

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS**

**GOVERNANÇA AMBIENTAL EM TRANSIÇÃO: CRISE, FISCALIZAÇÃO E
COOPERAÇÃO NA PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA LEGAL**

Juliano dos Santos Cardoso

**DOURADOS-MS
2025**

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS
DOUTORADO

**GOVERNANÇA AMBIENTAL EM TRANSIÇÃO: CRISE, FISCALIZAÇÃO E
COOPERAÇÃO NA PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA LEGAL**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Universidade Federal da Grande Dourados – Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia, para obtenção do Título de Doutor em Agronegócios.

Discente: Juliano dos Santos Cardoso

Orientador: Prof. Dr. Jonathan Gonçalves da Silva

Coorientadora: Profa. Dra. Roselaine Bonfim de Almeida

DOURADOS-MS

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C268g Cardoso, Juliano Dos Santos

GOVERNANÇA AMBIENTAL EM TRANSIÇÃO: CRISE, FISCALIZAÇÃO E COOPERAÇÃO NA PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA LEGAL [recurso eletrônico] / Juliano Dos Santos Cardoso. -- 2025.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Jonathan Gonçalves da Silva.

Coorientador: Roselaine Bonfim de Almeida.

Tese (Doutorado em Agronegócios)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2025.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Amazônia Legal. 2. Bioeconomia. 3. Comando e controle. 4. Desmatamento ilegal. 5. Fiscalização ambiental. I. Silva, Jonathan Gonçalves Da. II. Almeida, Roselaine Bonfim De. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

ATA DE APROVAÇÃO



Ministério da Educação
Universidade Federal da Grande Dourados
PROPP - Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa



ATA DA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO APRESENTADA POR JULIANO DOS SANTOS CARDOSO,
ALUNO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
"AGRONEGÓCIOS E SUSTENTABILIDADE".

Aos dezoito dias do mês de setembro do ano de dois mil e vinte e cinco, às nove horas, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Tese de Doutorado intitulada "**GOVERNANÇA AMBIENTAL EM TRANSIÇÃO: CRISE, FISCALIZAÇÃO E COOPERAÇÃO NA PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA LEGAL**", apresentada pelo doutorando Juliano dos Santos Cardoso, do Programa de Pós-graduação em Agronegócios, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof. Dr. Jonathan Goncalves da Silva/UFGD (presidente/orientador), Prof. Dr. Rafael Martins Noriller/UFGD (membro titular interno), Prof. Dr. Leandro Vinicios Carvalho/UFGD (membro titular interno), Prof.^a Dr.^a Priscila Elise Alves Vasconcelos/UFRR (membro titular externo), Prof.^a Dr.^a Kellen Rocha de Souza/UNIFAL-MG (membro titular externo). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer ao candidato e aos integrantes da banca as normas a serem observadas na apresentação da Tese. Após o candidato ter apresentado a sua Tese, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido o candidato considerado aprovado. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados/MS, 18 de setembro de 2025.

Documento assinado digitalmente
gov.br JONATHAN GONCALVES DA SILVA
Data: 22/09/2025 16:35:01-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

Documento assinado digitalmente
gov.br RAFAEL MARTINS NORILLER
Data: 22/09/2025 18:34:38-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

Documento assinado digitalmente
gov.br LEANDRO VINICIOS CARVALHO
Data: 22/09/2025 18:14:33-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

Prof. Dr. Jonathan Goncalves da Silva
Presidente/orientador

Prof. Dr. Rafael Martins Noriller
Membro Titular Interno

Prof. Dr. Leandro Vinicios Carvalho
Membro Titular Interno

Documento assinado digitalmente
gov.br PRISCILA ELISE ALVES VASCONCELOS
Data: 23/09/2025 11:23:13-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

Documento assinado digitalmente
gov.br KELLEN ROCHA DE SOUZA
Data: 22/09/2025 17:51:02-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Priscila Elise Alves Vasconcelos
Membro Titular Externo

Prof.^a Dr.^a Kellen Rocha de Souza
Membro Titular Externo

(PARA USO EXCLUSIVO DA PROPP)

DEDICATÓRIA

A Deus, pela força, pela luz e pela oportunidade de transformar dificuldades em caminhos de superação.

À minha família, pelo amor incondicional, pela paciência e pelo apoio silencioso que sustentaram cada etapa desta jornada.

E a todos que, de alguma forma, estenderam a mão, ofereceram palavras de incentivo ou simplesmente acreditaram neste sonho, registro a dedicação e a gratidão que acompanham esta conquista.

E, de modo especial, a alguém cuja presença foi discreta, mas fundamental, que esteve ao meu lado com afeto silencioso e força invisível, inspirando-me a prosseguir quando o caminho parecia mais difícil.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), instituição que me acolheu e me ofereceu as condições necessárias para a realização desta pesquisa, reafirmando seu compromisso com a produção de conhecimento e com a transformação da sociedade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócios da Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia (FACE), pela oportunidade de aprofundar o estudo científico em um ambiente plural e estimulante, marcado pelo rigor acadêmico e pela busca de soluções inovadoras para os desafios do agronegócio brasileiro.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Jonathan Gonçalves da Silva e Profa. Dra. Roselaine Bonfim de Almeida, pela confiança, paciência e dedicação incansável ao longo de todo o percurso. Suas orientações firmes e ao mesmo tempo generosas foram decisivas para a maturação desta tese.

Aos professores do Programa, pela partilha de conhecimentos, pela inspiração e pela seriedade com que conduzem a formação de doutores comprometidos com a pesquisa científica e a responsabilidade social.

Aos colegas de curso, pelo convívio enriquecedor, pelas discussões, pelas trocas de experiências e pelo apoio mútuo que tornaram esta jornada mais leve e produtiva.

Aos colegas de trabalho, da Polícia Militar Ambiental de Mato Grosso do Sul, pela compreensão e incentivo diante das ausências e desafios impostos por esta etapa acadêmica. Reconheço a importância da convivência e do apoio recebido para que este projeto pudesse ser concluído.

E, por fim, a todos os servidores da UFGD, que, de forma muitas vezes silenciosa, asseguram o funcionamento da instituição e contribuem para que a vida acadêmica se realize em sua plenitude.

Sumário

GOVERNANÇA AMBIENTAL EM TRANSIÇÃO: CRISE, FISCALIZAÇÃO E COOPERAÇÃO NA PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA LEGAL	11
RESUMO	11
Palavras-chave	11
ENVIRONMENTAL GOVERNANCE IN TRANSITION: CRISIS, ENFORCEMENT, AND COOPERATION IN THE PROTECTION OF THE BRAZILIAN AMAZON ..	12
ABSTRACT	12
Keywords.....	12
LISTAS DE ABREVIATURAS	13
LISTA DE TABELAS	14
LISTA DE QUADROS	15
LISTA DE FIGURAS	16
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS DA TESE.....	17
REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 2 - GOVERNANÇA AMBIENTAL, AGRONEGÓCIO E DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA.....	26
1. INTRODUÇÃO.....	27
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
2.1 Estrutura e Execução da Revisão Sistemática Aplicada à Pesquisa	30
2.2 Análise e Organização dos Resultados da RS	32
3. O DESMATAMENTO E A ATIVIDADE AGROPECUÁRIA NA AMAZÔNIA LEGAL	37
3.1 Atividade Pecuária.....	39
3.2 A Produção e a Cadeia Produtiva da Soja na Amazônia Legal.....	41
3.3 Falhas na Aplicação da Lei.....	42
3.4 Governança Ambiental	44
3.5 Cadeia Produtiva da Carne	44
3.6 Outros Fatores	45
4. POLÍTICAS E AÇÕES INSTITUCIONAIS PARA O CONTROLE DO DESMATAMENTO.....	47

4.1 A Moratória da Soja	51
4.2 A Moratória da Carne	55
4.3 Plano de Ação para a Proteção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAm)	58
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS	63
CAPÍTULO 3 – CONTROLE AMBIENTAL EM CRISE: A RETRAÇÃO INSTITUCIONAL E O DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA	72
RESUMO	72
Palavras-chave	72
ABSTRACT	72
Keywords:.....	73
1. INTRODUÇÃO.....	73
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	76
3. TRANSFORMAÇÕES INSTITUCIONAIS E ENFRAQUECIMENTO DA POLÍTICA AMBIENTAL (2019–2022).....	79
3.1 Reorientação Política e Inversão da Agenda Ambiental	80
3.2 Desestruturação Normativa e Esvaziamento Institucional	82
3.3 A Desestruturação do IBAMA: da Supressão Operacional à Inação Sistêmica.....	86
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	88
4.1 Área de Estudo e Fontes de Dados	89
4.2 Apresentação do Modelo Econométrico.....	91
5. RESULTADOS DO MODELO E INTERPRETAÇÃO	94
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
REFERÊNCIAS	100
CAPÍTULO 4 – INSTRUMENTOS JURÍDICO-INSTITUCIONAIS PARA A COOPERAÇÃO NA FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL DA AMAZÔNIA LEGAL ..	111
RESUMO	111
Palavras-chave	111
ABSTRACT -	111
Keywords:.....	112
1. INTRODUÇÃO.....	112
2. REVISÃO DE LITERATURA	114

3. AS AGÊNCIAS ESTADUAIS AMBIENTAIS E SUA CAPACIDADE DE APOIO À FISCALIZAÇÃO FEDERAL	117
3.1 Competência para Licenciar e Fiscalizar a Exploração Florestal	122
3.2 A Importância da Atuação Estadual para o Controle do Desmatamento na Amazônia Legal	127
4. O PAPEL DAS POLÍCIAS MILITARES AMBIENTAIS (PMA) NO MONITORAMENTO E NA FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL.....	130
4.1 Relevância Jurídico-Institucional e Reconhecimento das PMAs.....	131
4.2 Abrangência Nacional da PMA: Presença Territorial e Operacional.....	132
4.3 Capacidade Técnica e Formação dos Policiais Militares Ambientais.....	135
5. A FORÇA NACIONAL AMBIENTAL (FNA) COMO ESTRATÉGIA FEDERATIVA PARA O COMBATE AO DESMATAMENTO.....	137
5.1 O Colapso Operacional da Fiscalização Federal na Amazônia Legal.....	138
5.2 A Urgência de Reforçar a Fiscalização Ambiental na Amazônia Legal	140
5.3 O Desmatamento como Questão de Segurança Nacional e Federativa.....	142
5.4 A Criação de uma Força Nacional Ambiental (FNA)	143
5.5 Viabilidade Jurídica da FNA à Luz da FNSP	146
5.6 Financiamento da FNA e Apoio Logístico das Forças Armadas	150
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	154
REFERÊNCIAS	155
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE	172
ANEXOS	174
Anexo 1. GOVERNANÇA AMBIENTAL, AGRONEGÓCIO E DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	175
1. FIGURAS COMPLEMENTARES DA ANÁLISE ALTIMÉTRICA	175
2. PROTOCOLO DE REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.....	177
2.1 Objetivo	177
2.2 Estratégia de Busca.....	177
2.2.1. Pergunta de Pesquisa	178
REFERÊNCIAS	183
Anexo 2. CONTROLE AMBIENTAL EM CRISE: A RETRAÇÃO INSTITUCIONAL E O DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA	184
1. FIGURAS COMPLEMENTARES DA ANÁLISE ECONOMÉTRICA.....	184

2. CÓDIGO STATA (<i>DO-FILE</i>) PARA ESTIMAÇÃO DOS MODELOS EM PAINEL	186
ANEXO 3. INSTRUMENTOS JURÍDICO-INSTITUCIONAIS PARA A COOPERAÇÃO NA FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL DA AMAZÔNIA LEGAL ..	199
1. FIGURAS COMPLEMENTARES DA SUGESTÃO JURÍDICO-INSTITUCIONAL	199

GOVERNANÇA AMBIENTAL EM TRANSIÇÃO: CRISE, FISCALIZAÇÃO E COOPERAÇÃO NA PROTEÇÃO DA AMAZÔNIA LEGAL

RESUMO – Esta tese tem como objetivo analisar o papel das instituições de fiscalização ambiental no controle do desmatamento ilegal na Amazônia Legal, com ênfase na relação entre a atividade agropecuária, a reconfiguração institucional e as estratégias de cooperação federativa. Como materiais e métodos, utilizou-se uma revisão sistemática de literatura, uma análise econometrífica de dados oficiais do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (BAMA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e um estudo jurídico-institucional voltado à avaliação das competências federativas e da atuação das Polícias Militares Ambientais. Os resultados indicaram que a pecuária e a produção de soja permanecem como os principais vetores do desmatamento, que o período de 2019 a 2022 foi marcado por significativo enfraquecimento institucional com impactos diretos sobre o aumento das taxas de desmatamento, e que a capacidade estadual de fiscalização pode complementar a ação federal de forma eficaz. A discussão evidenciou a relevância do federalismo cooperativo e a necessidade de instrumentos inovadores para superar as fragilidades operacionais. Como consideração final, propõe-se a criação da Força Nacional Ambiental, composta por efetivos estaduais integrados sob coordenação federal, com financiamento plurianual e apoio logístico das Forças Armadas, como estratégia capaz de recompor o poder de polícia ambiental, reduzir a impunidade e fortalecer o papel do Brasil na proteção da Amazônia Legal.

Palavras-chave: Amazônia Legal, bioeconomia, comando e controle, desmatamento ilegal, fiscalização ambiental, governança institucional.

**ENVIRONMENTAL GOVERNANCE IN TRANSITION: CRISIS,
ENFORCEMENT, AND COOPERATION IN THE PROTECTION OF THE
BRAZILIAN AMAZON**

ABSTRACT – This thesis aims to analyze the role of environmental enforcement institutions in controlling illegal deforestation in the Legal Amazon, with emphasis on the relationship between agricultural activity, institutional reconfiguration, and strategies of federative cooperation. As materials and methods, it employed a systematic literature review, an econometric analysis of official data from the Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources (Ibama), the National Institute for Space Research (INPE), and the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), as well as a legal-institutional study focused on the assessment of federative competencies and the performance of Environmental Military Police forces. The results indicated that cattle ranching and soybean production remain the main drivers of deforestation, that the period from 2019 to 2022 was marked by significant institutional weakening with direct impacts on the increase of deforestation rates, and that state enforcement capacity can effectively complement federal action. The discussion highlighted the relevance of cooperative federalism and the need for innovative instruments to overcome operational weaknesses. As a final consideration, the creation of the National Environmental Force is proposed, composed of state personnel integrated under federal coordination, with multiannual financing and logistical support from the Armed Forces, as a strategy capable of restoring environmental police power, reducing impunity, and strengthening Brazil's role in the protection of the Legal Amazon.

Keywords: Bioeconomy, command and control, deforestation, environmental enforcement, institutional governance, Legal Amazon.

LISTAS DE ABREVIATURAS

AL – Amazônia Legal.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.

CAR – Cadastro Ambiental Rural.

CF – Constituição Federal.

CNAL – Comissão Nacional da Amazônia Legal.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

EUA – Estados Unidos da América.

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura.

FNA – Força Nacional Ambiental.

FNSP – Força Nacional de Segurança Pública.

GLO – Garantia da Lei e da Ordem.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

MMA – Ministério do Meio Ambiente.

MPF – Ministério Público Federal.

ONU – Organização das Nações Unidas.

PMA – Polícia Militar Ambiental.

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente.

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente.

STJ – Superior Tribunal de Justiça.

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta.

TCU – Tribunal de Contas da União.

UE – União Europeia.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lista dos artigos aceitos após a aplicação dos critérios de seleção e extração fixados no protocolo da RS. Ordenados de acordo com a pontuação disponibilizada pelo site <i>Dimensions</i>	33
Tabela 2. Coeficientes estimados para os estados da AL no período de 2008 a 2022.....	94
Tabela 3. Resultados dos modelos com defasagens temporais (L1, L2 e L3).....	98
Tabela 4. Efetivo das Polícias Militares Ambientais, no ano de 2025, por estado e fonte da informação.....	133
Tabela 5. Totais por doador e total geral recebido desde a instituição do Fundo Amazônia.....	152

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Principais fatores responsáveis pelo desmatamento na Amazônia Legal apontados pelos artigos revisados.....	38
Quadro 2. Principais ações institucionais implementadas para o controle do desmatamento na Amazônia Legal, apontadas pelos artigos revisados.....	49
Quadro 3. Evolução dos Fatores de Enfraquecimento do IBAMA entre 2010 e 2022....	87
Quadro 4. Estrutura Metodológica das Variáveis do Modelo Econométrico: definições, unidades de medida, fontes, fundamentos teóricos.....	92
Quadro 5. Matriz de referência das competências administrativas no SISNAMA à luz da Constituição Federal de 1988 e da LC 140/2011.....	119
Quadro 6. Cenários típicos e órgão prevalente (com supletividade).....	123
Quadro 7. RACI da fiscalização florestal (União, Estados e Municípios).....	126
Quadro 8. Gargalos de coordenação no combate ao desmatamento na AL.....	128
Quadro 9. Comparaçāo entre a Força Nacional de Segurança Pública (FNS) e a proposta de Força Nacional Ambiental (FNA).....	145
Quadro 10. Disposições do Decreto n. 5.289/2004 (FNSP) e adaptação proposta à FNA.....	148

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resultados das buscas e do tratamento dos trabalhos selecionados.....	31
Figura 2. Destaques temáticos nos títulos dos 50 estudos selecionados.....	36
Figura 3. Principais fatores responsáveis pelo desmatamento na Amazônia Legal apontados pelos artigos revisados.....	40
Figura 4. Exportações brasileiras de soja em grãos, em milhões de toneladas, entre 2000 e 2022.....	52
Figura 5. Exportações brasileiras de carne bovina desossada, fresca ou refrigerada em milhões de toneladas, entre 2000 e 2022.....	56
Figura 6. Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal, medidas em km ² , entre 2000 e 2023.....	60
Figura 7. Orçamento autorizado e executado pelo IBAMA no período de 2014 a 2022.....	83
Figura 8. Mapa da Amazônia Legal (verde).....	90
Figura 9. Gráficos da evolução do número de fiscais e área desmatada, de 2008 a 2023, nos estados de Mato Grosso e Rondônia. Fiscais (linha verde) x desmatamento (linha vermelha).....	96
Figura 10. Tendências das taxas de desmatamento na Amazônia Legal (2003-2024)...	141
Figura 11. Distribuição proposta de cidades-sede e pontos de apoio da FNA.....	153

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS DA TESE

O Brasil, em razão da abundância de recursos naturais e sua liderança como produtor agrícola no cenário mundial, desempenha um papel estratégico no combate às ameaças globais decorrentes das mudanças climáticas e da insegurança alimentar (Damasceno; Chiavari; Lopes, 2017).

A expansão do setor agropecuário, mesmo diante dos avanços tecnológicos, continua a exercer considerável pressão sobre os recursos naturais, especialmente sobre a terra, que permanece como seu principal insumo produtivo (Lima *et al.*, 2019; Pereira *et al.*, 2020). No início dos anos 2000, a abertura de pastagens, seguida pela expansão da cultura da soja, configurou-se como a principal causa do desmatamento, sobretudo na Região Amazônica (Sparovek *et al.*, 2016). Esse processo de ocupação tem promovido, de forma contínua, as mudanças no uso da terra e consolida a agropecuária como uma das maiores fontes de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no país (La Rovere, 2017).

Além disso, o Brasil está entre os poucos países com potencial para expandir a produção agropecuária por meio da conversão de áreas florestais, sobretudo na Amazônia Legal (AL)¹ (Soares-Filho *et al.*, 2014). Nos últimos anos, essa região tem registrado um aumento expressivo do desmatamento e da ocorrência de incêndios florestais associados à atividade agropecuária. A área desmatada, por exemplo, passou de 4.571 km² em 2012, o menor índice histórico, para 13.038 km² em 2021 (INPE, 2022a). A degradação florestal decorrente dos incêndios também se intensificou: o número de focos ativos na AL aumentou de 66.125, em 2000, para 102.210 em 2021 (INPE, 2022b).

A elevação dos índices de desmatamento e de incêndios florestais, com o consequente aumento nas emissões de GEE, chamaram a atenção e despertaram a preocupação de importantes compradores internacionais de commodities agrícolas do Brasil. Alguns países integrantes da União Europeia (UE), como a França, chegaram a propor o boicote aos produtos brasileiros e a não ratificação do acordo comercial firmado, em 2019, entre a UE e o Mercosul, bloco comercial sul-americano liderado pelo Brasil (Rajão *et al.*, 2020).

¹ A Amazônia Legal é uma divisão administrativa que engloba todo o bioma Amazônia e boa parte do bioma Cerrado. Sua área corresponde a 59% do território brasileiro e se estende sobre os estados do Amazonas, Acre, Rondônia, Roraima, Pará, Maranhão, Amapá, Tocantins e Mato Grosso (IBGE, 2021).

A União Europeia (UE), com o intuito de combater o desmatamento, tem implementado um tratamento regulatório diferenciado para a importação de produtos de origem animal e vegetal do Brasil. Em 2023, foi aprovado o Regulamento n. 1115/2023, que institui a política vinculada ao *Green Deal* e impõe restrições à entrada de produtos do agronegócio no mercado europeu provenientes de áreas desmatadas após 2020. Inicialmente prevista para vigorar em dezembro de 2024, sua aplicação efetiva foi adiada em doze meses. Com isso, as grandes empresas deverão comprovar a conformidade a partir de 30 de dezembro de 2025, enquanto micro e pequenas empresas terão prazo estendido até 30 de junho de 2026 (Associated Press, 2024; Bichara; Casardo Júnior; Filippin, 2023). Esse avanço regulatório demonstra que a UE pretende comprar apenas de países com elevados padrões de rastreabilidade, que comprovem não estar contribuindo para o desmatamento.

Nessa conjuntura, a conservação da vasta floresta Amazônica brasileira emerge como prioridade fundamental na política ambiental nacional e uma preocupação global significativa (Hargrave; Kis-Katos, 2013). As florestas tropicais são amplamente reconhecidas por sua capacidade de fixar carbono e fornecer serviços ecossistêmicos que sustentam o bem-estar humano, desempenhando um papel central nas políticas de mitigação das mudanças climáticas (Ojea *et al.*, 2016). O controle das emissões resultantes do desmatamento é, portanto, um dos principais desafios enfrentados pelo Brasil e pela sociedade em geral. Se os níveis crescentes de emissões e a degradação dos recursos naturais forem mantidos, as alterações climáticas podem comprometer seriamente o bem-estar das gerações atuais e futuras (Gollier; Tirole, 2015).

A reversão desse quadro depende da atuação das nações no controle das emissões, na reconfiguração de seus sistemas energéticos e no comprometimento político e financeiro com a transição para uma economia de baixo carbono (Viola; Franchini, 2014). Nesse cenário preocupante, para manter o mercado aberto a seus produtos agropecuários e reassumir sua relevância no cenário climático mundial, o Brasil precisa reduzir o desmatamento ilegal.

A criação e a aplicação de um conjunto de regras que estabeleça limites e práticas de uso podem ajudar a promover o consumo racional dos recursos naturais e o uso consciente da terra. Contudo, o Brasil não vem apresentando bons resultados no monitoramento e no controle do uso da terra, o que tem elevado seus índices de emissões

de GEE e a destruição de recursos ambientais de alto valor para o bem-estar econômico da sociedade (Ostrom; Cox, 2010).

As ações de comando e controle foram decisivas para reduzir o desmatamento na Amazônia Legal entre 2004 e 2012, ao combinar fiscalização em campo e monitoramento por satélite com arranjos institucionais funcionais (Hargrave; Kis-Katos, 2013; Schmitt; Scardua, 2015). Alterações normativas e o enfraquecimento da governança a partir de 2019, porém, reduziram a efetividade da aplicação da lei e abriram espaço para a expansão de ilícitos ambientais. O quadro atual, portanto, exige recomposição institucional e reforço coordenado das capacidades de enforcement, com sanção efetiva e exemplar aos infratores (Barbosa; Alves; Grelle, 2021; Rochedo *et al.*, 2018).

Desse modo, este trabalho tem como objetivo analisar como a atividade agropecuária afeta a dinâmica do desmatamento na AL, além de examinar a influência de variáveis institucionais no cumprimento das normas ambientais e, consequentemente, no controle das taxas de desmatamento na região. Especificamente, pretende-se investigar se as atividades de fiscalização e monitoramento contribuem para a efetiva aplicação da legislação ambiental e, assim, para a redução do desmatamento. Ademais, o estudo busca identificar eventuais fragilidades no sistema institucional brasileiro de fiscalização ambiental, propondo alternativas visando sua eficiência.

Parte-se, assim, da seguinte pergunta central de pesquisa: de que forma o enfraquecimento das instituições de fiscalização ambiental impacta a efetividade das normas ambientais no controle do desmatamento ilegal na AL?

