. A.; SUGAWARA, L. M. L. M.; MELLO, M. P. M. P. Remote sensing time series to evaluate direct land use change of recent expanded sugarcane crop in Brazil. *Sustainability*, v. 4, p. 574–85, 2012. Online: <http://www.mdpi.com/2071-1050/4/4/574>.

ALMEIDA, C. A.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C. G.; DESSAY, N.; DURIEX, L.; GOMES, A. R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data *Acta Amazonica*, v.46, p. 291–302, 2016.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. DETERring deforestation in the Brazilian Amazon: environmental monitoring and law enforcement climate policy initiative CPI report. 2013. Online: [www.climatepolicyinitiative.org](http://www.climatepolicyinitiative.org). Acesso em: 23/07/2021.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies? *Environment and Development Economics*, v.20, p. 697–722, 2012. Disponível em: <http://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2012/03/Deforestation-Prices-or-Policies-Working-Paper.pdf>. Acesso em: 15/08/2021

BORGES, A. Ibama perde 55% dos fiscais em 10 anos - Sustentabilidade. **Estadão O Estado de São Paulo.**, 2020. Online: <https://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,ibama-perde-55-dos-fiscais-em-10-anos,70003397998>.

BRASIL. **Decreto No 6.514**, de 22 de Julho de 2008. Brasília, DF, 2008. Online: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=6514&ano=2008&ato=a87cXRE50dVpWTdfb>

BRAZIL. Federative Republic of Brazil Intended Nationally Determined Contribution Towards Achieving the Objective of the **intended Nationally Determined Contribution (iNDC)**, 2016. Online: <https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE-CEPAL. Avaliação do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal - PPCDAm 2007 - 2011. [S.l.: IPEA; GIZ; 2011. Online: [http://www.cepal.org/dmaah/publicaciones/sinsigla/xml/7/45887/IPEA\\_GIZ\\_Cepal\\_2011\\_Avaliacao\\_PPCDAm\\_2007-2011\\_web.pdf](http://www.cepal.org/dmaah/publicaciones/sinsigla/xml/7/45887/IPEA_GIZ_Cepal_2011_Avaliacao_PPCDAm_2007-2011_web.pdf). Acesso em: 05/09/2021.

CARVALHO, W. D.; MUSTIN K.; HILÁRIO, R. R.; VASCONCELOS, I. M.; EILERS, V.; and FEARNSTIDE, P. M Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, p. 122–30, 2019.

DINIZ, C. G.; SOUZA, A. D. A.; SANTOS, D. C.; DIAS, M. C.; LUZ, N. C. D.; MORAES, D. R. V. D.; MAIA, J. S. A.; GOMES, A. R.; NARVAES, I. S.; VALERIANO, D. M.; MAURANO, L.E. P.; AND ADAMI, M. DETER-B: The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v.8, p. 3619–28, 2015.

GIBBS, H. K.; MUNGER J.; L'ROE, J.; BARRETO, P.; PEREIRA, R.; CHRISTIE, M.; AMARAL, T.; AND WALKER, N. F.; Did Ranchers and Slaughterhouses Respond to Zero-Deforestation Agreements in the Brazilian Amazon? *Conservation Letters* **9**, 2016.

GIBBS, H. K.; RAUSCH, L.; MUNGER, J.; SCHELLY, I.; MORTON, D. C.; NOOJIPADY, P; SOARES-FILHO, B.; BARRETO, P.; MICOL, L.; AND WALKER, N F Brazil's Soy Moratorium **Science**, v.347, p. 377–8, 2015. Online: <http://www.sciencemag.org/content/347/6220/377.short>

HANSEN, M. C.; ROY, D. P.; LINDQUIST, E.; ADUSEI, B.; JUSTICE, C. O.; AND ALTSTATT, A.; A method for integrating MODIS and Landsat data for systematic monitoring of forest cover and change in the Congo **Basin Remote Sensing of Environment**, v.112, p. 2495–513, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. Downloads | IBGE Online: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. 2021. Acesso em: 03/08/2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS-IBAMA. Consulta de Autuações Ambientais e Embargos 2020 Consulta de Autuações Ambientais e Embargos Online: <https://servicos.ibama.gov.br/ctf/publico/areasembargadas/ConsultaPublicaAreasEmbargadas.php>. Acesso em: 03/08/2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE 2021 **Deforestation TerraBrasilis** Online: [http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal\\_amazon/rates](http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates). Acesso em: 03/08/2021.

MORAES, D. R. V.; FERREIRA NETO, L. C. de; COSTA, M. do. S. S.; LIMA, A. M. M.; VIEIRA, I. C. G. de; LISBOA FILHO, J.; ADAMI, M. Monitoramento de áreas embargadas por desmatamento ilegal. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.70, 2018. Online: <http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44566>. DOI: 10.14393/rbcv70n5-44566.

POTAPOV, A. M.; KLARNER, B.; SANDMANN, D.; WIDYASTUTI, R.; AND SCHEU, S. Linking size spectrum, energy flux and trophic multifunctionality in soil food webs of tropical land-use systems **Journal of Animal Ecology**, v. 88, p. 1845–59, 2019. Online: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2656.13027>.

POTAPOV, P.; HANSEN, M. C.; KOMMAREDDY, I.; KOMMAREDDY, A, TURUBANOVA, S.; PICKENS, A.; ADUSEI, B.; TYUKAVINA, A.; YING, Q. Landsat analysis ready data for global land cover and land cover change mapping. **Remote Sensing**, v. 12, e426, 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12030426>.

POTAPOV, P. V.; TURUBANOVA, S. A; HANSEN, M. C.; ADUSEI, B.; BROICH, M.; ALTSTATT, A.; MANE, L.; JUSTICE, C. O.; Quantifying forest cover loss in Democratic Republic of the Congo, 2000–2010, with Landsat ETM + data **Remote Sensing of Environment**, 122, p. 106–16, 2012. Online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425712000430>

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia **Nova Economia**, v.19, p. 41–66, 2009. Online: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-63512009000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-63512009000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)

RUDORFF, B. F. T. B. F. T.; ADAMI, M.; AGUIAR, D. A. D. A.; MOREIRA, M. A. M. A.; MELLO, M. P. M. P.; FABIANI, L.; AMARAL, D. F. D. F.; and PIRES, B. M. B. M. The soy moratorium in the Amazon biome monitored by remote sensing images **Remote Sensing**, v. 3, p. 185–202, 2011. Online: <http://www.mdpi.com/2072-4292/3/1/185/pdf>.

SCHMITT, J. **Crime sem castigo**: a efetividade da fiscalização ambiental para o controle do desmatamento ilegal na Amazônia. Brasília,DF, 2015.

SECRETÁRIA DO ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE DO ESTADO DO PARÁ. 2008 **Instrução Normativa No: 1/2008**. Belém. Online: <https://www.semas.pa.gov.br/2008/03/10/10925/>. Acesso em: 03/05/2020.

SPERA, S. A. S. A.; COHN, A. S. A. S.; VANWEY, L. K. L. K.; MUSTARD, J. F. J. F.; RUDORFF, B. F. B. F.; RISSO, J. AND ADAMI, M. Recent cropping frequency, expansion, and abandonment in Mato Grosso, Brazil had selective land characteristics **Environmental Research Letters** **9** 64010, 2014. Online: <http://stacks.iop.org/1748-9326/9/i=6/a=064010>

VALE, M. M.; BERENQUER, E.; ARGOLLO, DE MENEZES, M.; VIVEIROS, DE CASTRO, E. B.; PUGLIESE DE SIQUEIRA, L.; AND PORTELA DE C, Q.; The COVID-19 pandemic as an opportunity to weaken environmental protection in Brazil **Biological Conservation** **255** 108994, 2021. Online: <https://linkinghub>.

## **CAPITULO 3 ANÁLISES DOS FATORES DETERMINANTES CAUSADORES DO (DES)CUMPRIMENTO DOS EMBARGOS NA AMAZÔNIA LEGAL.**

### **Resumo**

Por vários anos, as causas do desmatamento da Amazônia brasileira puderam ser atribuídas às políticas de integração da região à economia nacional brasileira e a sua defesa contra intervenções internacionais. Nos anos recentes, vários fatores começaram a serem atribuídos como os principais responsáveis pelo desmatamento na Amazônia. Como resposta às crescentes taxas de desmatamento, foi desenvolvido um conjunto de ações integradas como forma de conter o ilícito ambiental. Neste contexto, insere-se o embargo como uma sanção e quando bem definidas e aplicadas as normas de controle, podem surtir efeito sobre o desmatamento. Porém, não basta somente implementar autuações que resultam em áreas embargadas, é necessário monitorar se as áreas autuadas estão sendo regeneradas e além do mais, analisar quais os principais fatores que provocam o (des)cumprimento dos embargos. Analisou-se 1.288 polígonos de embargos distribuídos em 181 municípios, nos 9 estados da Amazônia Legal, entre 2008 a 2017 para investigar os fatores que causam o (des)cumprimento da legislação. Foram selecionadas 22 variáveis Explicativas para avaliar suas relações com a variável (des)cumprimento dos embargos, para isso, foi utilizado a análise de Regressão Linear Generalizado (GLM). As variáveis que apresentaram maiores relações com o (des)cumprimento foram: *Embargos por municípios, Municípios prioritários, Tamanhos dos imóveis, Elevação no ponto do embargo e Presença de Cadastro Ambiental Rural – CAR*. Este estudo revelou que ainda falta muito para conseguir a eficácia da legislação, já que apenas 15% do total dos polígonos de áreas embargadas observadas estão cumprindo com o decreto e 24% das áreas então em estágio de regeneração além do mais, reforçou a necessidade da implementação de políticas públicas que possibilitem um maior alcance dos seus resultados e na formulação de ações que desenvolvam sistemas integrados para acompanhar estas áreas, bem como se estão sendo cumpridas o que decretam as leis ambientais.