Inicialmente, com base em uma revisão sistemática da literatura, apresenta-se uma análise do impacto da atividade agropecuária sobre o desmatamento na AL (LaPES, 2013). Identificam-se e discutem-se os principais fatores econômicos, sociais e ambientais relacionados à agropecuária que impulsionam o desmatamento, bem como a efetividade das políticas e instrumentos institucionais de mitigação adotados até o momento. Ao final, sugerem-se diretrizes para políticas públicas e agendas de pesquisa voltadas ao fortalecimento institucional, ao cumprimento efetivo das normas ambientais e ao fomento de práticas agropecuárias sustentáveis na região.

Na sequência, examinam-se as mudanças estruturais na legislação e no arcabouço institucional, implementadas a partir de 2019, que fragilizaram as agências

ambientais e podem ter contribuído para a elevação das taxas de desmatamento na AL. A análise combina revisão bibliográfica e a análise de informações obtidas de bases oficiais, principalmente do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), todos compilados no *software* estatístico *Stata* (StataCorp, 2024). Com base nas análises realizadas, propõe-se ações políticas e institucionais para o fortalecimento das ações de aplicação da lei na AL.

Apresenta-se, por fim, a sugestão para a criação de uma Força Nacional Ambiental (FNA) como arranjo federativo por adesão, com coordenação central no Ministério do Meio Ambiente (Eixo II do PPCDAm) e execução descentralizada, destinada ao emprego temporário de contingentes das PMAs e de outros órgãos do SISNAMA em operações de fiscalização e combate ao desmatamento. O modelo apoia-se em convênios e cessão temporária de servidores, com procedimentos padronizados, cadeia de custódia e reporte unificado, além de apoio logístico das Forças Armadas em áreas remotas e financiamento plurianual por meio do Fundo Amazônia e linhas do BNDES. O objeto central da reformulação institucional é recompor o poder de polícia ambiental, ampliar a presença estatal, acelerar a resposta e reduzir a impunidade, integrando capacidades estaduais e federais sob governança clara e verificável na região Amazônica.

Compreender o papel de cada agente e variável no desmatamento da Amazônia brasileira é crucial para o enfrentamento do problema. Essa busca tem promovido uma série de pesquisas sobre o tema (Angelsen; Kaimowitz, 1999). Já foi analisado, por exemplo, como o desmatamento pode ser influenciado: a) pelo preço das commodities (Macedo *et al.*, 2012; Martens *et al.*, 2002); b) por assentamentos da colonização agrária (Carrero *et al.*, 2020; Alves *et al.*, 2021); c) construção de rodovias (Godar *et al.*, 2012; Carrero; Fearnside, 2011); d) pelo comportamento das pessoas (Fearnside, 2008; Rajão, 2013); e) exploração da madeira (Asner *et al.*, 2006; Uhl; Vieira, 1989); f) expansão agrícola (Arima; Barreto; Brito, 2005; Sampaio *et al.*, 2007); e g) ações governamentais (West; Fearnside, 2021; Nepstad *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2020); entre outras variáveis.

Nesse contexto, o estudo contribui ao analisar o papel de variáveis institucionais, em especial a fiscalização e o monitoramento, no controle do desmatamento provocado pela atividade agropecuária na AL. Parte-se da hipótese de que as medidas de comando e controle são essenciais para a aplicação efetiva da legislação e para o enfrentamento da

impunidade (Azevedo *et al.*, 2023; Lopes; Chiavari, 2021). Assim, o fortalecimento e o aperfeiçoamento das ações de fiscalização tendem a constituir estratégias eficazes para o Brasil controlar e reduzir a degradação florestal na Amazônia.

Este estudo é composto por mais três capítulos. O primeiro apresenta uma revisão sistemática que examina a dinâmica do desmatamento e as ações institucionais de comando e controle na AL brasileira, dividido em seções que descrevem os procedimentos metodológicos, expõem os resultados e, ao final, oferecem as considerações finais. O capítulo seguinte analisa a influência de mudanças políticas e institucionais no enfraquecimento do monitoramento e da fiscalização ambiental sobre as taxas de desmatamento nos estados da AL, destacando a pressão exercida pela expansão agrícola sobre os dois biomas da região. Por fim, o terceiro capítulo propõe o fortalecimento das ações de aplicação da lei por meio da criação de uma FNA dedicada à fiscalização e à preservação ambiental; o arranjo sugerido prevê cooperação federativa com participação efetiva das Polícias Militares Ambientais (PMAs) de todo o Brasil, ampliando a capacidade de fiscalização e a integração das ações de comando e controle na região Amazônica.

REFERÊNCIAS

- Alves, M. T. R.; Piontekowski, V. J.; Buscardo, E.; Pedlowski, M. A.; Sano, E. E.; Matricardi, E. A. T. Effects of settlement designs on deforestation and fragmentation in the Brazilian Amazon. Rev. Land Use Policy, v. 109, oct. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837721004336>. Acessado em: 31 ago. 2023.
- Angelsen, A.; Kaimowitz, D. Rethinking the causes of deforestation: lessons from Economic Models. Rev. The World Bank Research Observer, vol. 14, n. 1 Feb. 199, pp. 73-98. Disponível em: <https://academic.oup.com/wbro/article-abstract/14/1/73/1643536?login=false>. Acessado em: 31 ago. 2023.
- 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. Disponível em: <https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/acoes-com-o-entorno/333-pecuaria-na-amazonia-tendencias-e-implicacoes-para-a-conservacao-#:~:text=Descri%C3%A7%C3%A3o%20E2%80%9CEste%20livro%20analisa%20os%20fatores%20que%20levaram,pecu%C3%A1ria%20com%20a%20conserva%C3%A7%C3%A3o>

[%C3%A3o%20ambiental%20e%20da%20biodiversidade.%E2%80%9D](#). Acessado em: 31 ago. 2023.

Asner, G. P.; Broadbent, E. N.; Oliveira, P. J. C.; Keller, M.; Knapp, D. E.; Silva, J. M. M. Condition and fate of logged forests in the Brazilian Amazon. Rev. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America - PNAS, v. 103, n. 34, aug. 2006. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.0604093103>. Acessado em: 31 ago. 2023.

Associated Press. União Europeia adia aplicação da lei contra desmatamento em um ano. AP News, 06 dez. 2024. Disponível em: <https://apnews.com/article/eu-deforestation-environment-protection-brazil-2a1509c118d280b7953bb9cd98d3f829>. Acesso em: 03 set. 2025.

Azevedo, T.; Rosa, M.; Shimbo, J.; Del Lama, C.; Oliveira, M.; Valdiones, A. P.; Teixeira, L. M. S.; Coelho, M. Relatório anual do desmatamento no Brasil: 2022. Projeto MapBiomass, Observatório do Clima, São Paulo, junho de 2023. Disponível em: <https://alerta.mapbiomas.org/relatorio>. Acessado em: 03 jul. 2023.

Barbosa, L. G.; Alves, M. A. S.; Grelle, C. E. V. Actions against sustainability: Dismantling of the environmental policies in Brazil. Rev. Land Use Policy, v. 104, mai. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837721001071>. Acessado em: 25 abr. 2024.

Bichara, A. A.; Casardo Júnior, A. A.; Filippin, F. Os regulamentos europeus realmente ajudam a combater o desmatamento? Rev. Consultor Jurídico, 20 jun. 2023. Disponível em: https://www.conjur.com.br/2023-jun-20/opiniao-regulamentos-europeus-desmatamento?utm_source=dlvr.it&utm_medium=twitter. Acessado em: 22 jun. 2023.

Carrero G. C.; Fearnside, P. M. Forest clearing dynamics and the expansion of landholdings in Apuí, a deforestation hotspot on Brazil's Transamazon highway. Rev. Ecology and Society, v. 16, n. 2, jun. 2011. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26268895>. Acessado em: 31 ago. 2023.

Carrero, G. C., Fearnside, P. M., Valle, D. R., Alves, C. S. Deforestation trajectories on a development frontier in the Brazilian Amazon: 35 years of settlement colonization, policy and economic shifts, and land accumulation. Environmental Management, v. 66, sep. 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00267-020-01354-w#citeas>. Acessado em: 31 ago. 2023.

Damasceno, R.; Chiavari, J.; Lopes, C. L. Direitos de Propriedade no Brasil Rural: história, problemas e caminhos. Relatório da Climate Policy Initiative, Rio de Janeiro, 2017.

Fearnside, P. M. The Roles and Movements of Actors in the Deforestation of Brazilian Amazonia. Rev. Ecology & Society, v. 13, n. 1, art. 23, jun. 2008. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26267941>. Acessado em: 26 ago. 2023.

Godar J.; Tizado E. J.; Pokorny, B.; Johnson, J. Who is responsible for deforestation in the Amazon? A spatially explicit analysis along the Transamazon Highway in Brazil. Rev. Forest Ecology and Management, v. 267, mar. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112711007316>. Acessado em: 31 ago. 2023.

Gollier. C., Tirole J. Negotiating Effective Institutions Against Climate Change. Economics of Energy & Environmental Policy, v. 4, n. 2, 2015. Disponível em: <ftp://www.cramton.umd.edu/papers2015-2019/gollier-tirole-negotiating-against-climate-change.pdf>. Acessado em: 10 jun. 2023.

Hargrave, J.; Kis-Katos, K. Economic Causes of Deforestation in the Brazilian Amazon: A Panel Data Analysis for the 2000s. Rev. Environ Resource Econ, v. 54, p. 471-494, 2013. Disponível em: https://econpapers.repec.org/article/kapenreec/v_3a54_3ay_3a2013_3ai_3a4_3ap_3a47_1-494.htm. Acessado em: 16 jun. 2023.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Observação da terra: PRODES - Amazônia, 2022a. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acessado em: 27 mar. 2023.

_____. Programa Queimadas: Monitoramento dos Focos Ativos por Estado, 2022b. Disponível em: https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/. Acessado em: 22 mar. 2023.

La Rovere, E. L. Low-carbon development pathways in Brazil and ‘Climate Clubs’. WIREs Clim Change, v. 8, jan./fev. 2017. Disponível em: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcc.439>. Acessado em: 07 09 2023.

Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software - LaPES. State of the Art through Systematic Review - StArt, 2013. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos (SP). Disponível em: <https://www.lapes.ufscar.br/resources/tools-1/start-1>. Acessado em: 21 jun. 2024.

Lima, M.; Silva-Júnior, C. A.; Rausch, L.; Gibbs, H. K.; Johann, J. A. Demystifying sustainable soy in Brazil. Rev. Land Use Policy, v. 82, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837718317836>. Acessado em: 07 09 2023.

Lopes, C. L.; Chiavari, J. Análise do Novo Procedimento Administrativo Sancionador do Ibama e seus Reflexos no Combate ao Desmatamento na Amazônia. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2021.

Macedo, M. N.; Defries, R. S.; Morton, D. C.; Stickler, C. M.; Galford, G. L.; Shimabukuro, Y. E. Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. Rev. Proceedings of the National Academy of Sciences of

the United States of America - PNAS, v. 109, n. 4, jan. 2012. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.1111374109>. Acessado em: 31 ago. 2023.

Nepstad, D.; McGrath, D.; Stickler, C.; Alencar, A.; Azevedo, A.; Swette, B.; Hess, L. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. Rev. Science, v. 344, n. 6188, jun. 2014. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1248525>. Acessado em: 26 ago. 2023.

Ojea, E.; Loureiro, M. L.; Alló, M.; Barrio, M. Ecosystem services and REDD: Estimating the benefits of non-carbon services in worldwide forests. World Development, v. 78, p. 246-261, jan. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X15002247>. Acessado em: 16 jun. 2023.

Ostrom, E.; Cox, M. Moving beyond panaceas: a multi-tiered diagnostic approach for social-ecological analysis. Rev. Environmental Conservation, v. 37, n. 4, p. 451-463, oct. 2010. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/abs/moving-beyond-panaceas-a-multitiered-diagnostic-approach-for-socialecological-analysis/F4870A21ED502BB7D9A1784CF2B9E100>. Acessado em: 01 jul. 2023.

Pereira, E. J. A. L.; Ribeiro, L. C. S.; Freitas, L. F. S.; Pereira, H. B. B. Brazilian policy and agribusiness damage the Amazon rainforest. Rev. Land Use Policy, v. 92, mar. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719314899?via%3Dihub>. Acessado em: 26 ago. 2023.

Rajão, R. Representations and discourses: the role of local accounts and remote sensing in the formulation of Amazonia's environmental policy. Rev. Environmental Science e Policy, v. 30, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901112001153>. Acessado em: 26 ago. 2023.

Rajão, R.; Soares-Filho, B.; Nunes, F.; Börner, J.; Machado, L.; Assis, D.; Oliveira, A.; Pinto, L.; Ribeiro, V.; Rausch, L.; Gibbs, H.; Figueira, D. The rotten apples of Brazil's agribusiness. Rev. Science, v. 369, i. 6501, p. 246-248, jul. 2020.

Rochedo, P. R. R.; Soares-Filho, B.; Schaeffer, R.; Viola, E.; Szklo, A.; Lucena, A. F. P; Koberle, A.; Davis, J. L.; Rajão, R.; Rathmann, R. The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. Rev. Nature Climate Change, v. 8, p. 695-698, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0213-y>. Acessado em: 29 mai. 2023.

Sampaio, G.; Nobre, C. A.; Costa, M. H.; Satyamurty, P.; Soares-Filho, B. S.; Cardoso, M. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. Rev. Geophysical Research Letters, v. 34, n. 17, sep. 2007. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2007GL030612>. Acessado em: 31 ago. 2023.

Schmitt, J.; Scardua, F. P. A descentralização das competências ambientais e a fiscalização do desmatamento na Amazônia. Rev. de Administração Pública, Rio de Janeiro, n. 49, v. 5, set/out. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/LjyN7XcZM9JNPQVv6Br7M9P/abstract/?lang=pt&format=html>. Acessado em: 23 ago. 2023.

Soares-Filho, B.; Rajão, R.; Macedo, M.; Carneiro, A.; Costa, W.; Coe, M.; Rodrigues, H.; Alencar, A. Cracking Brazil's Forest Code. Science, v. 344, issue 6182, p. 363-364, abr. 2014. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1246663>. Acessado em: 26 ago. 2023.

Sparovek, G.; Antoniazzi, L. B.; Barretto, A.; Barros, A. C.; Benevides, A.; Berndes, G.; Braga, E. P.; Calmon, M.; Groke Jr., P. H.; Marques, F. N. A.; Nogueira, M. P.; Pinto, L. F. G.; Precioso, V. Sustainable bioproducts in Brazil: disputes and agreements on a common ground agenda for agriculture and nature protection. Biofuels Bioproducts & Biorefining – Biofpr, v. 10, issue 3, p. 204-221, mai./jun. 2016. Disponível em: https://www.imaflora.org/public/media/biblioteca/56f9245fc31f2_Sparovek_et_al-2016-Biofuels_Bioproducts_and_Biorefining.pdf. Acessado em: 26 ago. 2023.

StataCorp LLC. Software estatístico, jun. 2024. Disponível em: <https://www.stata.com/why-use-stata/>. Acessado em: 21 jun. 2024.

Uhl, C.; Vieira, I. C. G. Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas region of the state of Para. Rev. Biotropica, v. 21, n. 2, jun. 1989. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2388700>. Acessado em: 31 ago. 2023.

Viola, E.; Franchini, M. Brazilian climate politics 2005–2012: ambivalence and paradox. Rev. Wires Climate Change, v. 5, p. 677-688, out. 2014. Disponível em: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcc.289>. Acessado em: 10 jun. 2023.

West, T.; Fearnside, P. M. Brazil's conservation reform and the reduction of deforestation in Amazonia. Rev. Land Use Policy, v. 100, jan. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719308361?via%3Dihub>. Acessado em: 26 ago. 2023.

CAPÍTULO 2 - GOVERNANÇA AMBIENTAL, AGRONEGÓCIO E DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

RESUMO - Este trabalho, por meio de uma Revisão Sistemática (RS) da literatura, teve por objetivo identificar e examinar os principais fatores relacionados à atividade agropecuária que impulsionam o desmatamento na Amazônia Legal (AL) Brasileira. Além disso, buscou-se analisar as políticas e ações institucionais implementadas, de 2008 até o ano de 2023, para o controle do desmatamento na região. O estudo demonstrou que o desmatamento na Amazônia Legal é influenciado pela expansão da atividade agropecuária, especialmente a pecuária bovina e o cultivo de soja. A conversão de áreas florestais para uso agrícola, associada à fragilidade das instituições e à baixa efetividade da aplicação da lei ambiental, contribui para a elevação das taxas de degradação. Diante desse cenário, o Brasil criou e ainda está implementando diversas políticas para tentar mitigar os impactos ambientais causados pela expansão da produção agropecuária na AL. Dentre elas, com ênfase na aplicação das normas ambientais, destacam-se: o Plano de Ação para a Proteção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAm); a Moratória da Soja; e a Moratória da Carne. As ações institucionais de comando e controle, implementadas pelo PPCDAm, conseguiram reduzir significativamente o desmatamento na Amazônia entre 2004 e 2012. Observou-se, ainda, que as iniciativas do setor privado, como a Moratória da Soja e da Carne, possuem o potencial de suprir lacunas regulatórias, aprimorar as práticas de uso e contribuir para mudanças mais amplas na governança dos recursos naturais, complementando diversos instrumentos de políticas ambientais. No entanto, dada sua relevância, as ações de comando e controle devem ser prioridade, inclusive como base para políticas complementares, como os pagamentos por serviços ambientais.

Palavras-chave: expansão agropecuária; Amazônia Legal; governança ambiental; fiscalização; sustentabilidade territorial.

ABSTRACT - This study, through a Systematic Literature Review (SLR), aimed to identify and examine the main factors related to agricultural and livestock activities that drive deforestation in the Brazilian Legal Amazon (BLA). Additionally, it sought to analyze the public policies and institutional actions implemented up to 2023 to control deforestation in the region. The findings show that deforestation in the Legal Amazon is influenced by the expansion of agricultural activities, particularly cattle ranching and soybean cultivation. The conversion of forest areas to agricultural use, coupled with weak institutions and low effectiveness in enforcing environmental law, contributes to increased degradation rates. Faced with this scenario, Brazil has created and continues to implement several policies to mitigate the environmental impacts caused by the

expansion of agricultural production in the BLA. Among these, with an emphasis on the enforcement of environmental regulations, the following stand out: the Action Plan for the Protection and Control of Deforestation in the Amazon (PPCDAm); the Soy Moratorium; and the Cattle Moratorium. The command-and-control institutional actions implemented by PPCDAm significantly reduced deforestation in the Amazon between 2004 and 2012. It was also observed that private sector initiatives, such as the Soy and Cattle Moratoria, have the potential to fill regulatory gaps, improve land-use practices, and contribute to broader changes in natural resource governance, thus complementing various environmental policy instruments. Nevertheless, given their relevance, command-and-control measures should remain a priority, including as the foundation for complementary policies, such as payments for environmental services.

Keywords: agricultural expansion; Brazilian Legal Amazon; environmental governance; enforcement; territorial sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira representa um dos ecossistemas mais relevantes do planeta, tanto pela sua riqueza em biodiversidade quanto pelo papel que desempenha no equilíbrio climático global (Diniz *et al.*, 2015; Koch *et al.*, 2019; Ruvirao; Barcellos; Dewes, 2014). Considerada a maior floresta tropical do mundo, a região abriga milhões de espécies da flora e fauna e presta serviços ambientais essenciais, como o sequestro de carbono, a manutenção da biodiversidade e a regulação dos ciclos hidrológicos (Fearnside, 2005; Tyukavina *et al.*, 2017). No entanto, está cada vez mais ameaçada pelo desmatamento, pela exploração madeireira, pelos incêndios florestais e pelas mudanças climáticas (Fearnside, 2008).

Entre os principais vetores da degradação ambiental na Amazônia Legal (AL) estão os investimentos em infraestrutura, a grilagem de terras e a expansão da agropecuária, especialmente a pecuária e a produção de soja (Mello; Artaxo, 2017). Para Nepstad, Stickler e Almeida (2006), o avanço do desmatamento constitui reflexo direto da expansão agroindustrial brasileira, cujos impactos sobre o uso da terra tornam-se cada vez mais evidentes na região.

Embora o setor agropecuário represente uma parcela expressiva do crescimento econômico nacional, respondendo por 24,5% do Produto Interno Bruto em 2023 (CEPEA, 2023), sua trajetória tem gerado intensa pressão sobre os recursos naturais. Estima-se que, entre 1985 e 2017, o Brasil perdeu cerca de 71 milhões de hectares de vegetação nativa, em grande parte convertida em pastagens e áreas agrícolas (Souza Jr. *et al.*, 2020).

Apesar dos avanços tecnológicos que vêm promovendo ganhos consistentes em produtividade, a expansão do setor agropecuário ainda demandará novas áreas de terra, especialmente para as lavouras, cuja extensão deve crescer de 90 milhões de hectares em 2022/2023 para 115,8 milhões em 2032/2033 (Brasil, 2023). Tal expansão, contudo, tende a intensificar a degradação ambiental decorrente da mudança do uso da terra, uma vez que o avanço da fronteira agrícola mantém estreita relação com o desmatamento (Capella *et al.*, 2023).

As regiões Centro-Oeste e Norte concentram o potencial de ampliação da produção agrícola e do uso da terra, dado que ainda possuem extensas áreas de cerrado e florestas passíveis de conversão em pastagens e, posteriormente, em lavouras, sobretudo de soja e milho (Ferreira Filho; Horridge, 2014; Brasil, 2023). Essa dinâmica territorial pode comprometer severamente os serviços ecossistêmicos prestados pela AL, com repercussões em escala nacional e global (Rochedo *et al.*, 2018).

Além das perdas florestais, o agronegócio tem contribuído para o aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), posicionando o Brasil entre os maiores emissores globais vinculados a processos produtivos. Em 2021, as emissões da agropecuária somaram 533,46 MtCO₂e, e as da mudança do uso da terra, 395,06 MtCO₂e (WRI, 2024; Ribeiro *et al.*, 2023).

O controle da degradação ambiental decorrente da expansão agropecuária exige a atuação de instituições eficazes. Azevedo (2000) destaca que os arranjos institucionais moldam o comportamento dos agentes econômicos e delimitam os limites da atuação do setor agroindustrial por meio de políticas públicas e normas regulatórias. Ostrom (1990) adverte que, sem regras claras e mecanismos de monitoramento, a exploração predatória de bens comuns, como florestas e terras públicas, tende a se agravar, especialmente em contextos de fragilidade institucional.

Entre 2019 e 2020, a degradação florestal na AL aumentou de forma acentuada, resultando na duplicação das emissões de carbono na região (Grossman, 2023). Esse agravamento reforça a necessidade de compreender como a atividade agropecuária tem contribuído para o desmatamento na região, bem como de identificar quais ações institucionais foram implementadas, em que contextos foram eficazes e como podem ser aperfeiçoadas.

Desse modo, esta revisão sistemática tem como objetivo avaliar o conhecimento científico disponível sobre os impactos da atividade agropecuária no desmatamento da Amazônia Legal, com especial atenção às políticas públicas e estratégias institucionais voltadas à contenção da conversão ilegal das áreas florestais.

Nesse contexto, objetiva-se, em primeiro lugar, identificar as principais dinâmicas produtivas e territoriais da atividade agropecuária que impulsoram a supressão ilegal da vegetação nativa na Amazônia Legal. Em seguida, pretende-se analisar as ações governamentais adotadas para conter o avanço do desmatamento, com especial atenção ao período de 2004 a 2012, notabilizado pela significativa retração das taxas de devastação florestal. Por fim, busca-se avaliar a efetividade das políticas públicas e estratégias institucionais atualmente em vigor, à luz dos resultados obtidos até o ano de 2023.

Nesse cenário, o presente trabalho propõe-se a contribuir com a formulação de políticas públicas compatíveis com os princípios e metas estabelecidos pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), com especial atenção ao combate ao desmatamento, ao fortalecimento institucional e à redução das desigualdades sociais, mediante a promoção do desenvolvimento sustentável nos estados que integram a Amazônia Legal (metas 1, 2, 8, 12, 13, 15, 16 e 17) (ONU, 2015). Com esse propósito, por meio da realização de uma revisão sistemática da literatura científica, busca-se oferecer subsídios técnicos e metodológicos que favoreçam a adoção de práticas sustentáveis no âmbito do agronegócio, orientem futuras investigações acadêmicas e contribuam para a sensibilização de atores estratégicos acerca da urgência da adoção de medidas integradas e coordenadas voltadas à conservação ambiental da região.

Este artigo está subdividido em mais quatro seções além desta introdução. A primeira é destinada aos procedimentos metodológicos empregados. A segunda apresenta a dinâmica do desmatamento na AL. A terceira seção, com base nos resultados da revisão, avalia as principais políticas e ações institucionais destinadas ao controle do desmatamento ilegal na região. Por fim, na última seção são apresentadas as considerações finais e as recomendações, propondo direções futuras para políticas e pesquisas.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A Revisão Sistemática (RS) da literatura constitui uma abordagem metodológica rigorosa e amplamente consolidada na produção científica contemporânea. Trata-se de um procedimento estruturado, destinado à identificação, seleção, organização e interpretação crítica de publicações relevantes sobre um tema previamente delimitado, com o objetivo de proporcionar uma compreensão abrangente, precisa e confiável do estado da arte em determinado campo do conhecimento (Kitchenham, 2004).

2.1 Estrutura e Execução da Revisão Sistemática Aplicada à Pesquisa

Para viabilizar a execução da revisão sistemática, optou-se pela utilização do software StArt – *State of the Art through Systematic Review*, desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES), vinculado ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). A ferramenta StArt oferece suporte integral à operacionalização da RS, desde a elaboração do protocolo inicial até a seleção final dos estudos considerados pertinentes à pesquisa (LaPES, 2013; Fabri *et al.*, 2016).

A revisão foi conduzida com base em quatro etapas metodológicas, previamente delineadas em protocolo específico, o qual se encontra disponível em anexo². A primeira etapa consistiu na definição das perguntas de pesquisa, que estruturaram e orientaram toda a sistemática de investigação. As questões formuladas buscaram responder, com base em evidências científicas: (a) quais atividades agropecuárias atuam como indutoras do desmatamento na Amazônia Legal; (b) quais ações políticas e variáveis institucionais influenciam as taxas de desmatamento na região; e (c) quais ações institucionais, notadamente as estratégias de comando e controle, têm demonstrado maior efetividade no combate ao desmatamento ilegal.

Na segunda fase da RS, procedeu-se à busca das evidências, com base em estratégias de pesquisa delineadas no protocolo, utilizando-se como string principal os termos: *Policies AND Monitoring AND Deforestation AND Amazon AND Brazil*. Esta string foi complementada por palavras-chave relacionadas ao objeto da pesquisa, como *Environmental Governance, Livestock, Soybean e Governance*. As buscas foram

² Disponível no item “2A. Protocolo de Revisão Sistemática de Literatura”, dos anexos.

realizadas em bases de dados científicas amplamente reconhecidas — *Web of Science*, *Scopus*, *Science*, *Nature* e *Scielo* —, resultando na identificação inicial de 1.792 artigos.

O terceiro procedimento metodológico consistiu na aplicação dos critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. Foram considerados elegíveis os estudos que abordavam diretamente ações políticas e institucionais, com ênfase em estratégias de comando e controle, e que relacionavam a atividade agropecuária ao desmatamento na AL. Foram excluídos, por sua vez, os trabalhos que não tratavam especificamente desses temas, além dos duplicados, os sem resumo, os indisponíveis para acesso, os publicados antes de 2004 e os redigidos em idiomas distintos do português e do inglês. Ao final dessa triagem, 203 artigos foram mantidos para análise aprofundada na etapa seguinte.

Na última etapa da RS foi realizada a extração e análise metodológica dos estudos previamente selecionados. Nessa fase, procedeu-se à leitura minuciosa dos títulos, palavras-chave, resumos, introduções e seções metodológicas dos 203 artigos que haviam sido aprovados na triagem anterior. Esse segundo nível de avaliação foi conduzido com rigor, observando-se fielmente os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos no protocolo.

Como resultado desse processo, foram descartados 104 estudos que não atendiam plenamente aos critérios metodológicos ou apresentavam inconsistências em relação ao objeto da pesquisa. Assim, ao final da etapa de extração, 99 artigos foram considerados aptos e compuseram o conjunto final de estudos analisados na RS (Figura 1).

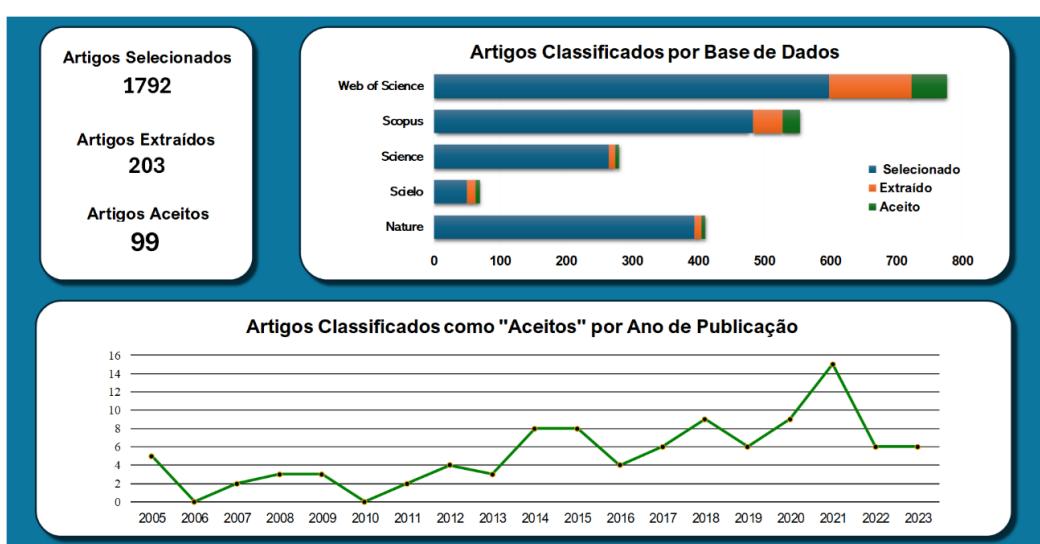


Figura 1. Resultados das buscas e do tratamento dos trabalhos selecionados.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa (2025).

Dessa maneira, a revisão sistemática permitiu a identificação e seleção de 99 estudos compatíveis com os critérios definidos no protocolo e coerentes com os objetivos centrais desta pesquisa. Trata-se de um conjunto representativo de publicações científicas, cuja análise crítica possibilitará compreender, com maior precisão, como a atividade agropecuária e as ações institucionais contribuem para o avanço ou controle do desmatamento na Amazônia Legal.

2.2 Análise e Organização dos Resultados da RS

Como ponto de partida para a etapa de análise e organização dos resultados, os 99 artigos aprovados na fase final da revisão sistemática foram classificados com base em sua relevância altimétrica. Esse critério considera uma ampla variedade de indicadores acadêmicos e sociais, com o objetivo de atenuar distorções associadas às métricas tradicionais de impacto, que, muitas vezes, se restringem ao número bruto de citações.

Nesse contexto, a altimetria emprega algoritmos capazes de identificar e quantificar menções aos artigos em fontes diversificadas, como jornais, revistas científicas, mídias sociais, documentos políticos e outros meios de circulação pública. Dentre as ferramentas disponíveis, destaca-se a plataforma *Dimensions*, que fornece dados consistentes acerca da visibilidade *on-line* de cada estudo, especialmente por meio do rastreamento de citações em produções científicas relevantes (Altmetric Limited, 2025; Dimensions, 2025).³

Dessa forma, com base na pontuação altimétrica disponibilizada pela plataforma Dimensions, procedeu-se à organização dos 99 artigos aceitos em ordem decrescente de relevância. A partir dessa ordenação, foram selecionados os 50 estudos com maior pontuação para subsidiar o desenvolvimento da revisão sistemática, conforme apresentado na Tabela 1.

³ Para fins ilustrativos, as representações gráficas da classificação e do nível de atenção atribuídos ao artigo mais pontuado, segundo a plataforma *Dimensions*, estão disponíveis nos anexos desta tese.

Tabela 1. Lista dos artigos aceitos após a aplicação dos critérios de seleção e extração fixados no protocolo da RS e ordenados de acordo a pontuação disponibilizada pelo site *Dimensions*.

(continua)

	Título	Autor(es) (Ano)	Metodologia	Pontos
1	<i>Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences.</i>	Fearnside (2005)	- Revisão da Literatura	2305
2	<i>Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains</i>	Nepstad <i>et al.</i> (2014)	- Econometria	2249
3	<i>Cracking Brazil's Forest Code</i>	Soares-Filho <i>et al.</i> (2014)	- Econometria	1963
4	<i>Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon</i>	Nolte <i>et al.</i> (2013)	- Econometria	1267
5	<i>Globalization of the Amazon Soy and Beef Industries</i>	Nepstad, Stickler e Almeida (2007)	- Revisão da Literatura	1150
6	<i>Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions</i>	Lambin <i>et al.</i> (2014)	- Revisão da Literatura	1121
7	<i>The role of supply-chain initiatives in reducing deforestation</i>	Lambin <i>et al.</i> (2018)	- Revisão da Literatura	1110
8	<i>The End of Deforestation in the Brazilian Amazon</i>	Nepstad <i>et al.</i> (2009)	- Econometria	1064
9	<i>Earth observations for estimating greenhouse gas emissions from deforestation in developing countries</i>	DeFries <i>et al.</i> (2007)	- Revisão da Literatura	851
10	<i>The rotten apples of Brazil's agribusiness</i>	Rajão <i>et al.</i> (2020)	- Econometria	795
11	<i>Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon</i>	Arima, Richards e Caldas (2011)	- Econometria	774
12	<i>Brazil's Soy Moratorium</i>	Gibbs <i>et al.</i> (2015)	- Econometria	767
13	<i>A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives</i>	Brancalion <i>et al.</i> (2016)	- Revisão da Literatura	723
14	<i>Intensification in agriculture-forest frontiers: Land use responses to development and conservation policies in Brazil</i>	Garrett <i>et al.</i> (2018)	- Econometria	667
15	<i>The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil</i>	Rochedo <i>et al.</i> (2018)	- Econometria	651
16	<i>Actor-specific contributions to the deforestation slowdown in the Brazilian Amazon</i>	Godar <i>et al.</i> (2014)	- Econometria	614
17	<i>Limits of Brazil's Forest Code as a means to end illegal deforestation</i>	Azevedo <i>et al.</i> (2017)	- Econometria	573

Dimensions.

(continuação)

	Título	Autor(es) (Ano)	Metodologia	Pontos
18	<i>Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed</i>	Carvalho <i>et al.</i> (2019)	- Revisão da Literatura	570
19	<i>Types and rates of forest disturbance in Brazilian Legal Amazon, 2000–2013</i>	Tyukavina <i>et al.</i> (2017)	- Econometria	560
20	<i>Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil</i>	Bustamante <i>et al.</i> (2012)	- Econometria	438
21	<i>DETER-B: The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System</i>	Diniz <i>et al.</i> (2015)	- Econometria	434
22	<i>Policy change, land use, and agriculture: The case of soy production and cattle ranching in Brazil, 2001 - 2012</i>	Gollnow e Lakes (2014)	- Econometria	424
23	<i>Amazon Forest maintenance as a source of environmental services</i>	Fearnside (2008)	- Revisão da Literatura	410
24	<i>The Restructuring of South American Soy and Beef Production and Trade Under Changing Environmental Regulations</i>	Waroux <i>et al.</i> (2019)	- Econometria	406
25	<i>Recent transformations of land-use and land-cover dynamics across different deforestation frontiers in the Brazilian Amazon</i>	Schlielein e Börner (2018)	- Econometria	401
26	<i>Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia</i>	Rivero <i>et al.</i> (2009)	- Econometria	380
27	<i>The origin, supply chain, and deforestation risk of Brazil's beef exports</i>	Ermgassen <i>et al.</i> (2020)	- Econometria	374
28	<i>The impact of commodity price and conservation policy scenarios on deforestation and agricultural land use in a frontier area within the Amazon</i>	Verburg <i>et al.</i> (2014)	- Econometria	364
29	<i>From eco-catastrophe to zero deforestation? Interdisciplinaries, politics, environmentalisms and reduced clearing in Amazonia</i>	Hecht (2011)	- Revisão da Literatura	340
30	<i>Forest law enforcement in the Brazilian Amazon: Costs and income effects</i>	Börner <i>et al.</i> (2014)	- Econometria	328
31	<i>Brazil's conservation reform and the reduction of deforestation in Amazonia</i>	West e Fearnside (2021)	- Revisão da Literatura	288
32	<i>Potential increase of legal deforestation in Brazilian Amazon after Forest Act revision</i>	Freitas <i>et al.</i> (2018)	- Econometria	270
33	<i>Post-Crackdown Effectiveness of Field-Based Forest Law Enforcement in the Brazilian Amazon</i>	Börner <i>et al.</i> (2015)	- Econometria	255
34	<i>From Amazon Pasture to the High Street: Deforestation and the Brazilian Cattle Product Supply Chain</i>	Walker, Patel e Kalif (2013)	- Revisão da Literatura	247

(conclusão)

	Título	Autor(es) (Ano)	Metodologia	Pontos
35	<i>O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja</i>	Domingues e Bermann (2012)	- Revisão da Literatura	247
36	<i>Actions against sustainability: Dismantling of the environmental policies in Brazil</i>	Barbosa, Alves e Grelle (2021)	- Revisão da Literatura	240
37	<i>Agricultural Productivity and Forest Conservation: Evidence from the Brazilian Amazon</i>	Koch <i>et al.</i> (2019)	- Econometria	233
38	<i>Brazil's Amazon Soy Moratorium reduced deforestation</i>	Heilmayr, Munger e Gibbs (2020)	- Econometria	229
39	<i>Mixing carrots and sticks to conserve forests in the Brazilian Amazon: a spatial probabilistic modeling approach</i>	Börner, Marinho e Wunder (2015)	- Econometria	218
40	<i>Spatial variation of deforestation rates in the Brazilian Amazon: A complex theater for agrarian technology, agrarian structure and governance by surveillance</i>	Souza, Miziara e Marco Jr. (2013)	- Econometria	215
41	<i>Market-oriented cattle traceability in the Brazilian Legal Amazon</i>	Ruvirao, Barcellos e Dewes (2014)	- Revisão da Literatura	200
42	<i>Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal</i>	Mello e Artaxo (2017)	- Revisão da Literatura	176
43	<i>Cattle ranchers and deforestation in the Brazilian Amazon: Production, location, and policies</i>	Skidmore <i>et al.</i> (2021)	- Econometria	166
44	<i>Impacts of Public and Private Sector Policies on Soybean and Pasture Expansion in Mato Grosso—Brazil from 2001 to 2017</i>	Picoli <i>et al.</i> (2020)	- Econometria	147
45	<i>Property Arrangements and Soy Governance in the Brazilian State of Mato Grosso: Implications for Deforestation-Free Production</i>	Rausch e Gibbs (2016)	- Econometria	143
46	<i>Changing Amazon deforestation patterns: urgent need to restore command and control policies and market interventions</i>	Trancoso (2021)	- Revisão da Literatura	137
47	<i>Asymmetries of cattle and crop productivity and efficiency during Brazil's agricultural expansion from 1975 to 2006</i>	Sparovek <i>et al.</i> (2018)	- Econometria	135
48	<i>Os processos de desenvolvimento e desmatamento da Amazônia</i>	Prates e Bacha (2011)	- Revisão da Literatura	131
49	<i>Addressing indirect sourcing in zero deforestation commodity supply chains</i>	Ermgassen <i>et al.</i> (2022)	- Econometria	120
50	<i>Cattle vaccination records question the impact of recent zero-deforestation agreements in the Amazon</i>	Klingler, Richards e Ossner (2018)	- Econometria	104

Fonte: Elaborado pelo autor baseado nos dados obtidos nas análises processadas no software *StArt* e no site *Dimensions*.

De acordo com os resultados expostos na Tabela 1, o artigo mais relevante da amostra, baseado em revisão teórica, atribui o avanço do desmatamento à expansão agropecuária, aos incentivos estatais excessivos, à especulação fundiária e à fragilidade fiscalizatória. Como solução, o autor propõe a revisão das políticas de crédito e subsídios, a reestruturação da reforma agrária e a adoção de práticas sustentáveis, com ênfase no monitoramento ambiental e nos pagamentos por serviços ecossistêmicos (Fearnside, 2005).

Em conjunto, os artigos selecionados revelam notável coerência temática, ao investigarem os impactos da atividade agropecuária sobre o avanço do desmatamento, bem como a efetividade das políticas públicas e das iniciativas privadas voltadas à sua contenção. Essa convergência analítica pode ser visualmente constatada na nuvem de palavras construída a partir dos títulos dos estudos incluídos na etapa final da extração, conforme ilustrado na Figura 2.



Figura 2. Destaques temáticos nos títulos dos 50 estudos selecionados.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa (2025).

A Figura 2 evidencia a recorrência de termos como desmatamento, floresta, Amazônia, Brasil, agricultura, produção, políticas, meio ambiente, análise, estado e uso da terra. Essas expressões refletem sintonia com os objetivos traçados nesta pesquisa, demonstrando a solidez temática do corpus analisado.

Diante dessa convergência, os artigos selecionados oferecem respaldo empírico e teórico para responder às questões orientadoras do protocolo da revisão sistemática. A

partir disso, inicia-se a análise dos principais fatores indutores do desmatamento na Amazônia Legal brasileira.

3. O DESMATAMENTO E A ATIVIDADE AGROPECUÁRIA NA AMAZÔNIA LEGAL

A conversão de florestas em áreas não florestais e a extração recorrente de biomassa sem a regeneração adequada intensificam a emissão de gases de efeito estufa (GEE). Embora menos visíveis, práticas como a extração ilegal de madeira, a coleta excessiva de lenha e os incêndios em áreas de borda frequentemente antecedem o desmatamento propriamente dito, agravando a pressão sobre os ecossistemas florestais (DeFries *et al.*, 2007).

Acrescente-se que a supressão ou a degradação da cobertura vegetal leva à liberação do carbono acumulado nas árvores e no solo, predominantemente na forma de dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4). Estimativas indicam que cerca de metade do peso seco das árvores corresponde a carbono, do qual apenas uma parcela residual é recapturada por pastagens ou florestas secundárias, que eventualmente ocupam as áreas degradadas (Fearnside, 2008).

Esses processos reduzem a oferta de serviços ecossistêmicos fundamentais, como a regulação climática, a proteção dos solos e a purificação da água. A perda contínua desses serviços acentua a vulnerabilidade ambiental da Amazônia Legal, com impactos em escala global (Brancalion *et al.*, 2016; Fearnside, 2008).

Por tais razões, a perda de biodiversidade e os impactos climáticos associados ao desmatamento têm mobilizado a comunidade científica em torno da necessidade de ações mitigadoras, com base em evidências empíricas e análises sistêmicas (Fearnside, 2005; Nepstad *et al.*, 2009).

Nesse sentido, a RS conseguiu identificar os principais vetores do desmatamento na AL. A pecuária bovina ocupa posição central, sendo mencionada em 28 dos 50 estudos analisados. Em seguida, destacam-se a produção de soja (26), as deficiências nos mecanismos de fiscalização (25), as cadeias de valor da carne e da soja (19), falhas de governança (10) e a influência dos mercados internacionais (7), conforme indicado no Quadro 1 abaixo.

Quadro 1. Principais fatores responsáveis pelo desmatamento na Amazônia Legal apontados pelos artigos revisados.

Indutor do Desmatamento	Artigos	Qtde.
Atividade Pecuária	Fearnside (2005), Soares-Filho <i>et al.</i> (2014), Rochedo <i>et al.</i> (2018), Godar <i>et al.</i> (2014), Azevedo <i>et al.</i> (2017), Carvalho <i>et al.</i> (2019), Tyukavina <i>et al.</i> (2017), Bustamante <i>et al.</i> (2012), Diniz <i>et al.</i> (2015), Gollnow e Lakes (2014), Fearnside (2008), Waroux <i>et al.</i> (2019), Schielein e Börner (2018), Rivero <i>et al.</i> (2009), Verburg <i>et al.</i> (2014), Walker, Patel e Kalif (2013), Koch <i>et al.</i> (2019), Börner, Marinho e Wunder (2015), Souza, Miziara e Marco Junior (2013), Ruviaro, Barcellos, e Dewes (2014), Mello e Artaxo (2017), Picoli <i>et al.</i> (2020), Rausch e Gibbs (2016), Trancoso (2021), Sparovek <i>et al.</i> (2018), Prates e Bacha (2011), Ermgassen <i>et al.</i> (2022), Klingler, Richards e Ossner (2017).	28
Atividade de Produção de Soja	Soares-Filho <i>et al.</i> (2014), Arima, Richards e Caldas (2011), Rochedo <i>et al.</i> (2018), Godar <i>et al.</i> (2014), Azevedo <i>et al.</i> (2017), Carvalho <i>et al.</i> (2019), Tyukavina <i>et al.</i> (2017), Gollnow e Lakes (2014), Fearnside (2008), Waroux <i>et al.</i> (2019), Schielein e Börner (2018), Rivero <i>et al.</i> (2009), Verburg <i>et al.</i> (2014), Walker, Patel e Kalif (2013), Domingues e Bermann (2012), Koch <i>et al.</i> (2019), Börner, Marinho e Wunder (2015), Souza, Miziara e Marco Júnior (2013), Mello e Artaxo (2017), Picoli <i>et al.</i> (2020), Rausch e Gibbs (2016), Trancoso (2021), Sparovek <i>et al.</i> (2018), Prates e Bacha (2011), Ermgassen <i>et al.</i> (2022), Klingler, Richards e Ossner (2017).	26
Aplicação da Lei (Monitoramento e Fiscalização)	Fearnside (2005), Nepstad <i>et al.</i> (2014), Soares-Filho <i>et al.</i> (2014), Nepstad, Stickler e Almeida (2006), Lambin <i>et al.</i> (2014), DeFries <i>et al.</i> (2007), Rajão <i>et al.</i> (2020), Brancalion <i>et al.</i> (2016), Azevedo <i>et al.</i> (2017), Carvalho <i>et al.</i> (2019), Diniz <i>et al.</i> (2015), Fearnside (2008), Waroux <i>et al.</i> (2019), Hecht (2011), Börner <i>et al.</i> (2014), West e Fearnside (2021), Freitas <i>et al.</i> (2018), Börner <i>et al.</i> (2015), Barbosa, Alves e Grelle (2021), Börner, Marinho e Wunder (2015), Souza, Miziara e Marco Júnior (2013), Picoli <i>et al.</i> (2020), Rausch e Gibbs (2016), Trancoso (2021), Klingler, Richards e Ossner (2017).	25
Cadeia Produtiva da Soja	Nepstad <i>et al.</i> (2014), Nepstad, Stickler e Almeida (2006), Lambin <i>et al.</i> (2014), Lambin <i>et al.</i> (2018), Nepstad <i>et al.</i> (2009), Rajão <i>et al.</i> (2020), Gibbs <i>et al.</i> (2015), Garrett <i>et al.</i> (2018), Diniz <i>et al.</i> (2015), Heilmayr <i>et al.</i> (2020).	10
Falhas na Governança Ambiental	Rochedo <i>et al.</i> (2018), Waroux <i>et al.</i> (2019), Hecht (2011), Souza, Miziara e Marco Júnior (2013), Mello e Artaxo (2017), Rausch e Gibbs (2016), Trancoso (2021), Prates e Bacha (2011), Ermgassen <i>et al.</i> (2022), Klingler, Richards e Ossner (2017).	10
Cadeia Produtiva da Carne	Nepstad <i>et al.</i> (2014), Nepstad, Stickler e Almeida (2006), Lambin <i>et al.</i> (2014), Lambin <i>et al.</i> (2018), Nepstad <i>et al.</i> (2009), Rajão <i>et al.</i> (2020), Garrett <i>et al.</i> (2018), Ermgassen <i>et al.</i> (2020), Skidmore <i>et al.</i> (2021).	9
Mercado de Commodities	Nepstad, Stickler e Almeida (2006), Lambin <i>et al.</i> (2014), Lambin <i>et al.</i> (2018), Rajão <i>et al.</i> (2020), Arima, Richards e Caldas (2011), Ermgassen <i>et al.</i> (2022), Klingler, Richards e Ossner (2017).	7

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir das informações reunidas no Quadro 1, verifica-se a atuação convergente de múltiplos fatores na conversão ilegal da vegetação nativa, com ênfase nos arranjos produtivos vinculados ao setor agropecuário. Com efeito, Brancalion *et al.* (2016) ressaltam a indissociabilidade entre as dimensões agropecuária e ambiental, o que impõe a necessidade de uma abordagem integrada. A partir dessa premissa, e com base nos 50 estudos selecionados para a presente revisão sistemática, nas seções seguintes serão apresentados e discutidos os principais fatores da atividade agropecuária que influenciam o desmatamento na AL.

3.1 Atividade Pecuária

A partir dos dados sistematizados, infere-se que a pecuária bovina continua a representar a principal atividade econômica em extensas porções da Amazônia Legal (Ermgassen *et al.*, 2022; Hecht, 2011; Klingler; Richards; Ossner, 2017; Rivero *et al.*, 2009). Embora detenha expressiva importância socioeconômica, o setor figura, historicamente, entre os principais vetores da conversão ilegal da vegetação nativa, sendo responsável, entre 1996 e 2005, por aproximadamente 80% do desmatamento ocorrido na região (Nepstad *et al.*, 2009).