### **3.1 Introdução**

O fato de o desmatamento constituir-se, na atualidade, em um dos maiores problemas ambientais do Brasil, tem despertado o interesse de inúmeros pesquisadores interessados em aprofundar o conhecimento sobre suas causas. Por vários anos, as causas do desmatamento da Amazônia brasileira puderam ser atribuídas às políticas de integração da região à economia nacional brasileira e a sua defesa contra intervenções internacionais (KAIMOWITZ; ANGELSEN, 1998; ARRAES et al., 2012; MARTINS, 2009.; CARVALHO et al., 2020).

Nos anos recentes, vários fatores começaram a mudar os principais responsáveis pelo desmatamento na Amazônia, dentre eles podemos citar a conversão de floresta em pastagens para a criação de gado, o corte e a queima da floresta para cultivos anuais pela agricultura familiar, e a implantação de cultivos de grãos pela agroindústria (PRADO; RIBEIRO, 2011; CARVALHO; MATEI, 2019). O principal determinante do desmatamento na Amazônia é a pecuária (MARGULIS, 2003; ARIMA et al, 2005; ARRAES et al, 2012; MENDONÇA et al, 2012, ALMEIDA et al., 2016). Além da pecuária, o cultivo de grãos foi apontado como atividade que estabelece uma pressão significativa em áreas de floresta, estimulando novos desmatamentos. O principal deles é a soja, impulsionada pela posição cada vez mais vantajosa da agroindústria brasileira no mercado de exportações e pelos investimentos em infraestrutura, especialmente a pavimentação de estradas (NEPSTAD et al., 2002; ALENCAR et al., 2004., MARTINS, 2009).

No caso da soja, a influência sobre o desmatamento é predominantemente indireta. Sua expansão tem acontecido fundamentalmente em pastagens já formadas, onde o custo de implantação da atividade é menor. No entanto, ao ocupar as pastagens existentes, a soja acaba pressionando a expansão da pecuária para outras áreas de florestas (Alencar et al., 2004). Vários estudos investigaram o papel da soja no desmatamento no Brasil, bem como a eficácia das políticas de proteção floresta (GIBBS et al., 2015; SOTERRONI et al., 2019; SONG et al., 2021). Gibbs et al. (2015) analisaram dados de imagem de satélite antes e depois da Moratória da Soja na Amazônia e demonstraram que ela foi eficaz na redução do desmatamento. De acordo com Song et al. (2021) revelaram a extensão e a expansão da soja nas últimas duas décadas na América do Sul e concluiu que a soja não tem influenciado diretamente no desmatamento e Soterroni et al (2019). aplicou um modelo de uso da terra e avaliou o potencial efeito de redução da extensão do desmatamento em relação a política da moratória da soja aplicado ao bioma Cerrado.

Fatores estruturais também são apontados como determinantes do desmatamento, como o desenvolvimento econômico e os ciclos macroeconômicos, o crescimento demográfico e os eventos climáticos (COMBES MOTEL; PIRARD; COMBES, 2008). Outros fatores listados na literatura são a expansão da infraestrutura, a estrutura agrária e o aumento da população (GEIST; LAMBIN, 2002; SOUZA, MIZIARA; MARCO JUNIOR, 2013; ÂNGELO; SÁ, 2007; LAURANCE et al., 2002). Contudo, a presença de estradas é apontada, em diversos trabalhos, como determinante do desmatamento ou por facilitar o acesso da população a áreas anteriormente remotas ou por diminuir o custo de transporte da produção, aumentando a margem do ganho financeiro (ÂNGELO; SÁ, 2007; FEARNSSIDE,

2008; GEIST; LAMBIN, 2002; LAURANCE et al., 2002; MARGULIS, 2004; PFAFF et al., 2007; WEINHOLD; REIS, 2008).

Sendo assim, existe muita especulação das possíveis causas que expliquem as variações nas taxas do desmatamento (KRUG, 2001; AMARAL et al., 2021). Trabalhos baseados em análises espaciais e econométricas afirmam que o desmatamento é o resultado de diferentes fatores: preços das *commodities* agropecuárias (KAIMOWITZ, et al., 2004; BARRETO; PEREIRA; ARIMA, 2008); fatores econômicos (KRUG, 2001; HARGRAVE; KIS-KATOS, 2013); falta de infraestrutura regional (FEARSLIDE, 2001; NEPSTAD et al., 2002; BROWN et al. 2016); indisponibilidade de crédito e dinâmica populacional (MARGULIS, 2003; PATES, 2008); implementação de políticas públicas de âmbito municipal (TONI; KAIMOWITZ, 2003; ARIMA et al. 2014).

Dentro desse contexto, insere-se o embargo como uma sanção aplicada pela Administração, através do órgão ambiental, que para Moutinho (2009), quando bem definidas e aplicadas as normas de controle, podem surtir efeito sobre o desmatamento. O autor ainda complementa, o embargo do licenciamento de novos desmatamentos em municípios amazônicos com altas taxas de desmatamentos parece ter contribuído para a redução da derrubada da floresta. Por outro lado, os embargos têm por objetivo propiciar a regeneração do meio ambiente e dar viabilidade à recuperação da área degradada, quando ocorre em áreas de proteção permanente (APP), matas nativas ou em áreas de reserva legal. Além de uma penalidade, o embargo também é medida preventiva a ser aplicada pelo agente do órgão ambiental, com os mesmos fins. Em ambos os casos, penalidade ou prevenção, deve se restringir exclusivamente ao local onde foi verificada a prática do ilícito.

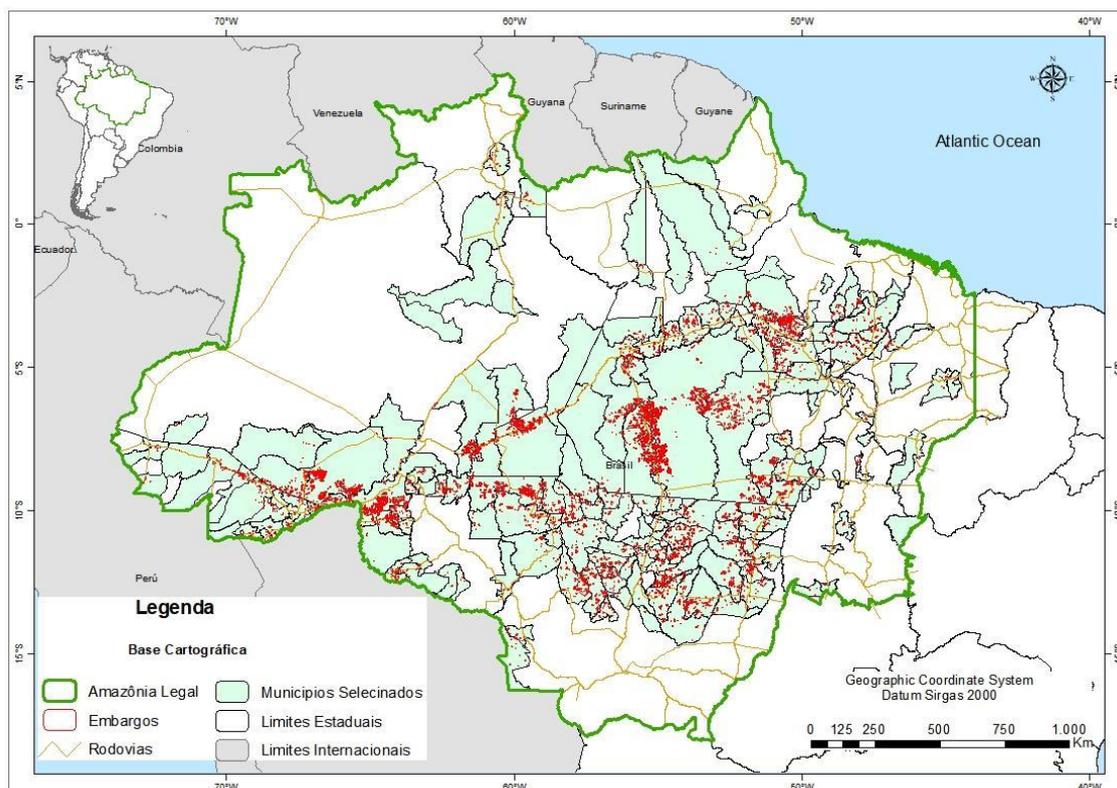
Não basta somente implementar autuações que resultam em áreas embargadas, é necessário monitorar se as áreas autuadas estão sendo regeneradas ou se mesmo embargadas essas áreas continuam exercendo algum tipo de atividade produtiva. Diante disto, este estudo tem como objetivo analisar quais os principais fatores que provocam o (des)cumprimento dos embargos em dois grupos selecionados, o primeiro são áreas embargadas, que propiciaram a regeneração e o segundo grupo são aquelas áreas que não atenderam o decreto 6.514/2008 e continuaram com alguma atividade produtiva.

## **3.2 Material e métodos**

### **3.2.1 Área de estudo**

Neste estudo foram analisadas 1.288 áreas embargadas, distribuídas em 181 municípios que fazem parte da Amazônia Legal (Figura 7). Estes municípios estão inseridos dentro dos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia e Roraima e, parte dos estados do Tocantins (a norte do paralelo 13°) e Maranhão (a oeste do meridiano de 44°).