Com efeito, 28 dos 50 estudos selecionados para a revisão sistemática confirmam a centralidade da pecuária como o principal agente de desmatamento na Amazônia, conforme sintetizado na Figura 3.

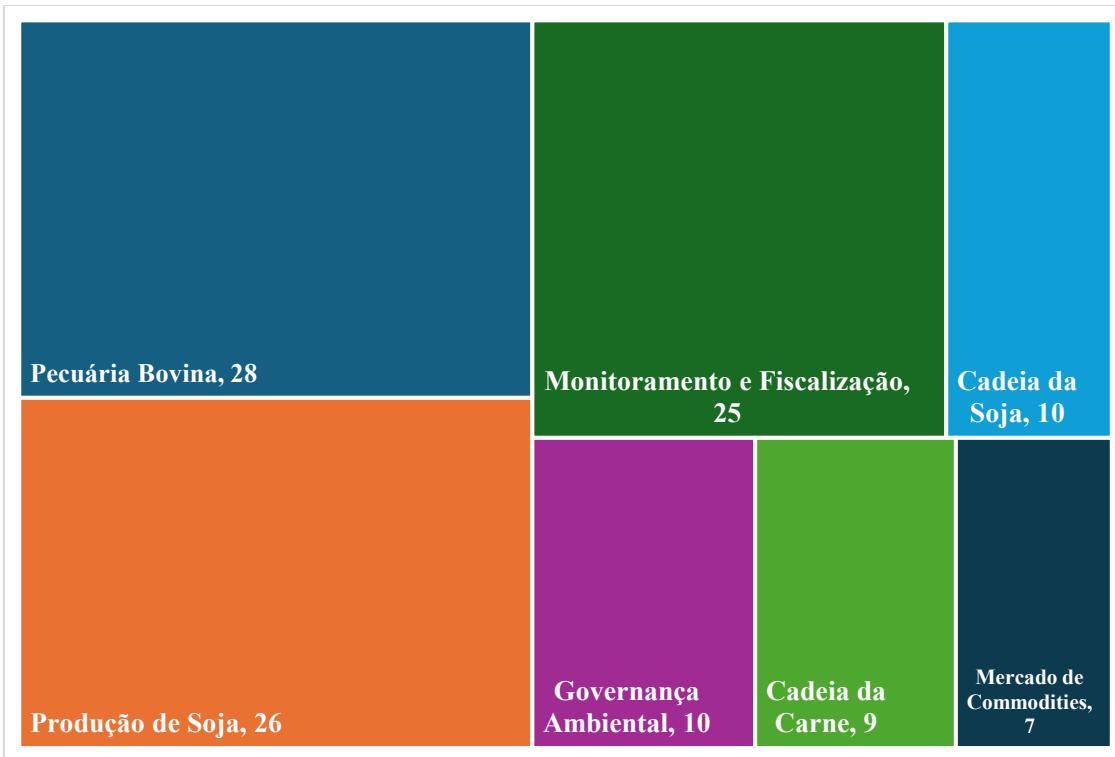


Figura 3. Principais fatores responsáveis pelo desmatamento na Amazônia Legal apontados pelos artigos revisados.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa (2025).

O protagonismo da pecuária no desmatamento amazônico decorre não apenas da conversão direta de florestas em pastagens, mas também de seu papel funcional como etapa inicial da ocupação territorial, especialmente nas fases precursoras da agricultura mecanizada (Gollnow; Lakes, 2014). Nesse cenário, estima-se que as emissões relacionadas ao setor representem quase metade das emissões totais do Brasil, em razão da queima da vegetação e da fermentação entérica bovina, responsável pela maior emissão de metano no país (Bustamante *et al.*, 2012).

Além disso, a atividade revela uma dinâmica territorial cíclica. Áreas inicialmente desmatadas para pastagem são, após certo tempo, abandonadas e recobertas por vegetação secundária, sendo em seguida, suprimidas novamente. Em diversos casos, essas áreas degradadas são convertidas para a agricultura mecanizada, com destaque para a sojicultura (Picoli *et al.*, 2020; Domingues; Bermann, 2012).

Outro fator relevante é o uso da pecuária como justificativa legal para caracterizar o uso produtivo da terra, critério este essencial à formalização da posse e à

titulação fundiária no âmbito jurídico (Nepstad *et al.*, 2009). Tal prática contribui para a perpetuação da ocupação irregular e a intensificação da supressão florestal.

Apesar de seus impactos socioambientais, é inegável a importância da pecuária para a subsistência de pequenos produtores. Por isso, políticas públicas devem considerar as desigualdades estruturais entre os distintos perfis produtivos, assegurando equidade e efetividade nas ações de controle ambiental (Rivero *et al.*, 2009).

A expansão da pecuária extensiva, portanto, representa um desafio à sustentabilidade. Contudo, estudos que analisaram o passivo ambiental gerado pelas cadeias produtivas, demonstram que o setor possui elevado potencial de mitigação, sendo capaz de reduzir emissões sem comprometer sua produtividade. Trata-se, pois, de uma alternativa estratégica e economicamente viável aos compromissos climáticos brasileiros (Garrett *et al.*, 2018; Bustamante *et al.*, 2012).

3.2 A Produção e a Cadeia Produtiva da Soja na Amazônia Legal

A expansão da soja na América do Sul, sobretudo no Brasil, intensificou-se a partir de 2005, impulsionada pela demanda global e pelo avanço das lavouras em direção ao norte, o que afetou diretamente o bioma Amazônico (Waroux *et al.*, 2019; Domingues; Bermann, 2012). A oleaginosa consolidou-se como uma das principais atividades econômicas da Amazônia Legal, transformando paisagens florestais em áreas agroindustriais e posicionando o Brasil entre os maiores produtores mundiais (Rausch; Gibbs, 2016; Hecht, 2011). Embora parte da produção ocorra sobre pastagens já abertas, o ciclo produtivo frequentemente se inicia com o desmatamento, passa pela pecuária e culmina na agricultura mecanizada, deslocando a criação de gado para novas fronteiras (Domingues; Bermann, 2012; Arima; Richards; Caldas, 2011).

A revisão sistemática identificou 26 estudos que apontam a soja como vetor relevante do desmatamento, estimando-se que cerca de 90% das propriedades produtoras tenham origem em áreas ilegalmente desmatadas. Além disso, 10 pesquisas destacaram especificamente a influência da cadeia produtiva da oleaginosa sobre os índices de desmatamento, indicando que aproximadamente 20% das exportações de soja da AL para a União Europeia podem estar associadas a áreas desmatadas ilegalmente.

Nesse processo, o deslocamento da pecuária para regiões ainda florestadas amplia os efeitos indiretos da expansão da soja, reforçando a conexão entre a produção

agrícola, a pressão sobre novas fronteiras e os impactos ambientais que se refletem no mercado internacional (Gibbs *et al.*, 2015; Rajão *et al.*, 2020).

Apesar dos impactos ambientais, a soja tornou-se atividade estratégica para a economia da região, gerando conflitos políticos entre a necessidade de controle e os estímulos à produção (Mello; Artaxo, 2017; Klingler; Richards; Ossner, 2017). O crescimento foi alavancado pela participação de grandes empresas multinacionais ligadas à produção de sementes, ao financiamento e à comercialização de grãos, farelo e óleo de soja, destinados a diferentes indústrias (Domingues; Bermann, 2012).

Em 2008, apenas 3% da Amazônia estava ocupada por soja, mas desde então a área cultivada mais que triplicou, com destaque para o Mato Grosso, onde predominam grandes propriedades, muitas acima de 1.000 hectares, dotadas de infraestrutura própria e financiadas por grandes *tradings* (Ermgassen *et al.*, 2022; Nepstad *et al.*, 2009; Rausch; Gibbs, 2016). Esse movimento amplia as pressões fundiárias sobre áreas preservadas, incluindo unidades de conservação e terras indígenas (Nepstad *et al.*, 2014; Arima; Richards; Caldas, 2011).

Diante da crescente preocupação dos consumidores e do risco de boicotes, o setor tem buscado adequar-se a padrões internacionais de certificação e conformidade ambiental (Soares-Filho *et al.*, 2014; Waroux *et al.*, 2019). Nessa contingência, destaca-se a Moratória da Soja, instituída em 2006, pela qual empresas privadas comprometeram-se a não adquirir soja oriunda de áreas desmatadas ilegalmente (Rausch; Gibbs, 2016; Lambin *et al.*, 2014).

O número de acordos privados para reduzir o desmatamento nas cadeias de abastecimento aumentou muito a partir de 2012, com compromissos públicos envolvendo produtores, processadores, comerciantes, fabricantes e distribuidores. As iniciativas nas cadeias de abastecimento, desenvolvidas por intervenientes do setor privado, têm potencial para contribuir com a redução do desmatamento se estiverem associadas a ações eficazes de monitoramento e fiscalização no terreno (Lambin *et al.*, 2018).

3.3 Falhas na Aplicação da Lei

A literatura especializada aponta que a ineficácia na aplicação das normas ambientais é fator decisivo para a elevação das taxas de desmatamento na AL (Fearnside, 2008). Pelo menos 25 estudos revisados associam o avanço da supressão florestal à

fragilidade dos instrumentos de fiscalização e à ineficácia no cumprimento das leis (Verburg *et al.*, 2014).

De fato, a ausência de penalidades severas e a descontinuidade das ações de comando e controle favorecem a repetição de práticas ilegais. Esse cenário é agravado pela ausência de incentivos positivos e pela influência política de setores do agronegócio, como evidenciam as anistias concedidas pelo Código Florestal (CF) (Nepstad *et al.*, 2014; Soares-Filho *et al.*, 2014).

Apesar dos entraves, experiências exitosas entre 2004 e 2012 demonstram que é possível conter o desmatamento com aplicação eficiente das leis. Nesse período, o Brasil tornou-se referência mundial na fiscalização ambiental, reforçando que a vontade política e a capacidade institucional são determinantes para a efetividade normativa (Waroux *et al.*, 2019; Schielein; Börner, 2018).

Estudos, como o de Freitas *et al.* (2018), indicam que, se plenamente implementado, o atual marco jurídico brasileiro seria suficiente para preservar cerca de 95% da floresta remanescente. No entanto, o êxito das ações de controle depende do fortalecimento das agências públicas, cuja estrutura tem sido enfraquecida por sucessivos cortes orçamentários (Nepstad *et al.*, 2009; Picoli *et al.*, 2020).

Embora criticadas por sua limitada abrangência social, as normas ambientais ainda são pré-condição para políticas complementares, como os pagamentos por serviços ecossistêmicos. Assim, sua aplicação eficiente é peça-chave para a integração de diferentes instrumentos de conservação (Börner *et al.*, 2015; Börner; Marinho; Wunder, 2015).

Em síntese, a persistência das fragilidades na fiscalização ambiental favorece a continuidade do desmatamento, a despeito da existência de marcos legais consistentes. Paralelamente, destaca-se o papel crescente das empresas transnacionais que, no âmbito de uma economia globalizada, têm exercido influência sobre o padrão de uso dos recursos naturais da Amazônia (Lambin *et al.*, 2014).

3.4 Governança Ambiental

A cadeia produtiva da soja figura como um dos principais vetores diretos do desmatamento na Amazônia Legal, conforme apontado por 10 estudos analisados (Mello; Artaxo, 2017; Klingler; Richards; Ossner, 2017). Estima-se que cerca de 20% das exportações de soja para a União Europeia estejam associadas a áreas ilegalmente desmatadas (Rajão *et al.*, 2020).

Apesar da conversão de pastagens degradadas em lavouras, a soja continua a avançar sobre florestas nativas, alimentando um cenário de conflitos entre os interesses ambientais e os econômicos da região (Domingues; Bermann, 2012; Rausch; Gibbs, 2016). Esse crescimento é impulsionado pela atuação de grandes corporações multinacionais que controlam desde o financiamento até a comercialização do produto (Domingues; Bermann, 2012).

Embora representasse apenas 3% da área da Amazônia em 2008, a cultura da soja expandiu-se expressivamente nas últimas décadas, sendo hoje liderada por grandes produtores concentrados, especialmente no estado do Mato Grosso (Ermgassen *et al.*, 2022; Nepstad *et al.*, 2009).

Em resposta às pressões internacionais, o setor passou a adotar mecanismos voluntários de certificação e rastreabilidade para assegurar práticas sustentáveis e evitar sanções mercadológicas, como boicotes (Soares-Filho *et al.*, 2014). Iniciativas como a Moratória da Soja e os acordos privados nas cadeias de suprimento têm buscado garantir a conformidade ambiental da produção (Lambin *et al.*, 2014; Rausch; Gibbs, 2016).

Entretanto, o êxito dessas iniciativas depende do fortalecimento das ações de fiscalização *in loco*, bem como da articulação entre produtores, empresas e governos (Lambin *et al.*, 2018).

3.5 Cadeia Produtiva da Carne

A cadeia produtiva da carne bovina destaca-se como vetor estruturante do desmatamento na Amazônia Legal. A atividade, majoritariamente extensiva, ainda lidera a conversão de florestas em pastagens na região (Tyukavina *et al.*, 2017; Klingler; Richards; Ossner, 2017). O adensamento industrial promovido pelos frigoríficos reforçou esse processo, fato evidenciado em 9 dos 50 estudos analisados na RS.

A bovinocultura, presente tanto em pequenas quanto em grandes propriedades, consolidou-se por sua simplicidade operacional e baixa exigência de capital. Embora muitas dessas fazendas operem com rebanhos extensivos e baixa lotação, várias já integram cadeias de suprimento globais, sendo o Brasil o maior exportador mundial de carne bovina (Ermgassen *et al.*, 2020; Walker; Patel; Kalif, 2013).

A instalação de novos frigoríficos tem sido associada a significativas expansões de desmatamento, com registros de até 3.500 hectares anuais (Ermgassen *et al.*, 2020). Além disso, quanto maior o rebanho em determinado ano, maior a pressão sobre a terra no ano seguinte (Picoli *et al.*, 2020). Essa correlação reflete a dinâmica de ocupação e uso predatório da terra na Amazônia.

Diante da crescente exigência dos mercados por conformidade ambiental, a cadeia da carne passou a adotar mecanismos de rastreabilidade, rotulagem e certificação. Iniciativas como a Moratória da Carne visam impedir a comercialização de produtos oriundos de áreas ilegalmente desmatadas (Lambin *et al.*, 2014; Klingler; Richards; Ossner, 2017).

Ainda assim, o setor enfrenta o desafio de alinhar produtividade com sustentabilidade. A pecuária apresenta elevado potencial de mitigação de emissões de GEE, especialmente com a recuperação de pastagens degradadas, eliminação do uso do fogo e tratamento da fermentação entérica (Bustamante *et al.*, 2012).

Por fim, observa-se que a adoção de boas práticas agropecuárias e o cumprimento da legislação ambiental têm ampliado o acesso dos produtores aos mercados externos e ao crédito rural. Ao mesmo tempo, tais práticas reduzem riscos fundiários e fortalecem políticas de intensificação sustentável (Nepstad; Stickler; Almeida, 2006; Waroux *et al.*, 2019).

3.6 Outros Fatores

A construção de rodovias na Amazônia, iniciada com a Transamazônica em 1970, intensificou o desmatamento ao facilitar o acesso a áreas remotas. A pavimentação de vias como a BR-163 exemplifica o estímulo à expansão agropecuária, especialmente nos estados de Mato Grosso e Pará (Fearnside, 2005; Verburg *et al.*, 2014). Com isso, a malha rodoviária tornou-se vetor estrutural de pressão antrópica sobre a floresta (Schielein; Börner, 2018).

Além da infraestrutura, a insegurança fundiária também agrava o processo de desmatamento. Estima-se que dois terços das áreas florestais ameaçadas careçam de definição formal de posse, o que impulsiona a ocupação irregular e a supressão vegetal como mecanismo de legitimação territorial (Börner *et al.*, 2014; Klingler; Richards; Ossner, 2017). Essa dinâmica contribui para conflitos agrários e violações socioambientais (Souza; Miziara; Marco Júnior, 2013).

Nesse cenário, políticas públicas ambíguas agravaram o problema. Embora o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra) tenha restringido a criação de novos assentamentos a áreas já desmatadas, a regularização de invasões ilegais gerou efeitos adversos. Ao indenizar proprietários de terras ocupadas por posseiros, criou-se um incentivo econômico ao desmatamento e à conivência com as grilagens (Fearnside, 2005).

A expansão da fronteira agrícola, por sua vez, marginaliza populações rurais e desloca comunidades para centros urbanos. A substituição da agricultura familiar por grandes empreendimentos reduz empregos e compromete a segurança alimentar local (Domingues; Bermann, 2012). Paralelamente, a especulação fundiária segue atuando como uma força silenciosa no avanço da degradação florestal (Fearnside, 2005).

De igual modo, práticas ilícitas como lavagem de dinheiro e evasão fiscal têm financiado atividades agropecuárias ilegais na Amazônia. Fazendas de fachada são utilizadas por traficantes e sonegadores como instrumento de branqueamento de capitais, muitas vezes com baixa produtividade e altos impactos ambientais (Fearnside, 2005; Lambin *et al.*, 2018).

A isso se soma a expansão do tráfico de drogas na região, cuja estrutura operacional fomenta atividades predatórias como o garimpo ilegal e a pecuária extensiva. Investimentos em propriedades rurais são frequentemente utilizados para legitimar capitais ilícitos, agravando ainda mais o ciclo de degradação (Fearnside, 2005).

Para além das atividades ilegais, a baixa tecnificação agrícola também exerce papel relevante na conversão da floresta. Práticas rudimentares exigem sucessiva incorporação de novas áreas, alimentando a dinâmica de desmatamento (Prates; Bacha, 2011). A isso se soma a carência de assistência técnica e de alternativas produtivas sustentáveis (Schielein; Börner, 2018).

Outro fator estruturante da degradação é a exploração seletiva de madeira, que aumenta a vulnerabilidade ao fogo. O primeiro incêndio, ao alterar a estrutura da floresta,

torna-a mais propensa a queimadas sucessivas, gerando um ciclo de degradação quase irreversível (Fearnside, 2005).

Diante desse quadro, impõe-se a necessidade de um novo modelo de desenvolvimento para a Amazônia. A transição para práticas produtivas de baixo impacto requer a articulação entre instrumentos coercitivos, incentivos positivos e financiamento adequado (Nepstad *et al.*, 2014). Somente assim será possível conciliar a conservação ambiental com a inclusão socioeconômica na região.

4. POLÍTICAS E AÇÕES INSTITUCIONAIS PARA O CONTROLE DO DESMATAMENTO

Em 2015, ao assinar o Acordo de Paris, o Brasil comprometeu-se a eliminar o desmatamento ilegal na Amazônia até 2030. Além disso, estabeleceu metas ambiciosas de reflorestamento e recuperação de pastagens degradadas. Esse compromisso reflete a crescente pressão da comunidade internacional, impulsionada pela intensificação de eventos climáticos extremos, sobre os governos, no sentido de adotarem políticas efetivas de mitigação e adaptação (Fearnside, 2005; West; Fearnside, 2021).

Essa pressão também emana de consumidores internacionais, especialmente europeus, preocupados com a origem das *commodities* agrícolas brasileiras. A rastreabilidade de produtos tornou-se central nas estratégias comerciais de grandes empresas, que passaram a mapear os riscos de desmatamento em suas cadeias de suprimento, sob pena de sofrerem sanções comerciais (Rajão *et al.*, 2020; Ermgassen *et al.*, 2022; Trancoso, 2021).

No plano interno, o Brasil criou, em 2009, a Política Nacional sobre Mudanças Climáticas, com metas claras para redução das emissões de GEE. Mais de 80% dessa redução deve ser alcançada pela contenção do desmatamento, sobretudo na Amazônia e no Cerrado, e pelo fomento à agricultura sustentável (Mello; Artaxo, 2017). A partir disso, a preservação da Amazônia passou a ocupar posição central na agenda ambiental do país (Fearnside, 2005; Schielein; Börner, 2018).

Contudo, o recrudescimento das taxas de desmatamento a partir de 2014 impõe questionamentos quanto à eficácia das estratégias adotadas (Gollnow; Lakes, 2014). Trata-se de um desafio de elevada complexidade, cujas implicações transcendem o campo

ambiental, atingindo também as esferas social, econômica e política (Souza; Miziara; Marco Júnior, 2013).

Dado que o desmatamento decorre de múltiplos fatores interdependentes, desde dinâmicas locais até pressões do mercado global, seu controle exige a combinação de ações de fiscalização rigorosa com políticas públicas integradas (Trancoso, 2021). Nesse contexto, torna-se imprescindível compatibilizar os interesses do agronegócio com a manutenção da integridade ecológica do bioma (Picoli *et al.*, 2020).

A literatura revisada indica que a efetividade do controle está atrelada à capacidade institucional do Estado, à qualidade da governança ambiental e à coerência das políticas implementadas (Nolte *et al.*, 2013). Portanto, compreender as interações entre diferentes instrumentos e políticas é condição necessária para alcançar resultados duradouros (Heilmayr *et al.*, 2020).

A análise dos 50 estudos incluídos na revisão sistemática revelou que o fortalecimento do monitoramento e da fiscalização figura como a principal ação institucional de combate ao desmatamento, sendo citado por 41 trabalhos. Em seguida, melhorias na governança ambiental aparecem em 32 estudos. Intervenções nas cadeias produtivas de soja e carne são destacadas em 23 análises.

Adicionalmente, o pagamento por serviços ambientais (PSA) é apontado por 19 estudos, enquanto o zoneamento ecológico-econômico aparece em 14 artigos. Investimentos na produção sustentável foram mencionados em 13 trabalhos. Por fim, a certificação de produtos agropecuários e a reformulação do crédito rural foram mencionadas por 11 e 9 estudos, respectivamente, conforme sistematizado no Quadro 2.

Quadro 2. Principais ações institucionais implementadas para o controle do desmatamento na Amazônia Legal, apontadas pelos artigos revisados.

(continua)

Ação Institucional	Artigos	Qtde.
Fortalecimento dos Sistemas de Monitoramento e Fiscalização	Nepstad <i>et al.</i> (2014), Soares-Filho <i>et al.</i> (2014), Nolte <i>et al.</i> (2013), Nepstad, Stickler e Almeida (2006), Lambin <i>et al.</i> (2014), Lambin <i>et al.</i> (2018), Nepstad <i>et al.</i> (2009), DeFries <i>et al.</i> (2007), Rajão <i>et al.</i> (2020), Arima, Richards e Caldas (2011), Gibbs <i>et al.</i> (2015), Brancalion <i>et al.</i> (2016), Rochedo <i>et al.</i> (2018), Godar <i>et al.</i> (2014), Carvalho <i>et al.</i> (2019), Azevedo <i>et al.</i> (2017), Tyukavina <i>et al.</i> (2017), Bustamante <i>et al.</i> (2012), Diniz <i>et al.</i> (2015), Gollnow e Lakes (2014), Fearnside (2008), Waroux <i>et al.</i> (2019), Schielein e Börner (2018), Verburg <i>et al.</i> (2014), Hecht (2011), Börner <i>et al.</i> (2014), West e Fearnside (2021), Freitas <i>et al.</i> (2018), Börner <i>et al.</i> (2015), Barbosa, Alves e Grelle (2021), Souza, Miziara e Marco Junior (2013), Ruviraro, Barcellos, e Dewes (2014), Mello e Artaxo (2017), Skidmore <i>et al.</i> (2021), Picoli <i>et al.</i> (2020), Rausch e Gibbs (2016), Trancoso (2021), Sparovek <i>et al.</i> (2018), Prates e Bacha (2011), Ermgassen <i>et al.</i> (2022), Klingler, Richards e Ossner (2017).	41
Melhorias na Governança Ambiental	Nolte <i>et al.</i> (2013), Arima, Richards e Caldas (2011), Brancalion <i>et al.</i> (2016), Carvalho <i>et al.</i> (2019), Bustamante <i>et al.</i> (2012), Gollnow e Lakes (2014), Godar <i>et al.</i> (2014), Waroux <i>et al.</i> (2019), Schielein e Börner (2018), Rivero <i>et al.</i> (2009), Ermgassen <i>et al.</i> (2020), Verburg <i>et al.</i> (2014), Hecht (2011), Börner <i>et al.</i> (2014), West e Fearnside (2021), Freitas <i>et al.</i> (2018), Walker, Patel e Kalif (2013), Barbosa, Alves e Grelle (2021), Koch <i>et al.</i> (2019), Börner, Marinho e Wunder (2015), Souza, Miziara e Marco Júnior (2013), Ruviraro, Barcellos, e Dewes (2014), Mello e Artaxo (2017), Skidmore <i>et al.</i> (2021), Picoli <i>et al.</i> (2020), Rausch e Gibbs (2016), Trancoso (2021), Sparovek <i>et al.</i> (2018), Prates e Bacha (2011), Ermgassen <i>et al.</i> (2022), Klingler, Richards e Ossner (2017), Heilmayr <i>et al.</i> (2020).	26
Intervenções nas Cadeias de Abastecimento (Soja e/ou Carne)	Fearnside (2005), Soares-Filho <i>et al.</i> (2014), Lambin <i>et al.</i> (2018), Nepstad <i>et al.</i> (2009), Rajão <i>et al.</i> (2020), Brancalion <i>et al.</i> (2016), Garrett <i>et al.</i> (2018), Godar <i>et al.</i> (2014), Carvalho <i>et al.</i> (2019), Azevedo <i>et al.</i> (2017), Bustamante <i>et al.</i> (2012), Fearnside (2008), Verburg <i>et al.</i> (2014), Hecht (2011), Börner <i>et al.</i> (2014), West e Fearnside (2021), Börner <i>et al.</i> (2015), Börner, Marinho e Wunder (2015), Heilmayr <i>et al.</i> (2020).	19
Zoneamento Ambiental	Nepstad, Stickler e Almeida (2006), Lambin <i>et al.</i> (2014), Lambin <i>et al.</i> (2018), Schielein e Börner (2018), Verburg <i>et al.</i> (2014), Domingues e Bermann (2012), Skidmore <i>et al.</i> (2021), Picoli <i>et al.</i> (2020), Rausch e Gibbs (2016), Trancoso (2021), Sparovek <i>et al.</i> (2018), Prates e Bacha (2011), Ermgassen <i>et al.</i> (2022), Klingler, Richards e Ossner (2017).	14

(conclusão)

Ação Institucional	Artigos	Qtde.
Investimentos na Produção Sustentável	Soares-Filho <i>et al.</i> (2014), Brancalion <i>et al.</i> (2016), Garrett <i>et al.</i> (2018), Carvalho <i>et al.</i> (2019), Azevedo <i>et al.</i> (2017), Waroux <i>et al.</i> (2019), Schielein e Börner (2018), Walker, Patel e Kalif (2013), Koch <i>et al.</i> (2019), Mello e Artaxo (2017), Sparovek <i>et al.</i> (2018), Ermgassen <i>et al.</i> (2022), Klingler, Richards e Ossner (2017).	13
Certificação dos Produtos Agropecuários	Soares-Filho <i>et al.</i> (2014), Nepstad, Stickler e Almeida (2006), Lambin <i>et al.</i> (2014), Lambin <i>et al.</i> (2018), Rajão <i>et al.</i> (2020), Domingues e Bermann (2012), Börner, Marinho e Wunder (2015), Ruviaro, Barcellos, e Dewes (2014), Mello e Artaxo (2017), Klingler, Richards e Ossner (2017), Heilmayr <i>et al.</i> (2020).	11
Mudanças no Fornecimento de Subsídios e Crédito Rural	Fearnside (2005), Brancalion <i>et al.</i> (2016), Garrett <i>et al.</i> (2018), Carvalho <i>et al.</i> (2019), Azevedo <i>et al.</i> (2017), Rivero <i>et al.</i> (2009), Koch <i>et al.</i> (2019), Mello e Artaxo (2017), Klingler, Richards e Ossner (2017).	9

Fonte: elaborado pelo autor.

Para que as ações institucionais destacadas no Quadro 2 sejam eficazes, é indispensável uma gestão articulada entre os setores público e privado. Essa articulação deve assegurar a integração dos instrumentos disponíveis e garantir uma agenda ambiental negociada com todos os atores envolvidos (Lambin *et al.*, 2014). Afinal, o controle do desmatamento exige esforços coordenados entre Estado, setor produtivo e sociedade civil (Garrett *et al.*, 2018).

Além disso, é imprescindível que os processos de implementação dessas ações sejam conduzidos com rigor técnico e submetidos a mecanismos eficazes de monitoramento e avaliação de resultados (Lambin *et al.*, 2014). Para tanto, o Brasil estruturou seu arcabouço institucional em dois eixos principais: os arranjos privados nas cadeias produtivas e as estratégias públicas baseadas em ações de comando e controle (Picoli *et al.*, 2020).

Nesse contexto, os investimentos estatais em fiscalização ambiental e nos instrumentos punitivos, como a restrição ao crédito e ao acesso ao mercado, revelam-se fundamentais para a contenção do desmatamento (Nepstad *et al.*, 2014; Nepstad; Stickler; Almeida, 2006). Contudo, a limitação da capacidade estatal fomentou a criação de instrumentos híbridos de política ambiental.

Esses instrumentos combinam mecanismos regulatórios públicos e privados, interagindo por complementaridade, substituição ou oposição (Lambin *et al.*, 2014). Em determinados casos, os sistemas privados reforçam normas estatais; em outros, atuam onde o Estado é omisso ou ineficaz. A finalidade é atender à demanda por produtos sustentáveis e induzir mudanças nos padrões de produção da agropecuária (Klingler; Richards; Ossner, 2017).

As empresas, por sua vez, têm adotado códigos de conduta, critérios de sustentabilidade e mecanismos de certificação, além de iniciativas voluntárias, como moratórias, para evitar associações com o desmatamento (Lambin *et al.*, 2018). Tais práticas demonstram o papel crescente do setor privado na governança ambiental.

Diante dessa realidade, o Brasil passou a adotar três políticas centrais voltadas à mitigação dos impactos ambientais da expansão agropecuária: o PPCDAm, a Moratória da Soja e a Moratória da Carne (Picoli *et al.*, 2020). Cada uma delas incorporou, em alguma medida, as ações institucionais identificadas na presente revisão sistemática.

Considerando a relevância dessas estratégias no enfrentamento da supressão florestal, os tópicos seguintes analisarão, de forma detalhada, seus principais instrumentos, mecanismos de atuação e os resultados alcançados até o momento.

4.1 A Moratória da Soja

A demanda global por soja vem impulsionando a expansão da agricultura mecanizada na América do Sul. No Brasil, esse avanço ocorreu sobretudo na Amazônia Legal, onde a área colhida triplicou, consolidando a soja como uma das atividades econômicas mais expressivas da região (Waroux *et al.*, 2019; Ermgassen *et al.*, 2022; Rausch; Gibbs, 2016).

Esse processo foi acelerado por eventos internacionais. Em 2001, a União Europeia proibiu o uso de ração animal com proteína de origem animal. O farelo de soja, por ser um substituto eficaz, passou a ser amplamente utilizado, favorecendo a produção brasileira. Na época, a Amazônia Legal destacava-se por cultivar soja não transgênica, preferida pelos europeus (Nepstad; Stickler; Almeida, 2006).

A ampliação da produção inseriu o Brasil no centro das cadeias globais de alimentos e energia. Entre 2003 e 2004, o país tornou-se o maior exportador mundial da

oleaginosa, com a soja representando 8% das exportações nacionais (Domingues; Bermann, 2012; Sparovek *et al.*, 2018).

Contudo, o crescimento das exportações veio acompanhado de externalidades ambientais negativas. Estimativas apontam que cerca de 20% da soja exportada da Amazônia para a União Europeia provêm de áreas desmatadas ilegalmente, evidenciando os impactos ambientais do comércio internacional (Rajão *et al.*, 2020; Klingler; Richards; Ossner, 2017).

Diante disso, especialistas alertavam que a dinâmica das exportações exercerá papel determinante nas futuras taxas de desmatamento vinculadas à agropecuária (Walker; Patel; Kalif, 2013). A Figura 5 ilustra a evolução das exportações de soja, em milhões de toneladas, entre 2000 e 2022, indicando a relevância econômica e ambiental do tema.

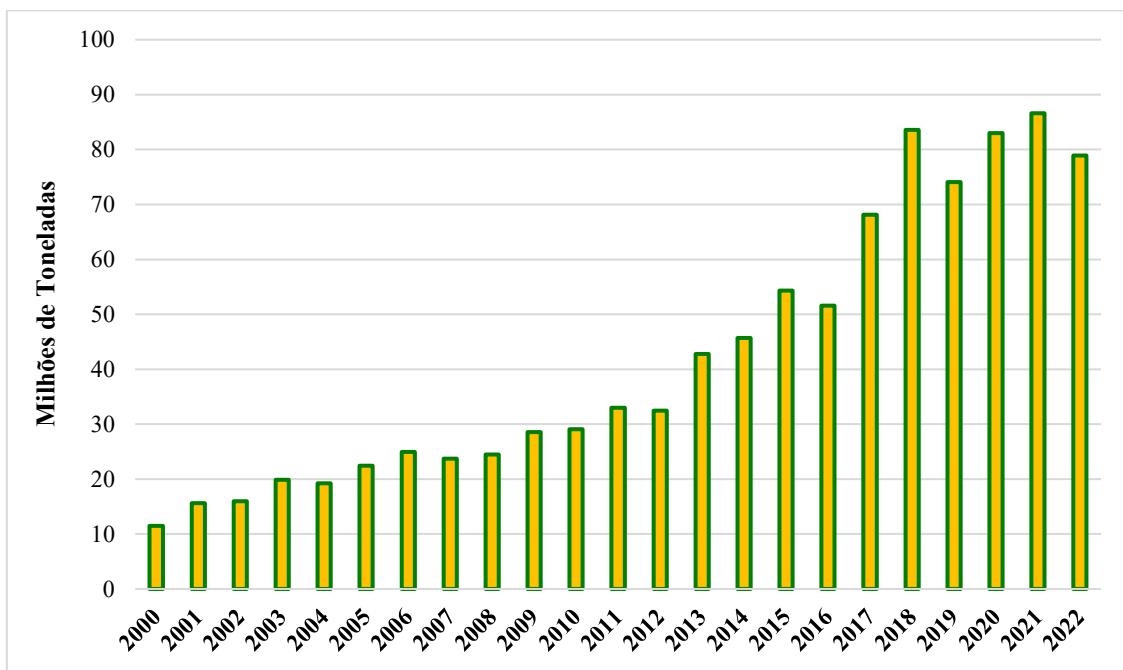


Figura 4. Exportações brasileiras de soja em grãos, em milhões de toneladas, entre 2000 e 2022.

Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados disponibilizados pela FAO (2024).

A intensificação da demanda global por soja também impulsionou a expansão da agricultura mecanizada na Amazônia Legal. Com o apoio de inovações tecnológicas e da infraestrutura rodoviária, essa dinâmica resultou na ocupação de áreas florestais sensíveis, ampliando os impactos ambientais no bioma (Verburg *et al.*, 2014; Nepstad *et al.*,

al., 2014; Freitas *et al.*, 2018). A alta rentabilidade do setor contribuiu para o avanço da soja sobre antigas áreas de pecuária e vegetação nativa.

A nova fronteira agrícola da soja expandiu-se sobre o Cerrado e atingiu o sul do Pará e do Amazonas, consolidando-se como fator direto e indireto do desmatamento (Domingues; Bermann, 2012; Gibbs *et al.*, 2015). Ainda que algumas áreas de pastagem estejam sendo convertidas, o cultivo segue pressionando regiões florestais, em um processo que desloca a pecuária para novas áreas e estimula mais desmatamento (Arima; Richards; Caldas, 2011; Rausch; Gibbs, 2016).

Esse ciclo, marcado por ocupação clandestina, de pecuária inicial e posterior sojicultura, tem elevado os índices de degradação ambiental. Estima-se que 90% das propriedades que cultivam soja na Amazônia foram desmatadas ilegalmente, o que reforça a gravidade do problema (Rajão *et al.*, 2020). Além disso, o crescimento da produção tem sido alavancado por empresas multinacionais que dominam a cadeia da soja (Domingues; Bermann, 2012).

Apesar das fragilidades das políticas públicas, ainda é possível mitigar os efeitos dessa expansão. Medidas como o cumprimento da legislação ambiental, ampliação das áreas protegidas, restrições ao crédito e intervenções nas cadeias de abastecimento podem conter o avanço do desmatamento (Nepstad *et al.*, 2014). Nesse sentido, o papel do mercado internacional tem se tornado decisivo.

Nos últimos anos, consumidores, instituições financeiras e governos estrangeiros, principalmente da União Europeia, têm pressionado por maior sustentabilidade nas cadeias de produção agrícola. A preocupação com o impacto socioambiental das *commodities* tem influenciado decisões de consumo e induzido a criação de leis e exigências mais rígidas em países como Alemanha, França e Reino Unido (Ermgassen *et al.*, 2022; Trancoso, 2021).

Essa tendência tem levado empresas a investir em rastreabilidade e transparência, buscando identificar e evitar fornecedores associados ao desmatamento (Carvalho *et al.*, 2019). As cadeias de suprimento, cada vez mais globalizadas, exigem respostas integradas, nas quais o setor privado atua como agente complementar às políticas públicas (Nepstad; Stickler; Almeida, 2006; Lambin *et al.*, 2014).

Ações corporativas têm sido decisivas para preencher lacunas de governança, contribuindo para a formulação de políticas ambientais mais eficientes. A cooperação

entre governos, empresas e sociedade civil é essencial para construir um modelo de desenvolvimento sustentável na região (Rausch; Gibbs, 2016; Lambin *et al.*, 2018).

Nesse sentido, destacam-se iniciativas como a Moratória da Soja e o Acordo da Carne com Desmatamento Zero. Essas medidas impõem sanções privadas à cadeia de abastecimento, condicionando o comércio à conformidade ambiental. Na prática, operam como ferramentas de exclusão de produtores irregulares (Lambin *et al.*, 2018; Waroux *et al.*, 2019).

A Moratória da Soja, iniciada em 2006, dificulta a compra de soja cultivada em áreas desmatadas após julho daquele ano. Com apoio de ONGs, *traders* e produtores, o acordo estabeleceu novos padrões de governança privada e ampliou a responsabilização ambiental na cadeia produtiva (Walker; Patel; Kalif, 2013; Domingues; Bermann, 2012; Heilmayr *et al.*, 2020). Esse sistema de monitoramento combina imagens MODIS⁴ com dados do PRODES⁵, associando informações do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e visitas de campo. Assim, o Grupo de Trabalho da Soja (GTS) elabora listas de propriedades em desacordo com os critérios ambientais, restringindo seu acesso ao mercado (Rausch; Gibbs, 2016).

A consolidação desse arranjo reforçou a eficácia da aplicação das normas, ao mesmo tempo em que reduziu custos de transação e ampliou o alcance das sanções ambientais. Com a prorrogação por tempo indeterminado em 2016, a Moratória passou a configurar um modelo de regulação híbrida, no qual atores privados e públicos compartilham responsabilidades, contribuindo de forma significativa para a contenção do desmatamento (Heilmayr *et al.*, 2020; West; Fearnside, 2021).

Acordos públicos e privados, como a Moratória da Soja, têm papel relevante no controle do desmatamento quando articulados a mecanismos de monitoramento e regularização fundiária (Heilmayr *et al.*, 2020; Lambin *et al.*, 2018). Ao proibir a compra de soja oriunda de áreas recentemente desmatadas, esse acordo reduziu incentivos à conversão de florestas em áreas agrícolas (Heilmayr *et al.*, 2020; Klingler; Richards; Ossner, 2017).

⁴ As imagens MODIS referem-se ao sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*, instalado nos satélites Terra e Aqua da NASA, que captura dados diários de média resolução, permitindo a detecção rápida de alterações na cobertura vegetal.

⁵ Já o PRODES, Programa de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal, é operado pelo INPE e produz, anualmente, estimativas oficiais de corte raso na Amazônia a partir de imagens de alta resolução, sendo a principal base governamental de referência para a medição do desmatamento.

Entretanto, moratórias podem provocar efeitos indesejados, como migração de desmatamento para áreas com menor fiscalização, exclusão de pequenos produtores e falta de transparência na rastreabilidade (Waroux *et al.*, 2019; Lambin *et al.*, 2018). No caso da soja, há evidências de deslocamento do desmatamento da Amazônia para o Cerrado (Heilmayr *et al.*, 2020).

A complexidade das cadeias de fornecimento dificulta a responsabilização ambiental, exigindo monitoramento de fornecedores indiretos e maior integração vertical para evitar desvios (Ermgassen *et al.*, 2020; Ermgassen *et al.*, 2022). Além disso, nas regiões lucrativas da Amazônia, a conservação florestal impõe custos elevados aos produtores, tornando indispensável a partilha de riscos e incentivos econômicos (Nepstad; Stickler; Almeida, 2006; Verburg *et al.*, 2014; Lambin *et al.*, 2018).

Como os ganhos com o desmatamento ilegal superam os benefícios da legalidade, compensações financeiras são necessárias para garantir a adesão dos produtores (Azevedo *et al.*, 2017; Nepstad *et al.*, 2009). Incentivos como crédito, subsídios e apoio internacional podem cobrir os custos de conformidade e viabilizar cadeias produtivas sustentáveis (Lambin *et al.*, 2018; Domingues; Bermann, 2012).

A conciliação entre produção e preservação requer novas formas de governança ambiental, como certificações, moratórias e pagamentos por serviços ambientais, que complementem as políticas estatais (Sparovek *et al.*, 2018; Lambin *et al.*, 2014). Moratórias fortalecem a eficácia das normas ao combinar sanções de mercado com mecanismos de monitoramento, como ocorreu com a exigência do CAR na Moratória da Soja (Waroux *et al.*, 2019; Gibbs *et al.*, 2015; Heilmayr *et al.*, 2020).

Por fim, esse acordo representou o primeiro esforço coordenado entre governo, setor privado e sociedade civil para impedir a comercialização de soja produzida com desmatamento, servindo de modelo para outras cadeias tropicais, como a da carne e do óleo de palma (Carvalho *et al.*, 2019; Gibbs *et al.*, 2015).

4.2 A Moratória da Carne

A pecuária bovina desempenha papel central na economia amazônica e nas exportações brasileiras, sendo responsável por significativa parcela da carne comercializada globalmente, sobretudo a partir do Pará (Ermgassen *et al.*, 2020; Ermgassen *et al.*, 2022). A expansão do setor foi impulsionada por fatores como

valorização externa do preço da carne, queda da moeda nacional, baixa complexidade produtiva e custo reduzido da terra na região (Rivero *et al.*, 2009; Nepstad; Stickler; Almeida, 2006). Os bons índices na produção foram refletidos nas quantidades exportadas da carne, como se observa na Figura 5.

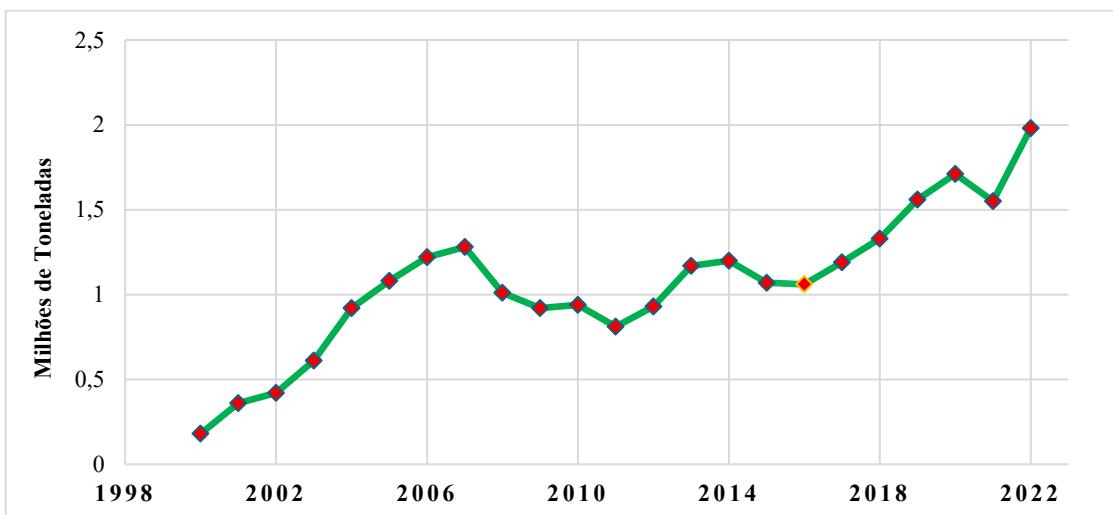


Figura 5. Exportações brasileiras de carne bovina desossada, fresca ou refrigerada em milhões de toneladas, entre 2000 e 2022.

Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados disponibilizados pela FAO (2024).

Essa dinâmica produtiva, marcada pelo uso extensivo das terras e pela baixa taxa de lotação, tem sido historicamente associada ao avanço do desmatamento na Amazônia. Estima-se que 80% da perda florestal entre 1996 e 2005 esteja ligada à atividade pecuária (Nepstad *et al.*, 2009). Mesmo em áreas com grandes fazendas integradas à indústria frigorífica, o sistema produtivo permanece ineficiente, favorecendo a conversão de florestas em pastagens (Bustamante *et al.*, 2012; Nepstad *et al.*, 2014).

A crescente pressão da sociedade civil, de consumidores e de mercados internacionais, exigiu maior transparência e sustentabilidade da cadeia de carne bovina. Diante disso, surgiram iniciativas como a certificação da carne e os compromissos de desmatamento zero, exigindo rastreabilidade e conformidade socioambiental (Lambin *et al.*, 2018; Walker; Patel; Kalif, 2013). No Brasil, isso culminou na criação do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) da Carne, um acordo juridicamente vinculante firmado entre frigoríficos e o Ministério Público Federal (MPF), com apoio do IBAMA, em resposta à pressão do Greenpeace (Klingler; Richards; Ossner, 2017).

Com a adesão ao TAC, os principais frigoríficos da Amazônia passaram a rejeitar gado de propriedades desmatadas após julho de 2008, conforme o novo Código Florestal, adotando sistemas de monitoramento com base em georreferenciamento e análise espacial (Ermgassen *et al.*, 2022; Carvalho *et al.*, 2019). Apesar disso, a eficácia do acordo é limitada, pois o rastreamento ocorre apenas sobre fornecedores diretos, facilitando práticas como a “lavagem de gado” entre propriedades do mesmo pecuarista (Skidmore *et al.*, 2021).

A complexidade da cadeia pecuária, com múltiplas fazendas especializadas em diferentes etapas, torna difícil eliminar o fornecimento indireto. Esse fator fragiliza os acordos, já que os frigoríficos não conseguem identificar se os animais provêm de áreas desmatadas ilegalmente (Walker; Patel; Kalif, 2013; Ermgassen *et al.*, 2022). A situação é agravada pela existência de frigoríficos informais, que compram gado sem controle sanitário e ambiental (Klingler; Richards; Ossner, 2017).

A vulnerabilidade das moratórias a vazamentos é evidente, pois produtos rejeitados no mercado internacional continuam sendo absorvidos pelo consumo interno, o que mantém a pressão sobre as florestas (Waroux *et al.*, 2019). Ademais, os escândalos na indústria, que burlavam o sistema para receber e beneficiar gado de origem duvidosa, revelaram falhas na base de dados utilizada no rastreamento, comprometendo os resultados do TAC, sobretudo no sudoeste do Pará (Lambin *et al.*, 2018; Klingler; Richards; Ossner, 2017).

Diante disso, a ampliação do monitoramento para propriedades auxiliares, o uso de tecnologias como *Global Positioning System* (GPS) e auditorias independentes tornaram-se medidas urgentes. A eficácia dos acordos dependerá da capacidade de rastrear toda a cadeia de fornecimento, inclusive os elos indiretos (Skidmore *et al.*, 2021; Walker; Patel; Kalif, 2013). Isso exige não apenas inovação tecnológica, mas também políticas públicas específicas para pequenos e grandes produtores (Rivero *et al.*, 2009).

Melhorias nos serviços de extensão rural, nos sistemas de transporte e nas práticas produtivas, como pastoreio rotativo e intensificação das pastagens, são igualmente necessárias para reduzir a pressão por novas áreas e impulsionar a produtividade pecuária (Bustamante *et al.*, 2012; Schielein; Börner, 2018). A sustentabilidade da pecuária amazônica exige uma abordagem integrada, que combine governança ambiental, incentivos de mercado e controle territorial efetivo.

4.3 Plano de Ação para a Proteção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAm)

No início dos anos 2000, a Amazônia Legal registrava cerca de 680.000 km² de áreas desmatadas, muitas das quais foram ocupadas pela pecuária extensiva e pela soja, em processos marcados por grilagem de terras e exploração ilegal de madeira. A ausência de fiscalização coordenada agravava a perda florestal, que ultrapassava 27.000 km² ao ano (West; Fearnside, 2021; Diniz *et al.*, 2015; Nepstad *et al.*, 2014).

Em resposta, o governo federal lançou, em 2004, o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm). A iniciativa articulou ministérios, entes federativos, setor privado e sociedade civil, com foco na regularização fundiária, no monitoramento ambiental e na promoção da sustentabilidade (Godar *et al.*, 2014; Mello; Artaxo, 2017).