Figura 6- Área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 3.2.2 Material

As análises estatísticas realizaram-se utilizando os softwares RStudio (versão 8.16) ((R CORE TEAM 2018), com os pacotes factomine R e factoextra (versão 3.6.2) (BIVAND et al., 2011), ArcGis (versão 10.8). A obtenção da base de dados abrangeu várias fontes, como o Projeto de Monitoramento da Floresta Amazônica por Satélite (PRODES), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para o desmatamento, Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), BBC- Banco central do Brasil, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (Ibama).

### 3.2.3 Metodologia

A área de abrangência deste estudo são os municípios da Amazônia legal, no qual as áreas embargadas selecionadas estão inseridas. A análise das determinantes que implicam

nos seus (des)cumprimentos são as áreas embargadas que sofreram autuação pelo IBAMA no período de 2008 a 2017.

### *3.2.3.1 Seleção das Variáveis*

Selecionou-se 22 variáveis INDEPENDENTES para avaliar suas relações com a variável DEPENDENTE que é o (des)cumprimento dos embargos. Estas Variáveis foram divididas em dois grupos: A e B. O Grupo A é referente às áreas que foram embargadas e estão respeitando o embargo, ou seja, encontram-se em estágio de regeneração florestal no ano de 2017. O Grupo B são as áreas que foram embargadas e não estão respeitando o embargo, isto é, foi identificado algum tipo de atividade produtiva como o pasto ou agricultura em suas áreas, descumprindo a legislação ambiental. É importante informar que as variáveis independentes neste estudo foram todas agrupadas por municípios devido a dificuldade de manter os dados dessas variáveis em unidade de análise a nível de embargos e grande parte dos dados encontrada na literatura ser encontrada por municípios. Desta forma, quando identificado que os dados da variáveis eram extraídos na área embargadas, retirava-se a média desses dados de áreas embargadas localizado no mesmo município para poder obter esses dados numa mesma unidade de análise que é o município..

### *3.2.3.2 Variável dependente*

A variável dependente foi construída a partir do entendimento de investigar porque os infratores preferem permanecer na irregularidade, mantendo algum tipo de sistema produtivo na área que sofreu autuação pelo órgão ambiental fiscalizador, ao invés de propiciar a regeneração e promover a adequação ambiental do imóvel. A variável dependente são as áreas embargadas por desmatamento ilegal no período entre 2008 a 2017, na Amazônia Legal, que podem ter descumprido o Decreto 6.514/2008 ou em processo de regeneração. Diante disso, esta variável é denominada de (des)cumprimento dos embargos. Em relação à seleção das áreas de embargos, foram aplicados dois filtros, o primeiro para embargo com área acima de 6,25 ha e data do embargo superior ao ano de 2008 e o segundo apenas aqueles que apresentam infrações por destruir, desmatar e explorar florestas ou qualquer tipo de vegetação nativa, que são infrações de importância para o estudo.

### 3.2.3.3 Variáveis explicativas

As variáveis independentes selecionadas (Quadro 1) se justificam pela relação positiva ou negativa que guardam com o processo dos embargos e dos seus descumprimentos. Desse modo, os dados selecionados foram coletados no período de 2017 a 2019. No Quadro 1 são descritas 22 variáveis empregadas neste trabalho, que é dividido em três temas (Agroambiental, Institucional e Econômico), bem como a descrição, fonte dos dados utilizados para compor cada uma delas e também a relação esperada que estas variáveis independentes mantem com relação a variável dependente, ou seja, quando ela for positiva ela tem uma relação direta com a variável resposta que refere-se algum tipo de atividade na área de embargo e quando ela for negativa existe uma relação direta com a variável preditora, onde indica uma tendência de regeneração. Vale ressaltar que procurou-se inserir um número significativo de variáveis para a pesquisa, porém devido à falta de disponibilidade e consistência de dados para algumas variáveis com relação ao lapso de tempo da análise, algumas foram ignoradas. As Variáveis foram escolhidas com base em revisão de literatura, trabalhos de relevância em temas similares e dados oficiais de instituições federais.

Quadro 1- Resumo dos dados das variáveis independentes.

	<b>Variáveis</b>	<b>Descrição da operação</b>	<b>Relação esperada com a variável dependente</b>	<b>Fontes</b>
A g r o a m b i e n t	Embargos por municípios	Número referente a quantidade total de embargos por município analisado nesta pesquisa:	Positivo	IBAMA - 2017
	Estabelecimento Agrícola	Número de Estabelecimento agropecuário é toda unidade de produção/exploração dedicada, total ou parcialmente, à atividades agropecuárias, florestais e aquícolas.	Positivo	IBGE – 2018 (CENSO AGROPECUARIO).
	Área média (ha)	Quociente entre a área total e a quantidade de estabelecimentos agropecuários localizados no município.	Positivo	IBGE – 2018 (CENSO AGROPECUARIO).
	Atividade-Lavoura Permanente (%)	Percentual de estabelecimentos pertencentes ao Grupo de Atividade Econômica Produção de lavouras permanentes, em relação ao total de	Positivo	IBGE – 2018 (CENSO AGROPECUARIO).

a l		estabelecimentos agropecuários do município.		
	Atividade-Lavoura Temporária (%)	Percentual de estabelecimentos pertencentes ao Grupo de Atividade Econômica Produção de lavouras temporárias, em relação ao total de estabelecimentos agropecuários do município.	Positivo	IBGE – 2018 (CENSO AGROPECUARIO).
	Uso Pasto	Percentual de área classificada como pastagem (natural + plantada) no tema Utilização das Terras, em relação à área total dos estabelecimentos agropecuários do município.	Positivo	IBGE – 2018 (CENSO AGROPECUARIO).
	Uso Lavoura	Percentual de estabelecimentos pertencentes ao Grupo de Atividade Econômica Produção de lavouras temporárias, em relação ao total de estabelecimentos agropecuários do município.	Positivo	IBGE – 2018 (CENSO AGROPECUARIO).
	Atividade Pecuária	Percentual de estabelecimentos pertencentes ao Grupo de Atividade Econômica Pecuária, em relação ao total de estabelecimentos agropecuários do município.	Positivo	IBGE – 2018 (CENSO AGROPECUARIO).
	Carga de Bovinos (n/ha):	Quantidade de bovinos (n) por área de pastagem (ha), por município.	Positivo	IBGE – 2018 (CENSO AGROPECUARIO).
	Elevação	Média da elevação do terreno onde se encontra localizada a área de Embargos.	Negativo	TOPODAT A-Banco de dados geomórfico do Brasil-2018
I n s t i t u c i o n	Assistência Técnica (%)	Percentual de estabelecimentos agropecuários com declaração de assistência técnica, em relação ao total de estabelecimentos agropecuários no município.	Negativo	IBGE – 2018 (CENSO AGROPECUARIO).
	Desmatamento 2017	Desmatamento acumulado até 2017	Positivo	INPE-2017
	Comparação de embargos com polígonos PRODES	Polígonos próximos que foram identificados pelo Prodes e que podem ter sofrido embargos ou não.	Positivo	INPE-(2017)

a l	Municípios prioritários	Eficiência da política de combate ao desmatamento implementado nestes municípios	Negativo	MMA - (2017)
	Multas	São Multas relacionadas à Flora, Fauna, entre outros. A função disponibiliza toda IA (significado) elaborada com ou sem julgamento.	Negativo	IBAMA
	Desvio Padrão dos imóveis	Desvio Padrão dos tamanhos dos imóveis.	Positivo	Serviço Florestal Brasileiro- (2018)
	Tamanho médio dos imóveis	Média dos tamanhos dos imóveis que apresentaram embargos.	Positivo	Serviço Florestal Brasileiro- (2018)
	Presença de CAR	Presença ou ausência de Cadastro Ambiental Rural nos imóveis que apresentaram embargos.	Negativo	Serviço Florestal Brasileiro (SFB)
E c o n ô m i c o	Produto Interno Bruto Agropecuário	Valor adicionado bruto a preços correntes da agropecuária (Mil Reais).	Positivo	IBGE – 2018 (CENSO AGROPECUARIO).
	Custo agropecuários no porto de exportação	Distância mínima entre a área de embargo e os pontos de exportação, multiplicado pelo preço médio de revenda do diesel	Positivo	Amaral et al. (2021)
	PIB-Municipal	Produto Interno Bruto a preços correntes (Mil Reais)	Positivo	IBGE - (2018)
	Crédito rural	Crédito por município destinado à financiamento de atividades agropecuárias.	Positivo	Banco Central

Fonte: Autor.

### 3.2.3.4 Modelo de Regressão Linear

Para abordar a contribuição das variáveis independentes relacionadas ao (des)cumprimento dos embargos federais, foi realizada uma análise de Regressão Linear Generalizado (GLM), que nada mais é, portanto, do que um modelo matemático que estima a relação que se dá entre duas variáveis (X e Y) e a variância que existe em torno dos valores

observados destas variáveis. Foi utilizado o modelo logit para identificar as variáveis que influenciavam a probabilidade de os infratores cumprirem ou não os embargos.

Então, as variáveis foram selecionadas utilizando o método de seleção stepwise, a qual adiciona e remove variáveis preditoras dentro do modelo, até que seja encontrada a combinação de variáveis que apresente o melhor desempenho (ou seja, um modelo com o menor erro de predição possível). Além disso, foi utilizado o Critério de Informação de Akaike (AIC) para determinarmos, na seleção stepwise, qual o melhor modelo, visto que esse critério de seleção ranqueia os modelos e vai excluindo os que apresentam os maiores valores de AIC. No fim, o melhor modelo apresenta o menor valor desse critério (BURNHAM; ANDERSON, 2002). Como forma de contornar a multicolinearidade, utilizou-se o fator de inflação de variância (VIF), que quantifica a medida na qual a variância de um coeficiente de regressão é inflada pela multicolinearidade existente. Valores baixos de VIF significam ausência de multicolinearidade, sendo 10 o valor limite de VIF (NETER et al., 1996). Dessa forma, calculamos o valor de VIF e excluímos do modelo os preditores com valores acima de 5.

Para avaliar a importância de cada variável preditora do melhor modelo, aplicou-se a função *varImp* do pacote *caret* (KUHN, 2021). No caso do pacote *varImp*, ao avaliarmos uma regressão, trata-se da relação entre cada preditor e o resultado feito, usando os valores de *t* absoluto e de  $R^2$  para obtermos uma medida relativa da importância de cada preditor (KUHN, 2012).

Posteriormente, extraiu-se deste modelo, a análise de variância (ANOVA) (Tabela 1) embutida no GLM selecionado para determinarmos qual o grau de significância da interação de cada variável preditora, sendo significativo  $p < 0.05$ . Esta análise permitiu interpretar as tendências que cada variável preditora segue, ou seja, se a variável apresentar o Estimate positivo, ela tem uma tendência diretamente proporcional a variável resposta que também é positiva e, neste caso, a variável resposta configura os embargos que apresentam algum tipo de atividade, seja ela Soja ou pastagem e estão descumprindo o decreto 6.514/2008. Quando o Estimate for negativo, existe uma relação inversa da variável preditora com a variável resposta, com isso, interpreta-se que a área de embargo apresenta uma tendência de regeneração.

### 3.3 Resultados e discussão

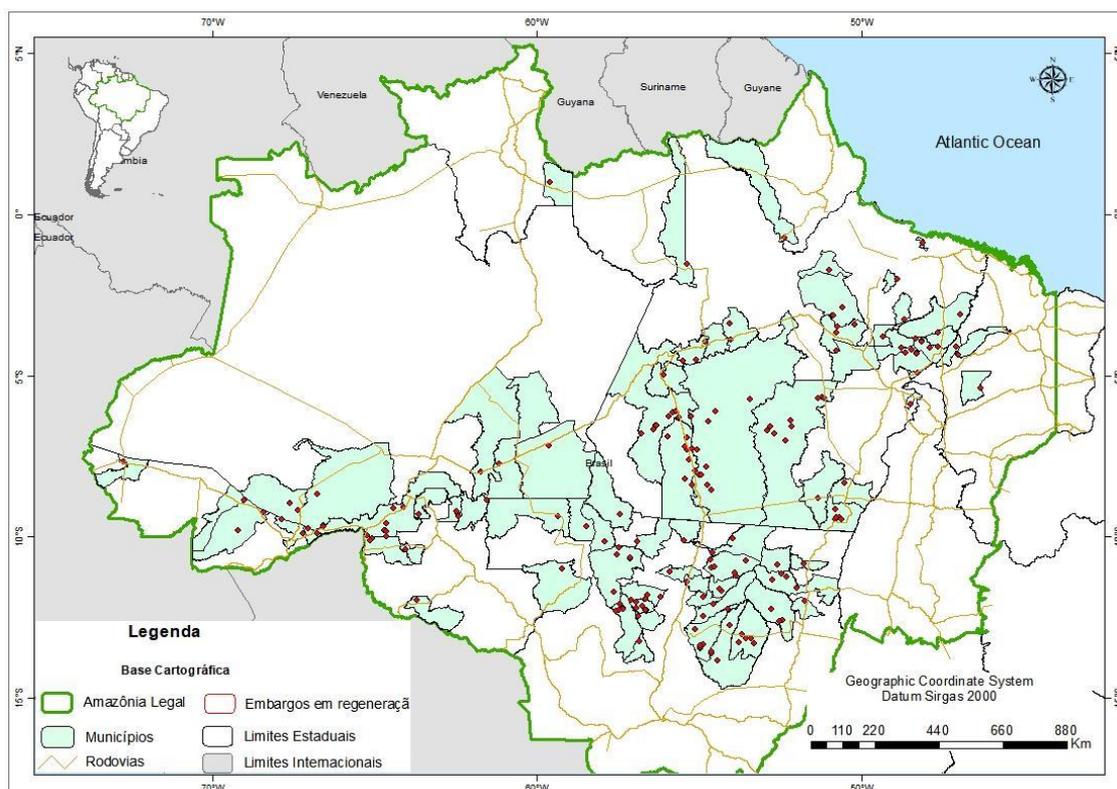
Analisou-se 1.288 polígonos de embargos distribuídos em 181 municípios, nos 9 estados da Amazônia Legal, entre 2008 a 2017. Nota-se que a área computada desmatada foi de 5.599,73 km<sup>2</sup> e teria que ser regenerada, porém a área destinada à regeneração foi quase três vezes menor que as áreas identificadas com algum tipo atividade econômica. Apenas 13% dos embargos sofreram processo de regeneração e apenas um quinto da área desmatada atendeu o decreto federal (Quadro 2).

Quadro 2- Distribuições dos embargos, municípios e por grupos no período de 2008 a 2017.

Grupos	Grupo 1	Grupo 2	Total
	Regeneração	Pasto +Agricultura	
Número de embargos	173	1120	1289
Municípios	76	171	181
Área (km <sup>2</sup> )	1.087,86	4.511,97	5.599,73

O Pará foi o estado que mais apresentou números de áreas embargadas em regeneração, já que dos 173 embargos, 42 % estão localizados neste estado e 10 polígonos destas áreas encontram-se no município de Altamira. Em segundo lugar aparece o Mato Grosso, com 33%, sendo o município de Itanhagá que mais teve área destinada à regeneração, com 6 embargos que cumprem o decreto 6.514/2008.

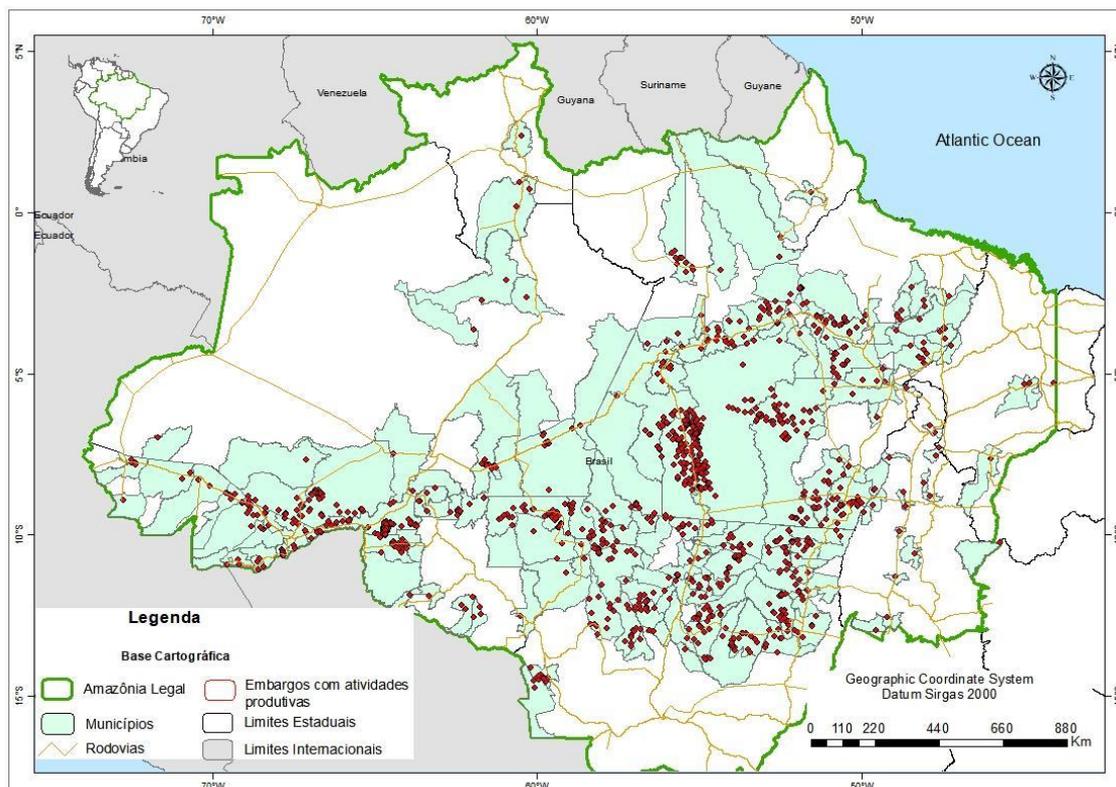
Figura 7- Distribuição espacial dos embargos que estão em processo de regeneração e municípios de 2008 a 2017 na Amazônia Legal.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O estado do Pará também foi o que mais descumpriu o decreto, pois 483 áreas dos 1.120 embargos estão localizadas neste estado e um quarto (1/4) encontra-se no município de Altamira/PA. Mais uma vez o estado do Mato Grosso foi o segundo que mais apresentou número de embargos que descumpriu a lei, sendo que Querência foi o município deste estado com maior número de áreas com algum tipo de atividade. Em relação à dispersão destes embargos, identificou-se que todos os nove estados pertencentes à Amazônia Legal tiveram áreas que descumpriram a legislação brasileira (figura 8).