A implementação do PPCDAm representou um marco no fortalecimento da governança ambiental, ao ampliar e qualificar a fiscalização na Amazônia Legal. Cerca de 21% dos recursos do programa foram destinados ao monitoramento e ao controle do desmatamento, o que reforçou o papel institucional do IBAMA e estimulou o uso de tecnologias de sensoriamento remoto na detecção de clareiras (Nepstad *et al.*, 2014; West; Fearnside, 2021; Hecht, 2011).

Essa inovação tecnológica, associada a inspeções em campo, possibilitou operações interinstitucionais com a Polícia Federal, o Exército e o MPF, integrando políticas fundiárias, fiscais e ambientais (Diniz *et al.*, 2015; Gibbs *et al.*, 2015). Entre os instrumentos aplicados, destacam-se a restrição ao crédito rural e o bloqueio de acesso aos mercados formais, medidas que elevaram os custos do descumprimento da lei e favoreceram a responsabilização de produtores irregulares (Börner *et al.*, 2015; Souza; Miziara; Marco Júnior, 2013; Rausch; Gibbs, 2016).

Paralelamente, sistemas como Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER), o Programa de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal (PRODES), o Sistema de Detecção de Áreas Degradadas (DEGRAD), e o Projeto de Classificação do Uso e Cobertura da Terra (TerraClass), passaram a garantir monitoramento quase em tempo real da cobertura florestal. As imagens de satélite, com maior resolução, aumentaram a precisão na identificação dos ilícitos e facilitaram a

vinculação entre danos ambientais e seus responsáveis (Tyukavina *et al.*, 2017; DeFries *et al.*, 2007).

Ainda assim, a dimensão territorial, os limites orçamentários e as falhas cadastrais no CAR dificultaram a atuação plena do Estado. Essa fragilidade favorece práticas como a “lavagem” da produção em áreas embargadas, reduzindo a eficácia das sanções (Souza; Miziara; Marco Júnior, 2013; Gibbs *et al.*, 2015).

Apesar desses desafios, os primeiros anos do PPCDAm marcaram uma inflexão significativa nas taxas de desmatamento. Entre 2004 e 2012, observou-se uma queda contínua da perda florestal, rompendo com o padrão historicamente elevado da região (Nepstad *et al.*, 2014; Schielein; Börner, 2018).

Operações robustas, reconhecidas internacionalmente, resultaram em apreensões de madeira, embargos de grandes áreas e centenas de prisões. Esse conjunto de medidas configurou um exemplo de política ambiental custo-efetiva, com valores entre US\$ 1,20 e US\$ 3,00 por tonelada de CO₂ evitada (Börner *et al.*, 2015; Mello; Artaxo, 2017; Nolte *et al.*, 2013; West; Fearnside, 2021).

Entre 2004 e 2012, observou-se um declínio contínuo e expressivo na perda florestal, rompendo com o padrão historicamente elevado de desmatamento na região. A queda mais acentuada ocorreu a partir de 2007, refletindo os avanços nos mecanismos de aplicação da lei e no fortalecimento institucional das ações de controle ambiental (West; Fearnside, 2021), conforme pode-se observar na Figura 6.

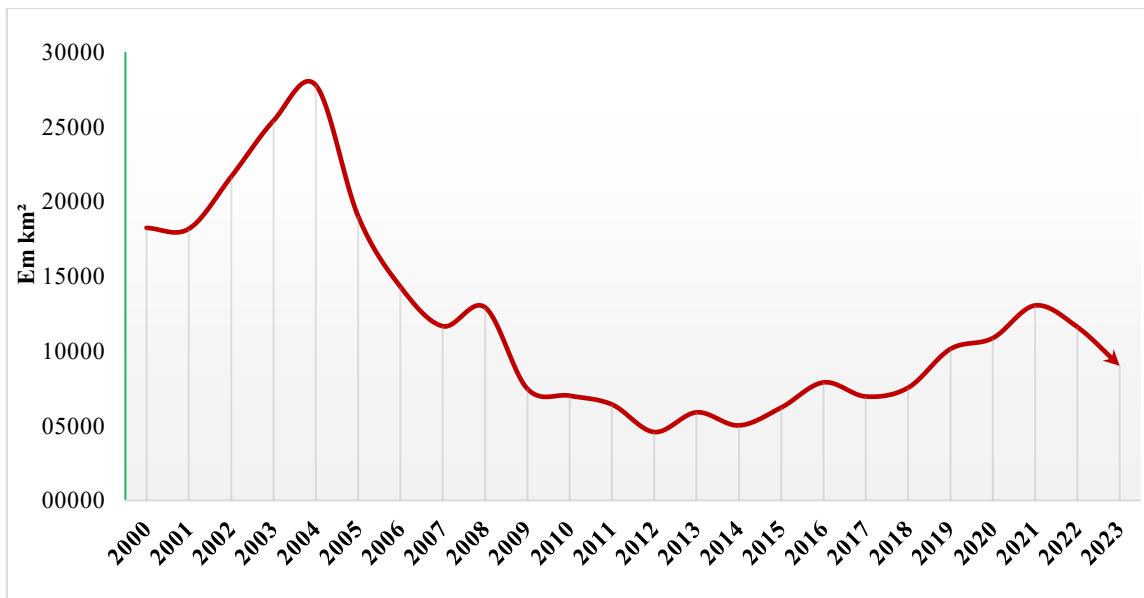


Figura 6. Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal, medidas em km², entre 2000 e 2023.

Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados disponibilizados pelo PRODES (2024).

Contudo, a eficácia dos instrumentos de comando e controle mostrou-se limitada frente ao elevado retorno econômico da agropecuária e da grilagem. A decisão pelo desmatamento ilegal depende da relação entre os ganhos esperados e os custos potenciais da punição: quando a fiscalização eleva o risco de sanção, há maior conformidade; porém, quando os lucros superam os riscos, prevalece a ilegalidade (Börner; Marinho; Wunder, 2015; Koch *et al.*, 2019).

Essa lógica explica a migração de atividades para áreas menos fiscalizadas, como o Cerrado, o que compromete a eficácia da regulação (DeFries *et al.*, 2007; Picoli *et al.*, 2020). A partir de 2018, o enfraquecimento institucional e a redução de recursos reverteram parte dos avanços do programa, refletindo-se em novas altas nas taxas de desmatamento (West; Fearnside, 2021; Barbosa; Alves; Grelle, 2021).

O baixo índice de cobrança de multas, com apenas 0,6% efetivamente pagas entre 2005 e 2009, evidencia as fragilidades do sistema e contribui para a sensação de impunidade (Carvalho *et al.*, 2019). Essa conjuntura reforça a necessidade de associar a repressão a incentivos produtivos sustentáveis, como o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação da Agropecuária de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC), que promove práticas agrícolas de baixo carbono, e os mecanismos de certificação, Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e o

mecanismo para Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD+), voltados à remuneração de produtores que mantêm a floresta em pé (Garrett *et al.*, 2018; Soares-Filho *et al.*, 2014; Nepstad; Stickler; Almeida, 2006; Lambin *et al.*, 2014; Hecht, 2011).

A efetividade desses incentivos, entretanto, depende de monitoramento rigoroso e da capacidade institucional das agências, frequentemente prejudicada por limitações orçamentárias e entraves burocráticos (West; Fearnside, 2021; Börner *et al.*, 2014). Além disso, divergências políticas entre União, estados e municípios minam a aplicação uniforme da lei, uma vez que, em nível local, alianças entre políticos e desmatadores fragilizam a fiscalização (Picoli *et al.*, 2020; Soares-Filho *et al.*, 2014).

Superar tais obstáculos exige maior integração entre IBAMA, PF e MPF, associada ao fortalecimento das instituições ambientais, com ampliação do quadro técnico e destinação adequada de recursos (Trancoso, 2021; Carvalho *et al.*, 2019). A conformidade ambiental é resultado de um processo contínuo de construção institucional, no qual a presença efetiva do Estado, o uso de sanções rápidas e a oferta de alternativas sustentáveis são indispensáveis (Börner *et al.*, 2014; Börner *et al.*, 2015).

Estudos indicam que, com a plena aplicação das normas, é possível proteger até 95% da floresta amazônica remanescente e 90% do bioma em território nacional (Soares-Filho *et al.*, 2014; Freitas *et al.*, 2018).

Assim, a trajetória do PPCDAm revela que o monitoramento tecnológico e a fiscalização interinstitucional são fundamentais para conter a expansão do desmatamento. Todavia, carecem de suporte político, institucional e econômico contínuo para assegurar sua efetividade.

A combinação entre comando, controle e incentivos sustentáveis mostra-se, portanto, o caminho mais promissor para garantir a preservação da Amazônia no longo prazo. Esse entendimento, contudo, não se esgota na análise dos instrumentos de monitoramento e fiscalização, exigindo uma reflexão mais ampla acerca de seus limites, potencialidades e implicações para a formulação de políticas públicas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo de revisão sistemática buscou mostrar de forma abrangente o impacto da atividade agropecuária no desmatamento da Amazônia Legal, destacando os principais fatores econômicos, sociais e ambientais que impulsionam essa dinâmica. A análise dos trabalhos selecionados revelou que, embora existam políticas e medidas de mitigação em vigor, a sua eficácia ainda é limitada para conter a expansão do desmatamento na região.

Entre os instrumentos examinados, destacaram-se os avanços promovidos pelo PPCDAm, especialmente entre os anos de 2004 e 2012. O fortalecimento do aparato fiscalizatório federal, somado à atuação conjunta do IBAMA, da Polícia Federal e do Ministério Público Federal, contribuiu para uma queda expressiva nas taxas de desmatamento. Tais resultados ilustram que, quando bem executadas, as ações de comando e controle têm potencial para reconfigurar a dinâmica da ocupação agropecuária na região, impondo limites concretos à conversão florestal.

No entanto, a eficácia dessas medidas ainda carece de avaliação empírica sistematizada. Diante disso, impõe-se a necessidade de aprofundar as pesquisas sobre o impacto das ações repressivas sobre as taxas de desmatamento na Amazônia Legal. Estudos que mensurem, de forma objetiva, a relação entre a presença institucional no território e a contenção do desmatamento são essenciais para orientar a formulação de políticas públicas mais racionais, eficientes e territorialmente adaptadas.

Além disso, é imperativo compreender como a atuação das agências ambientais se distribui entre diferentes escalas (federal, estadual e municipal) e em que medida a falta de integração entre esses níveis compromete os resultados. A governança ambiental na Amazônia depende, em larga medida, da capacidade do Estado em articular seus órgãos de fiscalização, superar pressões locais e manter uma presença constante nas áreas sob risco de degradação.

Com base nessas constatações, conclui-se que o futuro da política ambiental na Amazônia exige a revalorização das estruturas de comando e controle como eixo central da conservação florestal. Não se trata de abandonar outras abordagens, como incentivos econômicos, certificações ou pagamento por serviços ambientais, mas de reconhecer que a efetividade desses instrumentos depende, necessariamente, da existência de um sistema estatal sólido, presente e funcional.

A sustentabilidade da Amazônia depende de um esforço conjunto, que envolva governos, ONGs, comunidades locais e o setor privado, todos trabalhando em sinergia para garantir que a floresta permaneça em pé. Somente por meio de políticas integradas e bem executadas, aliadas a uma fiscalização rigorosa e contínua, será possível vislumbrar um futuro em que a agropecuária e a conservação ambiental coexistam de forma harmônica na região amazônica.

REFERÊNCIAS

- Altmetric Limited. Altmetric Explorer, 2025. Disponível em: <https://www.altmetric.com/our-audience/institutions/>. Acessado em: 27 jun. 2024.
- Arima, E. Y.; Richards, P.; Caldas, M. M. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. Rev. Environmental Research Letters, v. 6, 2011. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/6/2/024010/meta>. Acessado em: 19 mar. 2024.
- Azevedo, A. A.; Rajão, R.; Costa, M. A.; Stabile, M. C. C.; Macedo, M. N.; Reis, T. N. P.; Alencar, A.; Soares-Filho, B. S.; Pacheco, R. Limits of Brazil's Forest Code as a means to end illegal deforestation. Rev. The Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), v. 114, n. 29, jul. 2017. Disponível em: [https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1604768114#:~:text=The%202012%20Forest%20Code%20stipulates,%E2%80%9335%25%20\(19\)](https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1604768114#:~:text=The%202012%20Forest%20Code%20stipulates,%E2%80%9335%25%20(19)). Acessado em: 21 mar. 2024.
- Azevedo, P. F. Nova Economia Institucional: referencial geral e aplicações para a agricultura. Revista Agrícola, São Paulo, SP, n. 47 (1): 33-52, 2000. Disponível em: https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/agricultura_geral/artigos/NOVA%20ECONOMIA%20INSTITUCIONAL%20-%20REFERENCIAL%20GERAL%20E%20APLICACOES%20PARA%20A%20AGRICULTURA.pdf. Acessado em: 27 mar. 2023.
- Azevedo, T.; Rosa, M.; Shimbo, J.; Del Lama, C.; Oliveira, M.; Valdiones, A. P.; Teixeira, L. M. S.; Coelho, M. Relatório anual do desmatamento no Brasil: 2022. Projeto MapBiomass, Observatório do Clima, São Paulo, junho de 2023. Disponível em: <https://alerta.mapbiomas.org/relatorio>. Acessado em: 03 jul. 2023.
- Barbosa, L. G.; Alves, M. A. S.; Grelle, C. E. V. Actions against sustainability: Dismantling of the environmental policies in Brazil. Rev. Land Use Policy, v. 104, mai. 2021. Diponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837721001071>. Acessado em: 25 abr. 2024.

Börner, J.; Kis-Katos, K.; Hargrave, J.; König, K. Post-Crackdown Effectiveness of Field-Based Forest Law Enforcement in the Brazilian Amazon. Rev. PLoS ONE, v. 10, n. 4, abr. 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0121544>. Acessado em: 19 abr. 2024.

Börner, J.; Marinho, E.; Wunder, S. Mixing carrots and sticks to conserve forests in the Brazilian Amazon: a spatial probabilistic modeling approach. Rev. PLoS ONE, v. 10, n. 2, fev. 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0116846>. Acessado em: 26 abr. 2024.

Börner, J.; Wunder, S.; Wertz-Kanounnikoff, S.; Hyman, G.; Nascimento, N. Forest law enforcement in the Brazilian Amazon: Costs and income effects. Rev. Global Environmental Change, v. 29, nov. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378014000879>. Acessado em: 26 abr. 2024.

Brancalion, P. H. S.; Garcia, L. C.; Loyola, R.; Rodrigues, R. R.; Pillar, V. D.; Lewinsohn, T. M. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives. Rev. Natureza & Conservação, v. 14, supplement 1, abri. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1679007316300020>. Acessado em: 19 mar. 2024.

Brasil. Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Projeções do Agronegócio: Brasil 2022/23 a 2032/33 – Projeções de longo prazo (Produção de grãos brasileira deverá chegar a 390 milhões de toneladas nos próximos dez anos). Brasília: MAPA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-brasileira-devera-chegar-a-390-milhoes-de-toneladas-nos-proximos-dez-anos/ProjeoesdoAgronegocio20232033.pdf>. Acesso em: 03 set. 2025.

Bustamante, M. M. C.; Nobre, C. A.; Smeraldi, R.; Aguiar, A. P. D.; Barioni, L. G.; Ferreira, L. G.; Longo, K.; May, P.; Pinto, A. S.; Ometto, J. P. H. B. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. Rev. Climate Change, v. 115, mai. 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-012-0443-3>. Acessado em: 21 mar. 2024.

Capella, R.; Nunes, D.; Guida, Y.; Damasco, F. Indigenous territories of the Brazilian Amazon facing agribusiness expansion: a pesticide exposure susceptibility index based on Census data. Rev. Environmental Challenges, v. 11, apr. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667010023000252?via%3Dihub>. Acessado em: 26 ago. 2023.

Carvalho, W. D.; Mustin, K.; Hilário, R. R.; Vasconcelos, I. M.; Eilers, V.; Fearnside, P. M. Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed. Rev. Perspectives in Ecology and Conservation, v. 17, n. 3, set. 2019. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2530064418301263>. Acessado em: 21 mar. 2024.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA). Sustentado por safra recorde no campo, PIB do agronegócio tem alta modesta no primeiro trimestre. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros - ESALQ, 2023. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/PIB-DO-AGRO-27JUN2023.pdf>. Acessado em: 23 ago. 2023.

DeFries, R.; Achard, F.; Brown, S.; Herold, M.; Murdiyarso, D.; Schlamadinger, B.; Souza, C. Earth observations for estimating greenhouse gas emissions from deforestation in developing countries. Rev. Environmental Science & Policy, v. 10, n. 4, jun. 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S146290110700024X>. Acessado em: 15 mar. 2024.

Dimensions. Digital Science & Research Solutions Inc., 2025. Disponível em: <https://app.dimensions.ai/discover/publication>. Acessado em: 06 ago. 2024.

Diniz, C.; Souza, A.; Santos, D.; Dias, M.; Luz, N. C.; Moraes, D.; Maia, J.; Gomes, A.; Narvaes, I.; Valeriano, D.; Maurano, L.; Adami, M. DETER-B: The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System. Rev. Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, v. 8, n. 7, jul. 2015. Disponível: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/15/3658>. Acessado: 22 mar. 2024.

Domingues, M. S.; Bermann, C. O Arco de Desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. Rev. Ambiente & Sociedade, v. XV, n. 2, mai-ago. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/tykKcbYvdnsX5CHcH97qNcd/?lang=pt>. Acessado em: 24 abr. 2024.

Ermgassen, E. K. H. J.; Godar, J.; Lathuillière, M. J.; Löfgren, P.; Gardner, T.; Vasconcelos, A.; Meyfroidt, P. The origin, supply chain, and deforestation risk of Brazil's beef exports. Rev. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), v. 117, n. 50, dez. 2020. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2003270117>. Acessado em: 16 abr. 2024.

Ermgassen, E. K. H. J.; Lima, M. G. B.; Bellfield, H.; Dontenville, A.; Gardner, T.; Godar, J.; Heilmayr, R.; Indenbaum, R.; Reis, T. N. P.; Ribeiro, V.; Abu, I.; Szantoi, Z.; Meyfroidt, P. Addressing indirect sourcing in zero deforestation commodity supply chains. Rev. Science Advances, v. 8, n. 17, abr. 2022. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abn3132>. Acessado em: 07 mai. 2024.

Fabbri, S.; Octaviano, F.; Silva, C.; Di Thommazo, A.; Hernandes, E.; Belgamo, A. Melhorias na ferramenta Start para melhor apoiar o processo de revisão sistemática. In Proc. da 20^a Conferência Internacional sobre Avaliação e Avaliação em Engenharia de Software (EASE'16), Limerick, Irlanda, junho de 2016.

Fearnside, P. M. Amazon Forest maintenance as a source of environmental services. Rev. Biological Sciences, v. 80, n.1, mar. 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/aabc/a/kwcg5pMksNQZ3J8yDXKYpXm/?lang=en>. Acessado em: 22 mar. 2024.

Fearnside, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. Rev. Conservation Biology, v. 19, n. 3, jun. 2005. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3591054>. Acessado em: 06 mar. 2024.

Ferreira Filho, J. B. S.; Horridge, M. Ethanol expansion and indirect land use change in Brazil. Revista Land Use Policy, v. 36, p. 595-604, jan. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026483771300210X>. Acessado em: 26 ago. 2023.

Freitas, F. L. M.; Sparovek, G.; Berndes, G.; Persson, U. M.; Englund, O.; Barretto, A.; Mörtberg, U. Potential increase of legal deforestation in Brazilian Amazon after Forest Act revision. Rev. Nature Sustainability, v. 1, nov. 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41893-018-0171-4>. Acessado em: 19 abr. 2024.

Garrett, R. D.; Koh, I.; Lambin, E. F.; Waroux, Y. P.; Kastens, J. H.; Brown, J. C. Intensification in agriculture-forest frontiers: Land use responses to development and conservation policies in Brazil. Rev. Global Environmental Change, v. 53, nov. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378017312669>. Acessado em: 19 mar. 2024.

Gibbs, H. K.; Rausch, L.; Munger, J.; Schelly, I.; Morton, D. C.; Noojipady, P.; Soares-Filho, B.; Barreto, P. Brazil's Soy Moratorium. Rev. Science, v. 347, n. 6220, jan. 2015. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaa0181>. Acessado em: 19 mar. 2024.

Godar, J.; Gardner, T. A.; Tizado, E. J.; Pacheco, P. Actor-specific contributions to the deforestation slowdown in the Brazilian Amazon. Rev. The Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), v. 111, n. 43, out. 2014. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1322825111>. Acessado em: 20 mar. 2024.

Gollnow, F.; Lakes, T. Policy change, land use, and agriculture: The case of soy production and cattle ranching in Brazil, 2001–2012. Rev. Applied Geography, v. 55, dez. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622814002045>. Acessado em: 22 mar. 2024.

Grossman, D. Trouble in the Amazon: the rainforest is starting to release its carbon. Is it heading towards a tipping point? Nature, 24 ago. 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/immersive/d41586-023-02599-1/index.html>. Acesso em: 17 ago. 2025.

Hecht, S. B. From eco-catastrophe to zero deforestation? Interdisciplinaries, politics, environmentalisms and reduced clearing in Amazonia. Rev. Environmental Conservation, v. 39, n. 1, set. 2011. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/from-ecocatastrophe-to-zero-deforestation-interdisciplinaries-politics-environmentalisms->

[and-reduced-clearing-in-amazonia/1E19D7F5EE80D16A1FBE1E2CC36C1A6F](https://doi.org/10.1038/s43016-020-00194-5).

Acessado em: 17 abr. 2024.

Heilmayr, R.; Rausch, L. L.; Munger, J.; Gibbs, H. Brazil's Amazon Soy Moratorium reduced deforestation. Rev. Nature Food, v. 1, 2020. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43016-020-00194-5>. Acessado em: 26 abr. 2024.

Kitchenham, B. Procedures for performing systematic reviews. Keele: Keele University, Department of Computer Science, Software Engineering Group; Sydney: National ICT Australia Ltd. (NICTA), 2004. Joint Technical Report: Keele University Technical Report TR/SE-0401; NICTA Technical Report 0400011T.1. ISSN 1353-7776. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2025.

Klingler, M.; Richards, P.; Ossner, R. Cattle vaccination records question the impact of recent zero-deforestation agreements in the Amazon. Rev. Regional Environmental Change, v. 18, nov. 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-017-1234-1>. Acessado em: 07 mai. 2024.

Koch, N.; Ermgassen, E. K. H. J.; Wehkamp, J.; Oliveira Filho, F. J. B.; Schwerhoff, G. Agricultural Productivity and Forest Conservation: Evidence from the Brazilian Amazon. Rev. American Journal of Agricultural Economics, v. 101, n. 3, abr. 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1093/ajae/aay110>. Acessado em: 25 abr. 2024.

Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES). State of the Art through Systematic Review - StArt, 2013. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos (SP). Disponível em: <https://www.lapes.ufscar.br/resources/tools-1/start-1>. Acessado em: 31 ago. 2023.

Lambin, E. F.; Gibbs, H. K.; Heilmayr, R.; Carlson, K. M.; Fleck, L. C.; Garrett, R. D.; Waroux, Y. P.; McDermott, C. L.; McLaughlin, D.; Newton, P.; Nolte, C.; Pacheco, P. The role of supply-chain initiatives in reducing deforestation. Rev. Nature Clim Change, v. 8, jan. 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-017-0061-1>. Acessado em: 14 mar. 2024.

Lambin, E. F.; Meyfroidt, P.; Rueda, X.; Blackman, A.; Börner, J.; Cerutti, P. O.; Dietsch, T.; Jungmann, L.; Lamarque, P.; Lister, J.; Walker, N. F.; Wunder, S. Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. Rev. Global Environmental Change, v. 28, set. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378014001125>. Acessado em: 13 mar. 2024.

Mello, N. G. R.; Artaxo, P. Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. Rev. Do Instituto de Estudos Brasileiro, n. 66, abr. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rieb/a/msDPhRYtxfFyh4tvnp5SYrG/?lang=pt>. Acessado em: 26 abr. 2024.

Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). Projeções do Agronegócio - Brasil 2022/23 a 2032/33. Secretaria de Política Agrícola, Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-brasileira-devera-chegar-a-390-milhoes-de-toneladas-nos-proximos-dez-anos/ProjeesdoAgronegocio20232033.pdf>. Acessado em: 23 ago. 2023.

Nepstad, D.; McGrath, D.; Stickler, C.; Alencar, A.; Azevedo, A.; Swette, B.; Bezerra, T.; DiGiano, M.; Shimada, J.; Motta, R. S.; Armijo, E.; Castello, L.; Brando, P.; Hansen, M. C.; McGrath-Horn, M.; Carvalho, O.; Hess, L. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. Rev. Science, v. 344, n. 6.188, jun. 2014. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1248525>. Acessado em 06 mar. 2024.

Nepstad, D.; Soares-Filho, B. S.; Merry, F.; Lima, A.; Moutinho, P.; Carter, J.; Bowman, M.; Cattaneo, A.; Rodrigues, H.; Schwartzman, S.; McGrath, D. G.; Stickler, C. M.; Lubowski, R.; Piris-Cabezas, P.; Rivero, S.; Alencar, A.; Almeida, O.; Stella, O. The end of Deforestation in the Brazilian Amazon. Rev. Science, v. 326, n. 5.958, dez. 2009. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1182108>. Acessado em: 14 mar. 2024.

Nepstad, D.; Stickler, C.; Almeida, O. Globalization of the Amazon Soy and Beef Industries: Opportunities for Conservation. Rev. Conservation Biology, v. 20, n. 6, dez. 2007. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4124686>. Acessado em: 18 jun. 2024.

Nolte, C.; Agrawal, A.; Silvius, K. M.; Soares-Filho, B. S. Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. Rev. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), v. 110, n. 13, mar. 2013. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1214786110>. Acessado em: 08 mar. 2024.

Organização das Nações Unidas (ONU). Transforming our World: the 2030 agenda for sustainable development. New York, EUA, 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Acessado em: 23 ago. 2023.

Ostrom, E. Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action. Cambridge: Cambridge University Press, 1990, p. 1-57.

Picoli, M. C. A.; Rorato, A.; Leitão, P.; Camara, G.; Maciel, A.; Hostert, P.; Sanches, I. D. Impacts of Public and Private Sector Policies on Soybean and Pasture Expansion in Mato Grosso - Brazil from 2001 to 2017. Rev. Journal Land, v. 9, n. 1, jan. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/1/20>. Acessado em: 06 mai. 2024.

Prates, R. C.; Bacha, C. J. C. Os processos de desenvolvimento e desmatamento da Amazônia. Rev. Economia e Sociedade, Campinas (SP), v. 20, n. 3 (43), dez. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ecos/a/59DMy3zmJdPHXzXRsHTkmNF/>. Acessado em: 07 mai. 2024.

Rajão, R.; Soares-Filho, B.; Nunes, F.; Börner, J.; Machado, L.; Assis, D.; Oliveira, A.; Pinto, L.; Ribeiro, V.; Rausch, L.; Gibbs, H.; Figueira, D. The rotten apples of Brazil's agribusiness. Rev. Science, v. 369, n. 6501, jul. 2020. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aba6646>. Acessado em: 15 mar. 2024.

Rausch, L. L.; Gibbs, H. K. Property Arrangements and Soy Governance in the Brazilian State of Mato Grosso: Implications for Deforestation-Free Production. Rev. Journal Land, v. 5, n. 6, mar. 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/5/2/7>. Acessado em: 06 mai. 2024.

Ribeiro, L. C. S.; Souza Filho, J. F.; Santos, G. F.; Freitas, L. F. S. Structural decomposition analysis of Brazilian greenhouse gas emissions. Rev. World Development Sustainability, v. 2, jun. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772655X23000253>. Acessado em: 24 ago. 2023.

Rivero, S.; Almeida, O.; Ávila, S.; Oliveira, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. Rev. Nova Economia, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, janeiro-abril de 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/jZHjd9B8ZghY7tG9G7qchTk/?lang=pt>. Acessado em: 16 abr. 2024.

Rochedo, P. R. R.; Soares-Filho, B.; Schaeffer, R.; Viola, E.; Szklo, A.; Lucena, A. F. P.; Koberle, A.; Davis, J. L.; Rajão, R.; Rathmann, R. The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. Rev. Nature Climate Change, v. 8, mai. 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0213-y>. Acessado em: 20 mar. 2024.

Ruviaro, C. F.; Barcellos, J. O. J.; Dewes, H. Market-oriented cattle traceability in the Brazilian Legal Amazon. Rev. Land Use Policy, v. 38, mai. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837713001695>. Acessado em: 26 abr. 2024.

Schielein, J.; Börner, J. Recent transformations of land-use and land-cover dynamics across different deforestation frontiers in the Brazilian Amazon. Rev. Land Use Policy, v. 76, jul. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837718300656>. Acessado em: 16 abr. 2024.

Skidmore, M. E.; Moffette, F.; Rausch, L.; Christie, M.; Munger, J.; Gibbs, H. K. Cattle ranchers and deforestation in the Brazilian Amazon: Production, location, and policies. Rev. Global Environmental Change, v. 68, mai. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378021000595>. Acessado em: 06 mai. 2024.

Soares-Filho, B.; Rajão, R.; Macedo, M.; Carneiro, A.; Costa, W.; Coe, M.; Rodrigues, H.; Alencar, A. Cracking Brazil's Forest Code. Rev. Science, v. 344, n. 6182, abr. 2014. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1246663>. Acessado em: 08 mar. 2024.

Souza Jr., C. M.; Shimbo, J. Z.; Rosa, M. R.; Parente, L. L.; Alencar, A. A.; Rudorff, B. F. T.; Hasenack, H.; Matsumoto, M.; Ferreira, L. G.; Souza-Filho, P. W. M.; Oliveira, S. W.; Rocha, W. F.; Fonseca, A. V.; Marques, C. B.; Diniz, C. G.; Costa, D.; Monteiro, D.; Rosa, E. R.; Vélez-Martin, E.; Weber, E. J.; Lenti, F. E. B.; Paternost, F. F.; Pareyn, F. G. C.; Siqueira, J. V.; Viera, J. L.; Ferreira Neto, L. C.; Saraiva, M. M.; Sales, M. H.; Salgado, M. P. G.; Vasconcelos, R.; Galano, S.; Mesquita, V. V.; Azevedo, T. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Rev. Remote Sensing*, v. 12, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>. Acessado em: 03 jul. 2023.

Souza, R.; Miziara, F.; Marco Júnior, P. Spatial variation of deforestation rates in the Brazilian Amazon: A complex theater for agrarian technology, agrarian structure and governance by surveillance. *Rev. Land Use Policy*, v. 30, n. 1, jan. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837712001251>. Acessado em: 26 abr. 2024.

Sparovek, G.; Guidotti, V.; Pinto, L. F.; Berndes, G.; Barretto, A.; Cerignoni, F. Asymmetries of cattle and crop productivity and efficiency during Brazil's agricultural expansion from 1975 to 2006. *Rev. Ementa Science of the Anthropocene*, 6:25, 2018. Disponível em: <https://online.ucpress.edu/elementa/article/doi/10.1525/elementa.187/112797/Asymmetries-of-cattle-and-crop-productivity-and>. Acessado em: 07 mai. 2024.

Trancoso, R. Changing Amazon deforestation patterns: urgent need to restore command and control policies and market interventions. *Rev. Environmental Research Letters*, v. 16, n. 4, abr. 2021. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abee4c>. Acessado em: 07 mai. 2024.

Tyukavina, A.; Hansen, M. C.; Potapov, P. V.; Stehman, S. V.; Smith-Rodriguez, K.; Okpa, C.; Aguilar, R. Types and rates of forest disturbance in Brazilian Legal Amazon, 2000–2013. *Rev. Sciences Advances*, v. 3, n. 4, abr. 2017. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1601047>. Acessado em: 21 mar. 2024.

Verburg, R.; Rodrigues Filho, S.; Lindoso, D.; Debortoli, N.; Litre, G.; Bursztyn, M. The impact of commodity price and conservation policy scenarios on deforestation and agricultural land use in a frontier area within the Amazon. *Rev. Land Use Policy*, v. 37, mar. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837712001913>. Acessado em: 17 abr. 2024.

Walker, N. F.; Patel, S.; Kalif, K. A. B. From Amazon Pasture to the High Street: Deforestation and the Brazilian Cattle Product Supply Chain. *Rev. Tropical Conservation Science*, v. 6, n. 3, ago. 2013. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/194008291300600309>. Acessado em: 19 abr. 2024.

Waroux, Y. P.; Garrett, R. D.; Nolte, C.; White, C.; Lambin, E. F. The Restructuring of South American Soy and Beef Production and Trade Under Changing Environmental

Regulations. Rev. World Development, v. 121, set. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X17302085>. Acessado em: 22 mar. 2024.

West, T. A. P.; Fearnside, P. M. Brazil's conservation reform and the reduction of deforestation in Amazonia. Rev. Land Use Policy, v. 100, jan. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719308361>. Acessado em: 18 abr. 2024.

World Resources Institute (WRI). ClimateWatch: Global Historical Emissions, agriculture, 2023. Disponível em: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?chartType=area&end_year=2020&gases=all-ghg®ions=BRA§ors=agriculture&start_year=1990. Acessado em: 24 ago. 2023.

CAPÍTULO 3 – CONTROLE AMBIENTAL EM CRISE: A RETRAÇÃO INSTITUCIONAL E O DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA

RESUMO – Este artigo tem por objetivo analisar de que forma o enfraquecimento institucional das agências federais de fiscalização ambiental afetou a efetividade das políticas de comando e controle do desmatamento na Amazônia Legal (AL), entre 2019 e 2022. A pesquisa parte do pressuposto de que a presença de fiscais ambientais e a aplicação de penalidades são instrumentos de dissuasão fundamentais na contenção da supressão florestal. Para verificar essa hipótese, foi desenvolvido um modelo econométrico de dados em painel, com base em informações, principalmente do IBAMA e do INPE, disponibilizadas entre 2008 e 2023. Foram utilizadas variáveis como número de fiscais, quantidade e valor de multas aplicadas, além de indicadores de desmatamento por estado. Os resultados demonstram que a redução do efetivo de fiscalização do Ibama tem impacto significativo e persistente sobre o aumento do desmatamento, com efeitos observáveis até quatro anos após o corte de pessoal. Por outro lado, os dados indicam que a aplicação de multas, isoladamente, não se mostrou eficaz na contenção do desmatamento. A análise reforça a importância de políticas públicas que assegurem a continuidade, a capilaridade e a efetividade das ações fiscalizatórias, demonstrando que o desmonte institucional ocorrido no período estudado comprometeu a governança ambiental e agravou os índices de degradação na região.

Palavras-chave: Expansão agropecuária; fiscalização ambiental; comando e controle; desmatamento; econometria.

ABSTRACT – This article aims to analyze how the institutional weakening of federal environmental enforcement agencies affected the effectiveness of command-and-control policies against deforestation in the Legal Amazon (AL) between 2019 and 2022. The research assumes that the presence of environmental inspectors and the imposition of penalties are fundamental deterrent instruments in curbing forest suppression. To test this hypothesis, an econometric panel data model was developed based primarily on information from IBAMA and INPE, covering the period from 2008 to 2023. Variables such as the number of inspectors, the quantity and value of fines applied, as well as state-level deforestation indicators were used. The results demonstrate that the reduction of Ibama's enforcement personnel has a significant and persistent impact on increasing deforestation, with effects observable up to four years after staff cuts. On the other hand, the data indicate that the imposition of fines, by itself, proved ineffective in containing deforestation. The analysis reinforces the importance of public policies that ensure the continuity, reach, and effectiveness of enforcement actions, showing that the institutional

dismantling that occurred during the period under study compromised environmental governance and aggravated degradation rates in the region.

.

Keywords: Agricultural expansion; environmental enforcement; command and control; deforestation; econometrics.

1. INTRODUÇÃO

A vegetação nativa brasileira abriga uma biodiversidade singular e fornece serviços ecossistêmicos essenciais. No entanto, a expansão agropecuária, impulsionada pela crescente demanda por alimentos, fibras e bioenergia, tem intensificado as ameaças às florestas, especialmente na Amazônia (Freitas *et al.*, 2017). Somado a isso, modelos tradicionais de produção, ainda adotados na região, exigem extensas áreas para cultivo e pastagem, comprometendo a preservação florestal.

O Brasil ocupa posição de destaque entre os maiores produtores e exportadores agrícolas do mundo. Entretanto, apesar da relevância econômica do agronegócio, o setor enfrenta críticas crescentes devido aos impactos ambientais de suas cadeias produtivas (Corcioli; Medina; Arrais, 2022). Isso se deve, em especial, à emissão de gases de efeito estufa (GEE) proveniente da queima de biomassa florestal, associada à extração de madeira, à pecuária extensiva e à agricultura mecanizada em larga escala (La Rovere, 2014).

A conversão do uso da terra tem gerado impactos significativos, entre 1985 e 2017, por exemplo, aproximadamente 38% do território nacional foi destinado a atividades agropecuárias e de infraestrutura. Destacaram-se as conversões em áreas de pastagem e de cultivo agrícola, com crescimento de 46% e 172%, respectivamente, nos biomas Mata Atlântica e Cerrado (Souza Jr. *et al.*, 2020). Em 2022, o desmatamento no país alcançou 20.572 km², concentrando-se majoritariamente na Amazônia e no Cerrado (90,1%), sendo que 95% dessas áreas foram suprimidas de forma ilegal (Azevedo *et al.*, 2023).

A constatação de que a emissão de GEE decorrente do desmatamento é um dos principais fatores das mudanças climáticas desencadeou reações por parte de instituições internacionais e consumidores. Ambos passaram a exigir maior conformidade ambiental

nas cadeias produtivas do agronegócio brasileiro (Carvalho; Domingues; Horridge, 2017). Como instrumentos de pressão, destacam-se as certificações socioambientais e os embargos comerciais a produtos provenientes de áreas desmatadas (Soares-Filho *et al.*, 2014).

Além disso, no Acordo de Paris, o Brasil assumiu o compromisso de reduzir em 43% suas emissões de GEE até 2030, tomando como referência os níveis de 2005. Para alcançar essa meta, é indispensável eliminar o desmatamento ilegal e promover o reflorestamento de, ao menos, 12 milhões de hectares (Artaxo, 2019). O cumprimento desses objetivos, aliado à correção de irregularidades nas cadeias produtivas do agronegócio, poderá recolocar o país em posição de destaque no enfrentamento das mudanças climáticas, além de assegurar a permanência de seus produtos no mercado internacional.

O controle do desmatamento e queimadas, o uso sustentável do solo e o sequestro de carbono são essenciais para a redução das emissões de GEE no setor agropecuário. No entanto, essas ações exigem rigor na aplicação das leis (Silva; Ruvirao; Ferreira Filho, 2017; La Rovere, 2014). Entre 2004 e 2012, a implementação do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) resultou na maior queda do desmatamento já registrada. O programa fortaleceu a fiscalização ambiental e o combate de práticas ilegais, com apoio do IBAMA, da Polícia Federal e do Ministério Público (Börner *et al.*, 2015; West; Fearnside, 2021; Nepstad *et al.*, 2014; Diniz *et al.*, 2015).

No entanto, a partir de 2019, intensificou-se o enfraquecimento da proteção ambiental na Amazônia, impulsionado pela ascensão de um governo federal menos comprometido com os interesses de preservação. A nova gestão promoveu o desmonte das agências ambientais federais e reduziu a fiscalização na região, favorecendo o avanço de práticas ilegais (Picoli *et al.*, 2020).

O enfraquecimento da governança ambiental resultou na suspensão de medidas preventivas e de processos sancionadores, como o PPCDAm, descontinuado em 2020, apesar de sua eficácia no combate ao desmatamento (Nascimento *et al.*, 2023; Graça, 2024; Nunes *et al.*, 2024). Entre 2014 e 2021, a redução de 27% no quadro de servidores do IBAMA e o corte de 42% no orçamento do MMA comprometeram severamente a

capacidade fiscalizatória do Estado, dificultando a contenção de infrações ambientais (Xavier; Tonin, 2022).

Diante desse quadro, o aumento nas taxas de desmatamento observado nas últimas décadas pode ser atribuído às mudanças na aplicação da legislação ambiental. Rochedo *et al.* (2018) argumentam que o controle do desmatamento resulta de arranjos institucionais que envolvem a aplicação do estado de direito e a imposição de sanções como mecanismo de dissuasão (Azevedo *et al.*, 2023). Para combater o desmatamento, é importante assegurar que os infratores sejam devidamente identificados e penalizados de acordo com a legislação vigente.

Sob essa ótica, dada a relevância da fiscalização ambiental na contenção do desmatamento, é oportuno analisar, de forma quantitativa, a influência das ações do IBAMA sobre as taxas de desmatamento ilegal nos estados da Amazônia Legal (AL). Embora a fiscalização seja, em regra, atribuição estadual, a atuação complementar do IBAMA representa um componente essencial na estrutura de controle ambiental (Schmitt; Scardua, 2015). Consequentemente, compreender os impactos do enfraquecimento institucional das agências de fiscalização pode contribuir para o aperfeiçoamento das estratégias de enfrentamento ao desmatamento ilegal.

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo analisar como o enfraquecimento da capacidade institucional da fiscalização ambiental federal impactou a efetividade das políticas de comando e controle do desmatamento na Amazônia Legal. Busca-se, especificamente, examinar as ações governamentais adotadas entre 2019 e 2022 que fragilizaram a aplicação da legislação ambiental na Amazônia Legal, com destaque para a redução da capacidade fiscalizatória e a descontinuidade de políticas públicas. Analisa-se, ainda, o impacto da diminuição do número de fiscais do IBAMA e da retração das operações de fiscalização sobre o avanço do desmatamento na região, evidenciando os desafios impostos à preservação ambiental diante do enfraquecimento das políticas de controle.

Com base em um modelo de dados em painel buscou-se investigar a relação entre a redução do número de fiscais e ações de fiscalização ambientais com o aumento na área desmatada nos estados que integram a AL. A partir de variáveis institucionais (número efetivo de fiscais e quantidade de multas aplicadas), analisou-se como o enfraquecimento na fiscalização pode influenciar a área desmatada ilegalmente na AL. O

modelo foi estimado com base em dados governamentais, principalmente do Ibama e do INPE.

A redução substancial na taxa anual de desmatamento na Amazônia pós-2004 foi acompanhada por uma maior execução orçamentária operacional de instrumentos de política de desincentivos e por um aumento absoluto nos orçamentos institucionais alocados e executados (Cunha *et al.*, 2016). Daí a importância de se verificar quantitativa e qualitativamente, como determinadas variáveis relacionadas com as instituições de comando e controle podem interferir nas taxas de desmatamento. Informações que podem auxiliar os gestores na execução e alocação mais adequada dos recursos necessários para controle da supressão florestal ilegal.

Este artigo está estruturado em quatro seções, além dessa introdução. A primeira aborda a revisão bibliográfica e a contextualização do tema. Em seguida, são analisadas as alterações institucionais que enfraqueceram a política ambiental brasileira. Na quarta seção são apresentados os procedimentos metodológicos econométricos adotados na pesquisa. A quinta seção trata da apresentação e discussão dos resultados. Por fim, a última seção contém as considerações finais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As instituições passaram a ocupar posição central no debate da teoria econômica contemporânea, especialmente a partir da consolidação da Nova Economia Institucional (NEI) como referencial teórico dominante para o estudo de problemas de ação coletiva e de governança ambiental (Conceição, 2000; Azevedo, 2000). O aporte da NEI reside no reconhecimento de que regras formais e informais, sistemas jurídicos, normas sociais e mecanismos de *enforcement* moldam de forma decisiva os comportamentos individuais e os resultados macroeconômicos (Pondé, 2007; Williamson, 1979). Essa abordagem rompe com a visão tradicional de que as instituições são apenas "dados exógenos" e demonstra que, em sociedades complexas, a eficiência dos mercados depende fundamentalmente da solidez institucional⁶.

⁶ **Instituição** pode ser definida como um conjunto de restrições que governam as relações comportamentais entre indivíduos ou grupos. Organizações, como os mercados, são instituições porque incorporam regras e regulamentos, formais ou informais, que regem seu funcionamento. Os contratos, explícitos ou implícitos, também são instituições na medida que estabelecem regras que regem atividades específicas envolvendo os contratantes. Da mesma forma, regras

O surgimento da NEI, a partir da década de 1970, está diretamente associado ao esforço de explicar fenômenos econômicos ignorados pela análise neoclássica, como os custos de transação, as externalidades e os incentivos à cooperação coletiva (Coase, 1937; 1960; North e Davis, 1973; Williamson, 1975). Rapidamente, a NEI conquistou espaço na academia e foi premiada com quatro Prêmios Nobel em menos de vinte anos, dada sua capacidade de ajudar na formulação de políticas públicas, inclusive na regulação de setores sensíveis como o ambiental (Ménard; Shirley, 2014).

A NEI deriva do Antigo Institucionalismo Norte-Americano, que já apontava, desde Veblen (1898), para o papel estruturante das instituições, jurídicas, políticas e sociais, na definição do desempenho econômico dos países (Kherallah; Firsten, 2012). Ao contrário dos modelos neoclássicos, que reduziam as restrições à ação a variáveis como preferências individuais, tecnologia e dotação de fatores, a NEI recoloca a estrutura institucional como variável explicativa de primeira ordem (Nabli; Nugent, 1989).

Essa mudança de paradigma permitiu compreender que arranjos institucionais deficientes não apenas dificultam o funcionamento dos mercados, mas podem inclusive fomentar a degradação de bens públicos e comuns, como os recursos naturais (Conceição, 2000). Para os antigos institucionalistas, a instituição resulta de processos seletivos e coercitivos, sendo uma ação coletiva que pode tanto limitar quanto expandir os horizontes individuais, em busca de equilíbrio entre o estatismo e o individualismo (Commons, 1959).

A síntese promovida pela NEI, especialmente por autores como Langlois (1989), reside justamente em oferecer uma economia que combine teoria e instituições, superando o antagonismo entre os institucionalistas práticos e os neoclássicos abstratos. Coase, em “*The Nature of the Firm*” (1937) e “*The Problem of Social Cost*” (1960), inaugura a análise rigorosa dos custos de transação, demonstrando que o desempenho econômico também depende das instituições, das regras que regulam contratos, dos direitos de propriedade e dos incentivos ao cumprimento de normas (Coase, 1937; North, 1989).

Williamson (1979) aprofunda essa discussão ao analisar as origens e efeitos dos custos de transação, enfatizando que contratos e mecanismos de governança são respostas racionais à racionalidade limitada dos agentes e ao comportamento oportunista. Ao

culturais e códigos de conduta são instituições na medida em que também podem restringir as relações entre diferentes indivíduos e/ou grupos (Nabli; Nugent, 1989).

destacar que contratos podem reduzir custos de transação e mitigar falhas de mercado, Williamson sustenta o argumento de que instituições robustas são essenciais para evitar o colapso dos mercados e garantir resultados coletivos superiores (Williamson, 1971; 1979).

Nesse contexto, recursos naturais e bens públicos figuram como exemplos clássicos de falhas de mercado, já que sua livre disposição frequentemente resulta em degradação e uso ineficiente (Conceição, 2000; Mankiw, 2009). A literatura institucional enfatiza que, para garantir a sustentabilidade de bens comuns como a floresta amazônica, são necessários mecanismos claros de monitoramento, aplicação de sanções e definição de direitos de uso (Agarwal, 2009; Dietz; Ostrom; Stern, 2003; Hayes, 2006).

A clássica “Tragédia dos Comuns”, de Hardin (1968), consagrou a tese de que o uso irrestrito de recursos naturais conduz ao colapso ambiental, caso não haja controle estatal, privatização ou alta regulação. Para Hardin, a solução estaria no fortalecimento do poder público como indutor do uso racional e sustentável dos bens comuns, por meio de regulação e *enforcement* efetivos (Hardin, 1968). Não por acaso, políticas ambientais passaram a ser justificadas, inclusive do ponto de vista econômico, como instrumentos de internalização dos custos sociais negativos da degradação ambiental (Coase, 1960).

Em contraposição à centralização estatal defendida por Hardin, Ostrom (1990) demonstrou, em sua análise seminal, que comunidades locais são capazes de criar instituições próprias e mecanismos de autogestão para regular o uso de recursos naturais. Sua tese sustenta que, tanto arranjos centralizados quanto formas locais de governança podem ser eficazes, desde que contem com monitoramento rigoroso e sanção efetiva dos desvios (Ostrom, 1990; Coleman; Steed, 2009).

O ponto comum entre Hardin e Ostrom, e por conseguinte entre os diversos ramos da NEI, é o reconhecimento de que a sustentabilidade dos recursos depende fundamentalmente da existência de regras claras, mecanismos de *enforcement* e capacidade de monitoramento, seja pelo Estado, seja por organizações comunitárias (Coleman; Steed, 2009). No caso do desmatamento na Amazônia, a ausência desses elementos se traduz em incentivos perversos à expansão predatória da fronteira agrícola.

A NEI, ao centrar sua análise na estrutura de incentivos, contratos e direitos de propriedade, reforça a tese de que decisões de desmatamento são tomadas racionalmente por agentes que compararam benefícios econômicos imediatos com os custos, monetários

ou institucionais, decorrentes de sanções e restrições legais (North, 1986; Hargrave; Kis-Katos, 2013). Quanto maior a probabilidade de fiscalização efetiva e punição, menor o apelo à conversão ilegal de terras florestais.