Figura 8- Distribuição espacial dos embargos que apresentam atividades produtivas e municípios de 2008 a 2017 na Amazônia Legal.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Pela Seleção stepwise foram geradas 18 equações de regressões, buscando as melhores combinações de variáveis para alcançar o melhor modelo. Vale observar que, das 22 variáveis selecionadas para o estudo, apenas cinco se tornaram significativas por este método e para este modelo. Diante disto, o melhor modelo selecionado pela seleção stepwise está apresentado na equação 3.

$$(Des)Cumprimento = Emb_{mun} + Municipio_p + Tam_{imo_{Desv}} + Elevaçã + P_{car} \quad eq. 3$$

Em que,

- (Des)cumprimento: é a possibilidade do embargo está sendo cumprido ou não de acordo com o Decreto 6.514/2008.
- $Emb_{mun}$  = Número de embargos total por municípios.
- $Municipio_p$  = Municípios que fazem parte da lista do Ministério do Meio Ambiente de combate ao desmatamento
- $Tam_{imo_{Desv}}$  = Desvio padrão dos tamanhos dos imóvel que estão inserindo os embargos.

- *Elevaçã* = A elevação em relação ao nível do mar em cada embargo
- $P_{car}$  = Presença de Cadastro Ambiental Rural para cada embargo.

A regressão logit utilizada neste estudo é uma técnica estatística que tem como objetivo produzir, a partir de um conjunto de observações, um modelo que permita a predição de valores tomados por uma variável categórica, frequentemente binária, a partir de uma série de variáveis explicativas contínuas e/ou binárias.

Os resultados dessa regressão apresentada pela equação 1 encontram-se no quadro 3. As variáveis resultantes da análise são: *Embargos por municípios*, *Municípios prioritários*, *Tamanhos dos imóveis*, *Elevação no ponto do embargo* e *Presença de Cadastro Ambiental Rural – CAR*. Estas variáveis foram que apresentaram relação com o (des)cumprimento dos embargos. O *Coefficiente* da tabela permite apontar uma relação direta ou inversa das variáveis com o (des)cumprimento dos embargos. Quando o sinal for negativo, existe uma probabilidade grande da área de embargo está em processo de regeneração, obedecendo desta forma o Decreto 6.514/2008, pelo outro lado, quando o *Estimate* for positivo, a variável tem forte relação com a presença das atividades (Soja ou Pecuária) em áreas embargadas.

Quadro 3- Comportamento para cada variável, em relação à probabilidade de cumprir ou descumprir o Decreto 6.514/2008.

Variáveis	Coefficiente	Desvio	t value	Pr(> z )
emb_mun	-3.069e-02	1.195e-02	-2.568	0.01022 *
municipio_p1	-1.115e+00	3.813e-01	-2.925	0.00345 **
Tam_imo_DESV	1.348e-05	1.191e-05	1.132	0.25756
Elevação	-3.087e-01	7.480e-02	-4.126	3.69e-05 ***
P_car1	1.174e+00	3.929e-01	2.989	0.00280 **

As variáveis, *Embargos por municípios*, *Municípios Prioritários* e a *Elevação* foram as que apresentaram uma relação inversa com os (des)cumprimentos dos embargos. Isto quer dizer que o aumento destas variáveis faz subir a probabilidade dos proprietários optarem por deixar regenerar as áreas embargadas. O aumento no número de *Embargos por municípios* pode indicar a adoção de uma estratégia de fiscalização que causa sanções econômicas imediatas para os infratores, através da vedação da comercialização de produtos

derivados da área onde ocorreu o dano ambiental (Rajão *et al.* 2021). Além disso, é uma medida que visa impedir temporariamente o início, a continuação de uma atividade ou obra que represente efetivamente ou potencialmente risco de danos à saúde humana e ao meio ambiente (MILARÉ, 2009). Desta forma, é notável perceber que quanto mais ações que gerem embargos forem realizadas, mais estas ações terão forças de coerção para intimidar os infratores a não praticar o desmatamento e promover a regeneração das áreas já desmatadas de acordo com a normativa 6.514/2008. Vale ressaltar que, para se aplicar o embargo por desmatamento ilegal, é necessário que a área tenha sofrido corte raso, daí logo existe uma relação direta do embargo com o desmatamento ilegal.

A variável *Município Prioritário* também apresentou relação inversa ao (des)cumprimento do embargo, desta forma, entende-se que, quanto maior o valor ou mais intensa for a política de Município Prioritário estabelecida, maior a probabilidade de as áreas embargadas cumprirem com o decreto. Instituída pelo Decreto Nº 6.321, de 21 de dezembro de 2007, determinou a edição periódica, pelo Ministério do Meio Ambiente, de portaria com a lista de municípios identificados como principais responsáveis pelo desmatamento na região e, conseqüentemente, deveriam ser priorizados em políticas relacionadas à redução do desmatamento. Para Bizzo (2017), a política de priorização configura uma iniciativa onde há, explicitamente, a tentativa do Governo Federal em sinalizar, para os governos municipais, que estes devem se engajar nas políticas de redução do desmatamento da Amazônia.

Ao entrar na lista, o município se tornaria alvo mais frequente de fiscalização do Governo Federal, sofreria restrições econômicas e teria seu nome “sujo”, tendo um impacto negativo sobre sua reputação. Arima *et al.* (2014), analisam o impacto da política dos municípios prioritários de 2009 a 2011 e verificam que esta foi efetiva na redução do desmatamento. Entretanto, o estudo não apresenta as causas para a redução do desmatamento. Assunção e Rocha (2014) avaliam que a política também foi efetiva nos municípios, tendo evitado, nos anos de 2008 a 2011, cerca de 11,4 mil km<sup>2</sup> de desmatamento, equivalente à metade da área de Sergipe. Estes autores verificaram que as principais causas da redução foram o aumento da fiscalização e a melhoria da aplicação da lei (fiscalização mais frequente e concentração de esforços do IBAMA, o aumento do rigor nos requerimentos de licenciamento e um maior esforço para identificar fraudes em documentos e ocupações territoriais).

O *Tamanho do Imóvel*, tomando como variável, apresentou uma relação positiva com o descumprimento do embargo, ou seja, o proprietário prioriza a manutenção de

atividade produtiva na área ao invés de incentivar a regeneração em áreas com maiores dimensões. Um motivo que pode ter relação do tamanho do imóvel com o descumprimento dos embargos é a reduzida margem de lucro que é provocado pelos sistemas modernos de produção agropecuária, levando os proprietários, para compensá-los, aumentar a escala total do lucro, o que é conseguido produzindo-se numa área maior (SANTOS, 2011), desta forma, muitas das vezes, incorporando áreas embargadas para maximizar a produção e o lucro. Uma outra situação que pode ser explicado é devido a capacidade limitada do governo de monitorar e fazer cumprir as leis ambientais para quem possui mais poder aquisitivo, os infratores capitalizados detentores de grandes imóveis rurais percebendo essa deficiência na aplicabilidade da legislação, continuam percebendo o aumento substancial da sensação de impunidade e um conseqüente incentivo ao desmatamento ilegal e a desconformidade ambiental para as áreas já desmatada.

Quando se trata de atividades agropecuária e silviculturais, os fatores ambientais são os principais elementos considerados, sendo a classe de solo, o relevo e o clima. Estes fatores são preponderantes para estabelecerem as aptidões de cada unidade da paisagem (BOLDRINI, 2006). Para este estudo, a *Elevação* apresentou uma relação direta com o cumprimento do embargo, podendo-se concluir que, nas áreas mais acidentadas, perde-se o interesse de mantê-la produtiva, devido ao transtorno provocado pelo relevo, podendo resultar no abandono destas áreas embargadas após a infração provocada pelo desmatamento. Por outro lado, as áreas que apresentam relevos mais planos são mais almejadas para praticar alguma atividade produtiva. O estudo de Braga et al. (1999), por exemplo, concluiu que as áreas de maior potencial produtivo na região do Médio Rio Doce foram as que apresentaram baixa declividade (FRANCELINO et al., 2012). No entanto, os relevos mais planos e a proximidade com os grandes centros econômicos tornaram a região sul do estado mais atrativa à consolidação da fronteira agrícola. (MIZIARA, 2006; OLIVEIRA, 2020).

O CAR – Trata-se de um registro público eletrônico, de natureza declaratória e obrigatória a ser aplicado a todas as propriedades rurais do país. Sua função é gerar informações ambientais sobre os imóveis rurais, de modo a possibilitar o “controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento” em todo território nacional (Art. 29, Lei 12.651/2012; Decreto 7.830/2012). Neste contexto, foi utilizada a variável *Presença de CAR*, com o objetivo de investigar, através do instrumento do CAR, se a presença deste cadastro causou algum efeito nos imóveis que tiveram embargos por desmatamento ilegal, ou seja, se este instrumento foi responsável por provocar nos

infratores a regeneração da área desmatada ou a permanência de atividades produtivas. Neste estudo, a variável apresentou-se positiva, apontando uma relação direta das áreas com presença de CAR com desrespeito, em relação ao Decreto 6.514/2008, isto é, quanto maior for o índice da presença de CAR, mais os infratores permanecerão com alguma atividade produtiva dentro da área embargada.

A justificativa esperada para a inclinação desta variável no que diz ao desrespeito aos embargos é devido a grande quantidade de imóveis inscrito no CAR que ainda não estão com suas análises concluídas para que possa aderir ao Programa de Regularização Ambiental - PRA, sendo que a inscrição do imóvel rural no CAR é condição obrigatória para a adesão ao PRA. Na prática, essa Regularização Ambiental tem como objetivo promover a adequação ambiental dos imóveis rurais, referente às áreas de reserva legal, preservação permanente e uso restrito. Para isso, são estabelecidos procedimentos como: recomposição, regeneração e compensação de passivos ambientais que neste caso, é a recomposição das áreas embargadas. Assim, depois de efetivada a inscrição no CAR, a regularização ambiental é formalizada pelo Termo de Compromisso Ambiental (TCA) entre o proprietário ou posseiro e o órgão ambiental responsável pelo cadastro. Deste modo, entende-se que não basta apenas o imóvel está inserido no CAR, mas o mesmo tem que passar pelos procedimentos todos de regularização para alcançar a adequação ambiental das áreas de passivos existente no imóvel.

Algumas pesquisas apontaram uma relação direta do imóvel inserido no CAR com o desmatamento, como a realizada por Azevedo et al. (2014), que em sua avaliação dos efeitos do CAR sobre o desmatamento, verificaram que, embora a maior parte do desmatamento ocorrido entre 2008 e 2011 tenha sido fora das áreas cadastradas, houve desmatamento em 19,4% das propriedades inscritas no CAR no Pará e 9,2% no Mato Grosso. A pesquisa revela ainda que o CAR, isoladamente, não tem sido eficaz para controlar os desmatamentos durante os anos da análise em todas as classes fundiárias. Ele gerou redução mais significativa em propriedades com até 4 módulos rurais nos primeiros anos de sua implantação, em ambos estados. Para propriedades entre 4 e 15 módulos, o CAR teve um efeito positivo na redução no estado do Pará. Para propriedades maiores que 15 módulos, esta diferença não é clara, sendo que o efeito positivo nas pequenas propriedades foi reduzido no último ano da análise nos dois Estados.

### 3.4 Conclusão

O processo de política de comando e controle da Amazônia tem sido frequentemente debatido nacional e internacionalmente devido a sua relevância ambiental, socioeconômica e política. O embargo ambiental, regulamentado pelo Decreto nº 6.514/2008, que faz parte das medidas de comando para impedir a continuidade de atividades em áreas que foram autuadas com a finalidade de propiciar a regeneração, deve ser monitorado para que haja o cumprimento total da lei ambiental.

Este estudo revelou que ainda falta muito para conseguir a eficácia da legislação, já que apenas 13,1% do total dos polígonos de áreas embargadas observadas estão cumprindo com o decreto e 86,9% das áreas então com alguma atividade produtivas. Com este resultado, denota-se a possível observação que a quantidade de informações geradas pelos sistemas de monitoramento disponíveis oferecem um conjunto de dados que vão muito além da capacidade de atuação em outras ações, para poder realizar, de fato, o cumprimento das leis pelos órgãos de fiscalização ambiental. Um fator que poderia complementar para alcançar com sucesso as ações do Decreto, que busca a regeneração de áreas que foram embargadas, seria um sistema de monitoramento em floresta secundária que abordasse o monitoramento em áreas embargadas.

O estado do Pará e do Mato Grosso foram os detentores dos maiores números de polígonos de embargos, tanto no grupo que descumpriu quanto no que cumpriu a normativa federal. É importante salientar que o resultado em relação ao primeiro grupo é esperado, devido a estes dois estados permanecerem no topo do desmatamento dentre os estados da Amazônia Legal e isto gerou uma intensificação de ações por parte das políticas de comando e controle, o que resultou em várias áreas autuadas e embargadas, porém eles também aparecem como os estados que mais promovem a regeneração. Este resultado pode estar atrelado aos diversos acordos entre o poder público, poder privados e organizações não governamentais, como por exemplo, o acordo em que os frigoríficos de grande porte se comprometeram a não adquirir gado bovino proveniente de propriedades que possuam áreas embargadas no seu interior, fazendo com que as áreas, antes ocupadas por gados, estivessem sendo abandonadas, propiciando a regeneração.

Além do mais, este trabalho investigou os fatores determinantes que causam o descumprimento dos embargos por meio de uma Regressão Linear Generalizado (GLM), através de método de seleção stepwise; e as variáveis que tiveram relação direta com o (des)cumprimento dos embargos foram Tamanho do Imóvel e Presença de CAR, em relação ao Tamanho do Imóvel, a Propriedades de maior tamanho têm maior possibilidade de descumprir os embargos e isto pode ser respondido pelo fato de produtores, com maior área, têm maior necessidade de otimizar o espaço para a produção das atividades, fazendo com que estas áreas produtivas alcancem áreas embargadas.

As variáveis Embargos Municipais, Municípios Prioritários e Elevação tiveram relação direta com cumprimento dos embargos, as duas primeiras foram resultados de instrumentos de natureza política de comando, que teve uma forte relação na redução do desmatamento na Amazônia e, com isso, provocou ou pode ter provocado o abandono das áreas embargadas, enquanto a variável elevação, reflete na prioridade por terreno plano para implementar a agropecuária frente às terrenos com declive acentuado, que pode ser abandonado devido a vários fatores que dificultam o manejo das atividades produtivas.

## Referências

- ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.C.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DEL, C.V.; DIAZ, M.; SOARES-FILHO, B. **Desmatamento na Amazônia**: indo além da emergência crônica. Manaus: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM),2004. 89P.
- ALMEIDA, C. A.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C. G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A. R. Highspatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data, **Acta Amazonica**, v.46, n.3, p. 291–302,2016. doi:10.1590/1809-4392201505504.
- AMARAL, D.F.; FERREIRA FILHO, J.B.S.de; CHAGAS, A.L.S.; ADAMI, M. Expansion of soybean farming into deforested areas in the amazon biome in mato grosso, pará and rondônia states: the role of public policies and the soy moratorium. **Angewandte Chemie International Edition**, v.6, n.11, p. 951–952, 2021.
- ÂNGELO, H.; SÁ, S. P. P.de. O desflorestamento na amazônia brasileira. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 3, p. 217–227, 2007.
- ARRAES, R. D. A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Rev. Econ. e Sociol. Rural**, v.50, p. 119 –140. 2012.

ARIMA, E.; BARRETO, P.; BRITO, M. **Pecuária na Amazônia: tendências e implicações para a conservação ambiental**. Belém: Instituto do Homem e meio Ambiente da Amazônia, 2005.

ARIMA, E. Y.; BARRETO, P.; ARAUJO, E.; SOARES-FILHO, B. Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil. **Land use Policy** v.41, p.465–473, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.06.026>.

ASSUNÇÃO, J.; ROCHA, R. **Municípios prioritários: reputação ou fiscalização?** Getting Greener by Going Black: the priority municipalities in Brazil. [S.l.]: Climate Policy Initiative. Technical Paper, Climate Policy Initiative, 2014. Disponível em: <https://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2014/08/Munic%C3%ADpios-Priorit%C3%A1rios-Reputa%C3%A7%C3%A3o-ou-Fiscaliza%C3%A7%C3%A3o-Sum%C3%A1rio-Executivo.pdf>. Acesso em: 02/08/2021

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C. C.; ROCHA, R. **Deforestation slowdown in the Legal Amazon: prices or policies?** Rio de Janeiro: CPI, 2012. Disponível em: <http://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2012/03/Deforestation-Prices-or-Policies-Working-Paper.pdf>. Acesso em: 01/07/2021.

AZEVEDO, A.; RAJÃO, R.; COSTA, M.; STABILE, M.; ALENCAR, A.; MOUTINHO, P. Cadastro ambiental rural e sua influência na dinâmica do desmatamento na Amazônia Legal. **Boletim Amazônia em Pauta**, Brasília,DF: IPAM, v. 3, p. 01-16, 2014.

BARRETO, P.; MESQUITA, M.; MERCÊS, H. **A destinação dos bens apreendidos em crimes ambientais na Amazônia**. Belém: Imazon. 2008.

BARRETO, P.; PEREIRA, R.; BRANDÃO Jr., A.; BAIMA, S. **Os frigoríficos vão ajudar a zerar o desmatamento da Amazônia**. Belém: Imazon, 2017. ISBN 9788586212949.

BARRETO, P.; SILVA, D. **Will cattle ranching continue to drive deforestation in the Brazilian Amazon**. Belém: [s.n.], 2010. Disponível em: <http://www.imazon.org.br/publicacoes/congressos-e-anais/will-cattle-ranching-continue-to-drive>. Acesso em: 08/07/2018.

BRASIL. **Código florestal brasileiro**. 2012. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12> Acesso: 02/05/2020.

BRASIL. **Decreto no 6.514, de 22 de julho de 2008**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília,DF, 23.07.2008. Seção 1. Disponível em: <http://www.in.gov.br>. Acesso em: 21/12/2019.

BIVAND, R.S.; HAUKE, J.; KOSSOWSKI, T. Computing the Jacobian in Gaussian spatial autoregressive models: An illustrated comparison of available methods. **Geographical Analysis**, v. 45, n. 2, p. 150-179, 2013. <http://dx.doi.org/10.1111/gean.2008>.

BIZZO, E.; FARIAS, A. L. A. Priorização de municípios para prevenção, monitoramento e controle de desmatamento na Amazônia: uma contribuição à avaliação do plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), **Desenvolvimento**

e **Meio Ambiente**, Curitiba, Universidade Federal do Paraná, v. 42, 2017. <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/53542>. Acesso em: 22/03/2020.

BOLDRINI, I. I. Biodiversidade dos campos do planalto das araucárias. **Relatório final do Ministério do Meio Ambiente**. Brasília,DF: MMA/SBF. p. 101-116,2006.

BROWN DS, BROWN JC, BROWN C Land occupations and deforestation in the Brazilian Amazon. **Land use Policy**, v. 54, p.331–338, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.02.003>

BURNHAM, K.P.; ANDERSON, D.R. **Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach**. New York: Springer, 2002. 488p.

COMBES MOTEL, P.; PIRARD, R.; COMBES, J.-L. A methodology to estimate impacts of domestic policies on deforestation: compensated successful efforts for “avoided deforestation” (REDD). **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 680– 691, 2009.

CARVALHO, A. V. de; CARVALHO, R. A. F. de; CARVALHO, D. G. de; GUIMARÃES, J. L. C. Análise do Programa Bolsa Verde na Amazônia Legal sob a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental. **Revista Ciências da Sociedade**, v. 4, n. 7, p. 69-89, 2020.

CARVALHO, R.de; MATEI, A. P. Transversalizando conteúdos de Física no ensino médio: o efeito estufa causado pela pecuária. **Ciênc. Educ.**, Bauru. v. 25 n.1, Jan./Mar. 2019 Epub Apr 25, 2019. <https://doi.org/10.1590/1516-731320190010016>.

CASA CIVIL. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal**. Casa Civil, 2004. 156 p. (Relatório da Presidência da República). [Disponível online em <http://www.amazonia.org.br/arquivos/101504.pdf> .].

FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, n. 28, p. 23-38. 2001.

FEARNSIDE, P. M. The roles and movements of actors in the deforestation of brazilian Amazonia. **Ecology and Society**, v. 13, n 1, 2008. <https://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art23/>.

FRANCELINO, M.R.; REZENDE, E. M. C.; SILVA, L.D.B. Proposta de metodologia para zoneamento ambiental de plantio de eucalipto. **Cerne**, v.18, p. 275-283, 2012. doi: 10.1590/S0104-77602012000200012.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. **Bioscience**, v. 52, p. 143 – 150, 2002.

GIBBS, H.K.; RAUSCH, L.; MUNGER, J.; SCHELLY, I.; MORTON, D.C.; NOOJIPADY, P.; SOARES-FILHO, B.; BARRETO, V.; MICOL, V.; WALKER, N.F. Brazil’s soy moratorium. **Science**, v.347, p. 377–378, 2015.

HARGRAVE J.; KIS-KATOS K. Economic causes of deforestation in the Brazilian Amazon: a panel data analysis for the 2000s. **Environ Resour Econ**, v.54, p.471–494, 2013. <https://doi.org/10.1007/s10640-012-9610-2>.

KAIMOWITZ, D.; ANGELSEN, A. **Economic models of tropical deforestation**: a review. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research, 2004.

KRUG, T. O. Quadro do desflorestamento da Amazônia. *In*: MMA/SCA. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Coordenação da Amazônia. **Causas e dinâmica do desflorestamento na Amazônia**. Brasília,DF: MMA, 2001. p. 91-98.

KUHN, M. Variable importance using the caret package. **Journal of Statistical Software**, v. 6, p. 1-6, 2012.

KUHN, M. **caret**: classification and regression training. R package version 6.0-90, 2021. <https://CRAN.R-project.org/package=caret>.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M.; SCHROTH, G.; FEARNSSIDE, P. M.; BERGEN, S.; VENTICINQUE, E. M.; DA COSTA, C. Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. **Journal of Biogeography**, v. 29, n. 5-6, p. 737–748, 2002.

MARGULIS, S. **Causes of deforestation of the Brazilian Amazon**: causas do desmatamento da Amazonia Brasileira (Portuguese). Washington, DC: World Bank, 2003. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/867711468743950302/Causas-do-Desmatamento-da-Amazonia-Brasileira>. Acesso em: 21/06/2020.

MARTINS, Carlos Eduardo Rodrigues. Análise econométrica do desmatamento no Estado do Pará. *In*: JORNADA INTERNACIONAL DE POLÍTICAS PÚBLICAS, 4., São Luís, MA. **Anais[...]**. Maranhão: Universidade Federal do Maranhão. 2009. p.1-9. Disponível em: [http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppIV/eixos/8\\_agricultura/analise-econometrica-do-desmatamento-no-estado-do-para.pdf](http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppIV/eixos/8_agricultura/analise-econometrica-do-desmatamento-no-estado-do-para.pdf). Acesso em: 09 mai. 2016.

MENDONÇA, M. J.; LOUREIRO, P. R. A.; SACHIDA, A. The dynamics of land-use in Brazilian Amazon. **Ecol. Econ.**, v. 84, p.23–36, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.014>

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília,DF, 2012.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente**: a gestão ambiental em foco. 6ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2009.

MIZIARA, Fausto. Expansão de fronteiras e ocupação do espaço no cerrado: o caso de Goiás. *In*: GUIMARÃES, L. D. A; SILVA, M. A. D.; ANACLETO, T. C. (org.). **Natureza viva cerrado**: caracterização e conservação. 1.ed. Goiânia: Editora UCG, 2006. cap. 7, p. 169-196.

MOUTINHO, P. **Desmatamento na Amazônia**: desafios para reduzir as emissões de gases de efeito estufa do Brasil. 2009; p. 2-3. Disponível em <http://www.ipam.org.br/biblioteca>. Acesso em: 12/03/2021.

NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; ALENCAR, A.; BARROS, A. C.; CARVALHO, G.; SANTILLI, M.; DAEL, M.; VERAZ DIAS, C. Frontier governance in Amazonia. **Science**, v. 295, n. 5555, p. 629-631, jan/002. 2002.

NETER, J.; KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; WASSERMAN, W. Applied linear statistical models. **Journal of the American Statistical Association**, v.103, n.482, p. 19– 32, 1996.

NORTH, D. C. **Institutions, institutional change and economic performance**. New York: Cambridge University Press, 1990.

OLIVEIRA, E. S.de.; SOUZA, J. C.de. Análise das principais atividades agropecuárias e suas implicações ambientais na microrregião de Porangatu-Goiás, no período de 2007 a 2016. **Élisée- Revista de Geografia**, e912015, jan./jun. 2020. ISSN: 2316-4360.

PATES, R. C. **O desmatamento desigual na Amazônia brasileira**: sua evolução, suas causas e consequências para o bem estar. 2008. 135f. Tese (Doutorado em Ciências, concentração em economia aplicada). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2008.

PFAFF, A.; ROBALINO, J.; WALKER, R.; ALDRICH, S.; CALDAS, M.; REIS, E.; PERZ, S.; BOHRER, C.; ARIMA, E.; LAURANCE, W.; KIRBY, K. Road investments, spatial spillovers, and deforestation in the brazilian amazon. **Journal of Regional Science**, v. 47, n. 1, p. 109–123. 2007.

PRADO, G. B.; RIBEIRO, H. Pecuarização na Amazônia e consumo de carne: o que está por trás? **Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 730-742, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-12902011000300017>.

RAJÃO, R.; SCHMITT, J.; NUNES, F.; SOARES-FILHO, B. Dicotomia da impunidade do desmatamento ilegal. **Policy Brief**., CSR/UFMG, p. 1-12, Jun. 2021.

SANTOS, J. W. M. C. Ritmo climático e sustentabilidade sócio-ambiental da agricultura comercial da soja no sudeste de Mato Grosso. **Revista do Departamento de Geografia**, v.17, p. 61-82, 2011. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0005>.

SONG, X.-P. *et al.* Massive soybean expansion in South America since 2000 and implications for conservation. **Nat. Sustainabil.** <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00729-z>, 2021.

SOTERRONI, A. C. *et al.* Expanding the soy moratorium to Brazil's Cerrado. **Sci. Adv.** 5, eaav7336, 2019.

SOUZA, R. A.de; MIZIARA, F.; MARCOS JUNIOR, P. D. M. Spatial variation of deforestation rates in the brazilian amazon: a complex theater for agrarian technology,

agrarian structure and governance by surveillance. **Land Use Policy**, v. 30, n. 1, p. 915–924, 2013.

TONI, F.; KAIMOWITZ, D. **Municípios e gestão florestal na Amazônia**. Natal: AS Editores, 2003.

WEINHOLD, D.; REIS, E. Transportation costs and the spatial distribution of land use in the brazilian amazon. **Global Environmental Change**, v. 18, p. 54 – 68, 2008.

## **CAPÍTULO IV CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este estudo é o primeiro a fornecer informações sobre a situação dos embargos e analisar as variáveis que determinam o descumprimento dos embargos em uma escala de Amazônia Legal Brasileira, abordando os nove estados que nela compõem. Primeiramente foi revelado que a espacialização desses embargos segue tendência semelhante ao desmatamento, uma vez que a aplicação de áreas embargadas é um reflexo da atuação do estado através de ações que comanda em regiões prioritárias que tenham altos índices de desmatamento ilegal, com objetivo de combater esses ilícitos na Amazônia. Como bem visto, os embargos se concentraram na região do arco do desmatamento, devido a alguns fatores que contribuíram para esta concentração, como aberturas de rodovias e outros.

Independente da região onde estes embargos se concentraram, este estudo mostrou que ainda falta muito para alcançar um bom resultado das políticas de comando e controle, como é o caso do Decreto 6.514/2008, que estabelece, além de impedir a continuidade das atividades nas áreas de embargos, a normativa que obriga os infratores a promoverem a regeneração nesta área. Os dados apontaram que apenas 13% dos embargos estão em conformidade com legislação e 87% estão com algum tipo de atividade produtiva desrespeitando a lei. Além do mais, o estudo tentou explicar, por meio de análise estatísticas, as variáveis que tiveram relação com o (des)cumprimentos. Diante disto, o resultado revelou a presença de variáveis que implicam de alguma forma em ações diretas, que resultam na manutenção das atividades ou em proporcionar a regeneração no imóvel com área embargada, sendo estas ações de caráter político, física ou ambiental.

De modo geral, os resultados obtidos nesse estudo reforçam a necessidade da implementação de políticas públicas que possibilitem um maior alcance dos seus resultados, como no caso deste estudo, não apenas autuar e embargar áreas por desmatamento ilegal, mas também na formulação de ações que desenvolvam sistemas integrados para acompanhar estas áreas, bem como se estão sendo cumpridas o que decretam as leis ambientais.

## REFERÊNCIAS

- ACHARD, F.; EVA, H. D.; SIBIG, H. J.; MAYAUX, P.; GALLEGO, J.; RICHARDS, T. "Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests," *Science*, v. 297, p. 999–1002, Aug. 9, 2002. M. C. Hansen *et al.* "High-resolution global maps of 21st-century forest cover change," *Science*, v. 342, p. 850–853, Nov. 15, 2013.
- ALMEIDA, C.A.; VALERIANO, D.M.; ESCADA, M.I.S.; RENNO, C.D. Estima-tion of secondary succession area in the Brazilian Legal Amazon. *Acta Amazonica*, v.40, p. 289–302, 2010.
- ALMEIDA, C. A.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C. G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A. R. Highspatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*, v. 46, n.3, p. 291–302, doi:10.1590/1809-4392201505504, 2016.
- ASNER, G.P.; KNAPP, D.E.; BROADBENT, E.N.; OLIVEIRA, P.J.C.; KELLER, M.; SILVA, J.N. Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science*, v. 310, n. 5747, p. 480–482, 2005.
- ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C. C. ; ROCHA, R. **Deforestation slowdown in the Legal Amazon: prices or policies?** Rio de Janeiro: CPI., 2012.  
Disponível em: <http://climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2012/03/Deforestation-Prices-or-Policies-Working-Paper.pdf>.
- BARRETO, P.; SILVA, D. **Will cattle ranching continue to drive deforestation in the Brazilian Amazon.** Belém: [s.n.]. 2010  
Disponível em: <http://www.imazon.org.br/publicacoes/congressos-e-anais/will-cattle-ranching-continue-to-drive>. Acesso em: 08/07/2018.
- BARRETO, P; MESQUITA, M.; MERCÊS, H. **A destinação dos bens apreendidos em crimes ambientais na Amazônia.** Belém: Imazon, 2008.
- BRASIL. **Código Florestal Brasileiro.** 2012. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12> Acesso: 02/05/2020.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil:** texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988. Brasília,DF: Senado Federal, 2010.
- BRASIL. **Decreto no 6.514, de 22 de julho de 2008.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília,DF, 23.07.2008. Seção 1. Disponível em: <http://www.in.gov.br>. Acesso em: 23.07.2018.
- BRASIL. **Lei Federal n. 1.806,** de 6 de Janeiro de 1953. Plano de Valorização Econômica da Amazônia, cria a superintendência da execução e dá outras providências. Brasília, DF, Jan 1953.

CAMPARI, J. S. **The economics of deforestation in the Amazon**. 1. ed. Cheltenham: Edward Elgar Publishing. 2005. 242p.

CASA CIVIL. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal**. Casa Civil. 2004. 156 p. (Relatório da Presidência da República). Disponível online em <http://www.amazonia.org.br/arquivos/101504.pdf>. Acesso em: 25/06/2021.

CASA CIVIL. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal**. Casa Civil, 2016. 156 p. (Relatório da Presidência da República). Disponível online em <http://www.amazonia.org.br/arquivos/101504.pdf>. Acesso em: 30/02/2021.

DEFRIES, R.; HEROLD, M.; VERCHOT, L.; MACEDO M. N.; SHIMABUKURO, Y. Export-oriented deforestation in Mato Grosso: harbinger or exception for other tropical forests? *Phil. Trans. R. Soc. B*, v. 368, n. 1619, p. 1-8, 2013.

DINIZ, C. G.; SOUZA, A.A.A.; SANTOS, D.C.; DIAZ, M. C.; LUIZ, N. C.; MORAES, D. R. V.; MAIA, J. S.; GOMES, A. R.; NOVAES, I. S.; VALERIANO, D. M.; MAURANO, L. E.; ADAMI, M. DETER-B: the new Amazon near real-time deforestation detection system *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* v.8, p. 3619–28, 2015.

DINIZ, F.H.; KOK, K.; HOOGSTRA-KLEIN, M.; ARTS, B. Mapping future changes in livelihood security and environmental sustainability based on perceptions of small farmers in the Brazilian Amazon. *Ecol Soc* v.20, n.2, p.26, 2015.

ESCADA, M. I. S.; MAURANO, L. E., RENNÓ, C. D., AMARAL, S.; VALERIANO, D. M. “Avaliação de dados dos Sistemas de Alerta da Amazônia: DETER e SAD,” in *Proc. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 2011, Curitiba, Brazil, *Anais[...]*. Curitiba, Brazil: [s.n.], 2011. p. 2934–2943.

FEARNSIDE, P. M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation*, n. 28, p. 23-38. 2005.

FEARNSIDE, P. M. The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. *Ecology and Society*, v. 13, n. 1, Jun. 2008. URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art23/>.

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*, v. 53, n. 1, p. 93-108, jan./mar, 2015.

FERREIRA, L.G.; FERREIRA, N.C.; FERREIRA, M.E. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. *Acta Sci. Biol. Sci.* Maringá, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-FAO. *Global Forest Resources Assessment 2010. Main Report*. Roma, Itália: FAO, 2010.

GOMES, L.F.; MOLINA, A.G.P. **Crimonologia**: introdução a seus fundamentos teóricos. 7ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2010.

HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A., CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; AND TOWNSHEND, J. R. G.. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science.**, v. 80 n. 342, p. 850–853, 2013. DOI:[http://dx. doi.org/10.1126/science.1244693](http://dx.doi.org/10.1126/science.1244693).

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. **Sistema de detecção de desmatamento em tempo real**. 2010. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/deter/>. Acesso em: 04/06/2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite**. 2018. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/>. Acesso em: 02.07.2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. Projeto PRODES - **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite** (Projeto PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira POR Satélite, 2020. Disponível em: [www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php](http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php) .) Acesso em 12/08/2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE, 2021. Projeto PRODES - **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite** (Projeto PRODES - Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira POR Satélite ( [www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php](http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php) .) Acesso em 12/08/2020.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA-IPCC. **Mudança do clima**: mitigação da mudança do clima. 2007. Disponível em: [http:// www.mct.gov.br/upd\\_blob/0024/24520.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0024/24520.pdf). Acesso em: 22/07/2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA-IPEA; Comissão Econômica para a América Latina e Caribe-CEPAL; Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit-GIZ. **Avaliação do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal**: PPCDAm 2007-2010. [S.l.]: Ipea; Cepal; GIZ, 2011.

LAMBERT, A. Gerenciamento ambiental na região amazônica: por que não tentar os instrumentos voltados ao mercado? *In*: WORKSHOP DO DFID, Cuiabá. **Anais[...]** Cuiabá: DFID, 2000.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M.; SCHROTH, G.; FEARNSSIDE, P. M.; BERGEN, S.; VENTICINQUE, E. M.; COSTA, C.da. Predictors of deforestation in the brazilian amazon. **Journal of Biogeography**, v. 29, n. 5-6, p. 737–748, 2001.

LIMA, H. **Introdução à ciência do direito**. 28ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1986.

MENESES, P.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília,DF, 2012.

NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; STICKLER, C.; ALENCAR, A.; AZEVEDO, A.; SWETTE, B.; BEZERRA, T.; DIGIANO, M.; SHIMADA, J. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, v. 344, n. 6188, p. 1118-23, 6 jun. 2014.

NORTH, D. C. **Institutions, institutional change and economic performance**. New York: Cambridge University Press, 1990.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA-OC. **Emissões de GEE no Brasil de 1990 a 2019**. OC, 2019. Disponível em: [https://seegbr.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG\\_8/SEEG8\\_DOC\\_ANALITICO\\_SINTESE\\_1990-2019.pdf](https://seegbr.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf).

PRATES, R. C. **O desmatamento desigual da Amazônia brasileira**: sua evolução, suas causas e consequências sobre o bem-estar. 2008. 135f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

RODRIGUES-FILHO, S.; VERBURG, R.; BURSZTYN, M.; LINDOSO, D.; DEBORTOLI, N.; VILHENA, A. M. Election-driven weakening of deforestation control in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 43, p. 111-118, 2015.

RODRIGUES, M.; SILVA, D. C. C.; AZEVEDO JUNIOR. Redução do desmatamento na Amazônia: o papel dos mecanismos institucionais. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v.10, n.1, jan/abr, ISSN:2176-8366 DOI 10.18361/2176-8366/rara.v10n1p108-123, 2018.

SCHMITT, J. **Crime sem castigo**: a efetividade da fiscalização ambiental para o controle do desmatamento ilegal na Amazônia. 2015. 188f. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SERRA, M. A.; FERNÁNDEZ, R. G. Perspectivas de desenvolvimento da Amazônia: motivos para o otimismo e para o pessimismo. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 1-25, 2004.

SIEGEL, L.J. **Criminology**. 10ed. Belmont: Thomson Higher Education, 2008.

SOUZA, R. A.de; MIZIARA, F.; MARCO JUNIOR, P.de. Spatial variation of deforestation rates in the Brazilian Amazon: A complex theater for agrarian technology, agrarian structure and governance by surveillance. **Land Use Policy**, v. 30, n. 1, p. 915-924, jan.,2013.

TYUKAVINA, A.; HANSEN, M.C.; POTAPOV, P.V.; STEHMAN, S.V.; SMITH-RODRIGUES, K.; OKPA, C.; AGUILAR, R. Types and rates of forest disturbance in Brazilian legal Amazon, 2000-2013. **Sci Adv** v.3, n.4, e1601047, 2017.

VIAPIANA, L.T. **Economia do crime**: uma explicação para a formação do criminoso. Porto Alegre: AGE, 2006.

WEBER, M. **A política como vocação**. Brasília,DF: UnB, 2003.