Nesse sentido, o monitoramento contínuo e a aplicação rigorosa de sanções são apresentados pela literatura institucionalista como condições imprescindíveis para o controle do desmatamento. Políticas de comando e controle, como embargos e multas, devem ser vistas não apenas como instrumentos reativos, mas como parte de um sistema mais amplo de dissuasão e conformidade normativa (Hargrave; Kis-Katos, 2013; Williamson, 1979).

A relação entre enfraquecimento institucional e avanço do desmatamento, portanto, não é meramente especulativa, mas encontra respaldo robusto tanto na teoria quanto na evidência empírica. Limitações orçamentárias, cortes de pessoal e perda de autonomia dos órgãos de fiscalização ambiental minam a eficácia dos mecanismos de comando e controle e incentivam comportamentos oportunistas por parte dos agentes econômicos (Azevedo, 2000; Brancalion *et al.*, 2016).

Neste trabalho, parte-se do pressuposto de que o enfraquecimento da capacidade institucional da fiscalização ambiental federal, materializado na retração de fiscais, orçamento e autonomia do Ibama, constitui fator determinante para o recente avanço do desmatamento na Amazônia Legal. Ao analisar essa hipótese por meio de modelo econométrico de dados em painel, busca-se qualificar empiricamente a relação causal entre as transformações institucionais e a expansão das áreas ilegalmente suprimidas, conforme os objetivos centrais da pesquisa.

3. TRANSFORMAÇÕES INSTITUCIONAIS E ENFRAQUECIMENTO DA POLÍTICA AMBIENTAL (2019–2022)

O período de 2019 a 2022 marcou uma inflexão ideológica profunda na política ambiental brasileira, evidenciada por um processo deliberado de desmonte institucional que comprometeu a governança ambiental e ampliou a permissividade frente a práticas ilícitas (West; Fearnside, 2021). Nesse interregno, o discurso oficial do governo federal passou a relativizar os marcos regulatórios, estimular condutas predatórias e questionar

abertamente dados técnicos produzidos por instituições de monitoramento (Xavier; Tonin, 2022).

O fortalecimento de discursos que relativizam a gravidade dos problemas ambientais acabou por consolidar uma lógica institucional marcada pela minimização dos impactos, pela transferência de responsabilidades e pela legitimação indireta de práticas irregulares (Ferrante; Fearnside, 2019). A indicação de gestores pouco alinhados à agenda ambiental comprometeu a autonomia técnica de órgãos como o IBAMA e o ICMBio, resultando no enfraquecimento de suas capacidades operacionais (Barbosa; Alves; Grelle, 2021). Paralelamente, reordenaram-se prioridades, deslocando o foco do controle do desmatamento para pautas urbanas, como resíduos sólidos (Medeiros, 2022).

As ações e omissões do governo anterior desarticularam o arcabouço normativo e administrativo do sistema de proteção ambiental e ainda comprometem a eficácia do combate ao desmatamento na Amazônia Legal (Picoli *et al.*, 2020). Para evitar o agravamento dessa crise institucional, torna-se fundamental compreender os mecanismos de esvaziamento jurídico e programático que aprofundaram a fragilização da capacidade estatal de resposta (Börner *et al.*, 2015).

3.1 Reorientação Política e Inversão da Agenda Ambiental

O rearranjo institucional promovido pelo governo federal, que ganhou força a partir de 2019, gerou uma deterioração profunda na capacidade de resposta estatal, favorecendo a criminalidade ambiental e a captura de territórios por agentes ilegais, muitas vezes associados ao crime organizado (Fanzeres; Feitora; Salinas, 2024).

A política ambiental rural, que envolve temas como desmatamento, conservação da biodiversidade e regularização fundiária, foi relegada a segundo plano. Os espaços de governança participativa foram deliberadamente desarticulados. Foram implementadas alterações unilaterais no Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e no Conselho da Amazônia Legal (CNAL) para restringir a representação de segmentos técnicos e científicos, esvaziando os canais institucionais de controle social e transparência. A desconsideração das pautas ambientais também se manifestou na exclusão do tema nos instrumentos oficiais de planejamento, como no Plano Plurianual (PPA) e na Lei Orçamentária Anual (LOA), indicando um recuo sistemático da agenda ambiental no plano federal (Medeiros, 2022).

Nesse período, mecanismos regulatórios também foram alterados para viabilizar maior permissividade institucional. Os Núcleos de Conciliação Ambiental (NCA), por exemplo, passaram a atuar como instâncias revisionais de autuações do IBAMA, o que elevou os índices de impunidade e desmoralizou o trabalho fiscalizatório (Nascimento *et al.*, 2023). Ao mesmo tempo, medidas administrativas e jurídicas enfraqueceram os instrumentos sancionadores e promoveram a descaracterização da autoridade dos agentes públicos ambientais (Pereira *et al.*, 2020).

Outro aspecto crítico foi o rebaixamento institucional do Ministério do Meio Ambiente (MMA), cuja autoridade foi gradualmente transferida para pastas militares ou áreas com baixa capacidade técnica, fragmentando a política ambiental e comprometendo sua governança intersetorial (Araújo; Nogueira, 2022). Essa reconfiguração limitou a eficácia das políticas ambientais e dificultou a implementação de ações coordenadas e direcionadas.

Como resultado, a estrutura organizacional do IBAMA e do ICMBio sofreu uma retração drástica, com cortes orçamentários, não reposição de pessoal e perda de autonomia funcional. O esvaziamento dos quadros técnicos e a suspensão de planos estratégicos como o PPCDAm agravaram a paralisia institucional e minaram os avanços obtidos nos anos anteriores (Xavier; Tonin, 2022). A cooperação interagências, que havia se fortalecido com base em acordos e programas estruturados, também foi desmobilizada, comprometendo a coordenação das ações em campo.

Em síntese, cortes orçamentários, fragmentação institucional e a retirada de quadros técnicos culminaram no colapso operacional do IBAMA e do ICMBio. Essa desestruturação é expressão de um processo mais amplo de desinstitucionalização conduzido por forças políticas hostis à pauta ambiental (Araújo; Nogueira, 2022).

A substituição das ações fiscalizatórias por operações de Garantia da Lei e da Ordem (GLO), embora financeiramente vultosas, revelou-se ineficaz na contenção de ilícitos. Entre 2019 e 2021, mais de meio bilhão de reais foram consumidos nessas operações, sem resultados concretos. Simultaneamente, instituições participativas, como o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e o Conselho Nacional da Amazônia Legal (CNAL), foram esvaziados, reduzindo a presença técnico-científica e concentrando decisões em esferas com menor sensibilidade ambiental (Medeiros, 2022; Nunes *et al.*, 2024).

A omissão deliberada do governo e o esvaziamento das políticas públicas podem ter contribuído decisivamente para o aumento das taxas de desmatamento e para o fortalecimento de estruturas criminosas. O descaso governamental, em grande medida, contribuiu para uma transformação no perfil dos infratores, que agora estão mais articulados, especializados tecnicamente e orientados pela lógica da expansão predatória (Nascimento *et al.*, 2023).

As transformações ocorridas entre 2019 e 2022 não apenas desmantelaram políticas públicas e estruturas institucionais consolidadas, como também instauraram um ambiente de permissividade normativa e inação sistêmica. Importa destacar, contudo, que a desestruturação jurídica e o esvaziamento institucional da política ambiental integraram uma estratégia deliberada de enfraquecimento progressivo do poder de polícia ambiental, promovida a partir de decisões políticas orientadas pela desvalorização da agenda ecológica.

3.2 Desestruturação Normativa e Esvaziamento Institucional

A reforma do Código Florestal em 2012, ao conceder anistia à maior parte dos desmatamentos anteriores a 2008, inaugurou um ciclo de desregulamentação ambiental que se aprofundaria nos anos seguintes (Araújo, 2022). Esse movimento comprometeu a coerência normativa do arcabouço legal e debilitou os instrumentos de proteção ambiental (Brancalion *et al.*, 2016).

A partir de 2016, diversas alterações legais e medidas administrativas aceleraram a corrosão, gradativa, da estrutura de cumprimento das normas ambientais (Azevedo *et al.*, 2023). Como exemplo, temos o Decreto nº 9.760/2019, que ao instituir a fase obrigatória de conciliação, transformou os procedimentos sancionadores em ritos prolongados, ignorando a escassez de pessoal no IBAMA e no ICMBio, o que agravou a ineficiência na aplicação de sanções (Araújo, 2022). A centralização decisória e o acúmulo de processos reforçaram a sensação de impunidade.

As decisões unilaterais dos presidentes das autarquias ambientais federais, designados livremente pelo Presidente da República, comprometeram a segurança jurídica de milhares de processos. Um exemplo emblemático foi a invalidação retroativa das intimações dos infratores por edital, que afetou 42 mil autos de infrações e R\$ 16,2 bilhões em multas, revelando graves riscos de prescrição e consequente desgaste

institucional (Araújo, 2024). O descrédito no sistema sancionador consolidou um cenário de leniência.

A Figura 7 ilustra a ampliação progressiva da distância entre os montantes orçamentários autorizados e aqueles efetivamente executados pelo Ibama, no intervalo de 2014 a 2022. Essa divergência reforça a percepção de um esvaziamento material das capacidades institucionais, cujos efeitos repercutem diretamente na fragilização dos instrumentos operacionais e sancionadores do órgão.

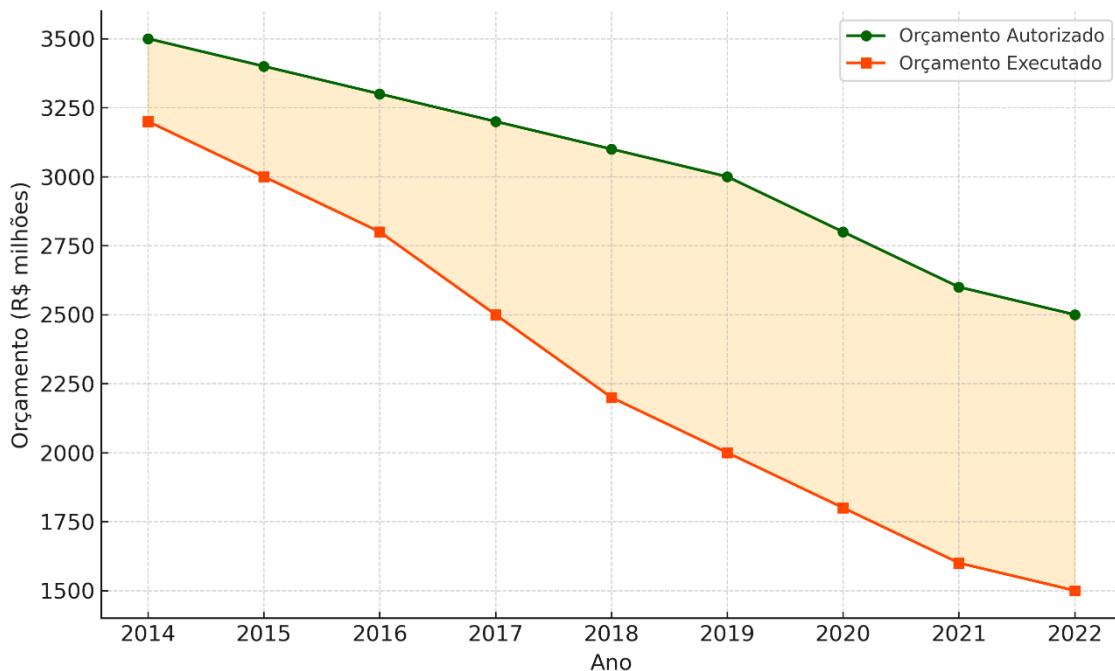


Figura 7. Orçamento autorizado e executado pelo IBAMA no período de 2014 a 2022.
Fonte: elaborado pelo autor com base nos dados disponibilizados por IBAMA (2022) e Brasil (2025).

Concomitantemente, após 2016, normas sancionatórias foram revogadas ou flexibilizadas por atos administrativos, gerando lacunas regulatórias que estimularam a reincidência. A paralisação de embargos e autos de infração fragilizou a efetividade da legislação, enquanto mudanças interpretativas esvaziaram os fundamentos jurídicos dos processos (Nascimento *et al.*, 2023). De 2019 a 2022, essa lógica foi intensificada pela captura política dos instrumentos normativos. Tentativas de concentrar, por meio de medidas provisórias, a conversão de multas no MMA, ilustram o esvaziamento técnico do IBAMA (Araújo, 2022).

A imposição de instâncias políticas para homologação das sanções criou entraves burocráticos adicionais. Com isso, a efetividade das punições ficou condicionada à chancela de autoridades superiores, o que desmotivou os fiscais e comprometeu a legitimidade operacional dos órgãos (Rajão *et al.*, 2021). Dados oficiais confirmam essa perda de eficácia: a média anual de multas pagas caiu de 1.071 entre 2004 e 2018 para 480 em 2020, evidenciando a ineficiência crescente do sistema (Nunes *et al.*, 2024). A fase conciliatória, concebida para aprimorar o diálogo institucional, acabou convertida em expediente protelatório.

Esse quadro institucional permissivo coincidiu com a sofisticação dos infratores ambientais, agora mais articulados, assessorados juridicamente e equipados com estruturas logísticas próprias (Graça, 2024). A anistia legal e a regularização de áreas consolidadas fomentaram redes de criminalidade ambiental. A morosidade institucional, com processos se arrastando por mais de três anos, anulou o caráter pedagógico das sanções (Barbosa; Alves; Grelle, 2021). O sistema perdeu sua função dissuasória, alimentando o descrédito público e institucional (Carvalho *et al.*, 2019).

A conversão de multas, concebida como instrumento alternativo à sanção pecuniária e potencial indutor da rápida reparação ou compensação dos danos causados, foi engessada pela ausência de regulamentação específica (Araújo, 2022). Em paralelo, a instrumentalização jurídica subordinou a fiscalização a interesses políticos e econômicos, normalizando condutas ilegais e comprometendo o princípio da prevenção. A falta de atualização das diretrizes técnicas comprometeu a capacidade de resposta institucional (West; Fearnside, 2021).

Desse modo, a conjunção entre o enfraquecimento do poder de polícia, a obstrução dos mecanismos sancionadores e a normatização da leniência consolidou um sistema disfuncional (Börner *et al.*, 2014). Como agravante, a interrupção de programas estruturantes representou uma ruptura crítica na trajetória da política ambiental brasileira, revertendo avanços acumulados nas décadas anteriores.

A descontinuidade do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) e a paralisação do Fundo Amazônia, ilustram a fragilização deliberada dos instrumentos de governança ambiental (West; Fearnside, 2021). Ambas as iniciativas foram pilares estruturantes da política ambiental

brasileira, articulando recursos financeiros, tecnologia de monitoramento e cooperação federativa (Diniz *et al.*, 2015).

No entanto, a partir de 2016, iniciou-se um progressivo esvaziamento do PPCDAm, com a centralidade das ações sendo deslocada para a regularização fundiária (Rochedo *et al.*, 2018). Já em 2019, o programa foi formalmente suspenso, os comitês executores desmobilizados e a política de prevenção ao desmatamento, abandonada (Trancoso, 2021).

Simultaneamente, a interrupção do Fundo Amazônia comprometeu o financiamento de operações essenciais. Até 2020, o fundo havia investido US\$ 365 milhões em ações de combate ao desmatamento, como locações aéreas e projetos sustentáveis. O governo federal ao extinguir os comitês gestores do fundo, sem substituição funcional, violou acordos com os doadores e comprometeu a credibilidade internacional do país (Nunes *et al.*, 2024).

Essa descontinuidade não se limitou à dimensão financeira. A paralisação institucional comprometeu a coordenação interfederativa, acarretando a perda de diretrizes comuns e do apoio técnico necessário à execução descentralizada das ações. A ausência de respaldo normativo e orçamentário levou estados e municípios a uma drástica redução de sua capacidade de fiscalização, o que agravou a vulnerabilidade dos territórios sob ameaça (Xavier; Tonin, 2022).

A retomada do PPCDAm em 2023 evidenciou os impactos da descontinuidade anterior: a quantidade de sanções aplicadas pelo IBAMA mais que dobrou, ao passo que os alertas de desmatamento caíram 43%, indicando que o vácuo institucional havia favorecido a escalada dos ilícitos (Araújo, 2022; Nunes *et al.*, 2024).

Dessa forma, a lógica da descontinuidade rompeu ciclos consistentes de atuação estatal, comprometendo a sustentação de programas que dependem de estabilidade institucional e previsibilidade orçamentária. Como consequência, consolidou-se a figura de um Estado ausente, cuja incapacidade estrutural agravou a vulnerabilidade dos biomas protegidos.

Essa conjuntura de paralisia programática ajuda a explicar os obstáculos enfrentados pelas agências ambientais para manter ações coordenadas e eficientes em campo (Trancoso, 2021). Contudo, é na estrutura interna do principal órgão de

fiscalização ambiental que se manifesta de maneira mais evidente o desmonte institucional levado a cabo no período recente.

3.3 A Desestruturação do IBAMA: da Supressão Operacional à Inação Sistêmica

O Ibama, órgão de referência no controle ambiental federal, sofreu, entre 2019 e 2022, um processo sistemático de enfraquecimento institucional, comprometendo sua capacidade de atuação. A diminuição drástica de seu efetivo (de 1.311 fiscais em 2010 para 591 em 2020), a fragilização logística e a ausência de reposição de quadros comprometeram sua presença territorial e a capacidade de resposta operativa (Araújo, 2022; Barbosa; Alves; Grelle, 2021).

O encolhimento estrutural foi intensificado por sucessivos cortes orçamentários, limitações operacionais e a carência de recursos logísticos essenciais, que inviabilizaram o planejamento estratégico e a continuidade das ações (Serrano; Gonçalves; Gonçalves, 2013). A paralisação das operações remotas, cruciais para detectar ilícitos em áreas de difícil acesso, coincidiu com a substituição da força-tarefa interagência por missões militares de baixa efetividade (Nunes *et al.*, 2024). A esse cenário de desarticulação operacional, somou-se a centralização das decisões em gestores nomeados por critérios políticos, o que desorganizou a cadeia de comando e comprometeu severamente a autonomia técnica do órgão, conforme pode ser observado no Quadro 3 (Araújo, 2024).

Quadro 3. Evolução dos Fatores de Enfraquecimento do IBAMA entre 2010 e 2022.

Ano	Evento	Impacto Institucional
2010	IBAMA contava com 1.311 fiscais ativos	Forte presença territorial e capacidade operacional sólida.
2012	Redução gradual do orçamento de custeio e capital	Início da restrição logística e fragilidade no planejamento estratégico.
2016	Extinção de concursos públicos para analistas e técnicos ambientais	Reposição de quadros congelada; envelhecimento do corpo técnico.
2018	Reorganização interna sob pressão fiscal	Reforço da centralização decisória e diminuição de autonomia das superintendências.
2019	Decreto nº 9.760/2019 impõe fase obrigatória de conciliação no processo sancionador	Engessamento do sistema sancionador e represamento processual deliberado (ADPF 755).
2020	Quadro de fiscais reduzido para 591 servidores	Redução de mais de 50% da força de fiscalização ambiental em comparação a 2010.
2021	Despacho interno do IBAMA anula intimações via edital (Despacho nº 119965)	Risco de prescrição de 42 mil processos sancionadores; prejuízo bilionário à efetividade da fiscalização.
2022	Concentração política das nomeações nos estados (superintendentes sem experiência técnica)	Comprometimento da autonomia técnica e da cadeia de comando; politização da atuação fiscalizatória.

Fonte: elaborado pelo autor com base em Araújo (2022; 2024), Nunes *et al.* (2024), Xavier e Tonin (2022).

Esse contexto de fragilização operacional abriu espaço para uma interferência política direta nas ações fiscalizatórias. Ordens superiores passaram a interferir na lavratura de autos de infração, e agentes relataram pressões para não autuar infratores, o que esvaziou o poder de polícia ambiental e reforçou a sensação de impunidade (Rajão; Vurdubakis, 2013; Nunes *et al.*, 2024).

O processo de desorganização interna resultou no enfraquecimento da articulação com o Ministério Público e demais entes federativos. Com a redução de convênios interestaduais, as operações integradas foram suspensas, diminuindo significativamente a repressão qualificada aos crimes ambientais (Trancoso, 2021). Além disso, a ausência de um planejamento conjunto comprometeu o uso estratégico da inteligência territorial, dificultando ações coordenadas e eficazes no enfrentamento das infrações (Serrano; Gonçalves; Gonçalves, 2023).

O colapso institucional estendeu-se ainda ao sistema sancionador. A lentidão processual, o alto índice de prescrições e a baixa efetividade na aplicação das multas

revelaram a falência de um modelo punitivo incapaz de gerar dissuasão (Araújo, 2017). A desconexão entre a fiscalização e a sanção efetiva minou a confiança pública na atuação estatal, favorecendo a reincidência (Rajão; Vurdubakis, 2013).

Como resultado de sucessivas perdas operacionais, o IBAMA foi gradualmente se transformando em uma instituição meramente simbólica. De órgão proativo e articulador da política ambiental federal, passou à condição de autarquia desmobilizada, com autonomia comprometida, orçamento comprimido e mínima influência sobre as decisões estratégicas (Xavier; Tonin, 2022).

A conversão do IBAMA em uma autarquia fragilizada comprometeu não apenas sua eficácia operacional, mas também sua capacidade dissuasória (Serrano; Gonçalves; Gonçalves, 2023). A fim de demonstrar os efeitos concretos dessa retração institucional, a próxima seção adota um modelo econômético que quantifica sua relação com o aumento das taxas de desmatamento nos estados que compõe a AL.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desmantelamento das políticas de comando e controle ambiental, intensificado entre 2019 e 2022, revelou uma das faces mais alarmantes da crise institucional brasileira: a erosão da capacidade estatal de regular, fiscalizar e conter ilícitos nos territórios mais sensíveis do ponto de vista socioambiental (Nunes *et al.*, 2024). Na Amazônia Legal, marcada por disputas fundiárias, interesses econômicos antagônicos e pressões antrópicas crescentes, a fragilização do aparato público assumiu proporções preocupantes.

A drástica redução de pessoal, o bloqueio deliberado de operações e o estrangulamento orçamentário, acentuada a partir de 2019, enfraqueceram a atuação do IBAMA, que deixou de exercer sua função estratégica. Como consequência, áreas críticas passaram a ser ocupadas por dinâmicas de desmatamento especulativo e ilegal (Serrano; Gonçalves; Gonçalves, 2023).

Diante do aparente colapso do aparato de comando e controle, torna-se essencial, para que se possa enfrentar o problema, mensurar e analisar de que forma a ausência de ações fiscalizatórias tem impactado o avanço do desmatamento ilegal. Nesse sentido, a análise econômética, ao estimar relações causais entre variáveis institucionais e

socioambientais, configura-se como um instrumento metodológico robusto para interpretar os efeitos da retração fiscalizatória sobre os padrões de desmatamento na região Amazônica (Ullah, Akhtar e Zaefarian, 2018).

Com base nesse referencial, esta seção adota uma abordagem quantitativa para investigar o nexo entre a desestruturação institucional e o avanço do desmatamento na Amazônia Legal. O modelo econométrico empregado incorpora variáveis de controle socioeconômico e ambientais, visando mensurar, com maior acurácia, os efeitos do enfraquecimento estatal sobre a integridade ecológica da região. Busca-se, assim, oferecer uma contribuição empírica consistente ao debate sobre os determinantes da devastação florestal na Amazônia.

4.1 Área de Estudo e Fontes de Dados

A Amazônia Legal constitui o maior recorte político-administrativo voltado à conservação da floresta tropical brasileira, abrangendo nove estados: Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, conforme Figura 8 (Diniz *et al.*, 2015). Com aproximadamente 61% do território nacional, concentra as maiores taxas de desmatamento do país nas últimas décadas, o que justifica sua seleção como área de estudo estratégica para monitoramento ambiental e combate à criminalidade ecológica (Picoli *et al.*, 2020).



Figura 8. Mapa do Brasil, com destaque para a Amazônia Legal em verde.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados disponibilizado no IBGE (2019).

A escolha da região também se fundamenta na persistente pressão sobre os recursos naturais, agravada por vetores como a expansão agropecuária, a grilagem de terras e a atuação de organizações criminosas. Esses fatores coexistem com a fragilidade institucional dos mecanismos de controle, em especial durante períodos de retração do IBAMA, como observado entre 2019 e 2022 (Domingues; Bermann, 2012).

Ademais, as heterogeneidades institucionais entre os estados da Amazônia Legal, especialmente no que se refere às diretrizes ambientais e ao grau de integração federativa, possibilitam testar a eficácia das ações de fiscalização em diferentes contextos. Essa diversidade reforça a pertinência do recorte territorial, especialmente para análises sobre a coordenação entre os estados da federação (Hargrave; Kis-Katos, 2013).

Outro critério decisivo foi a disponibilidade de dados consistentes, auditáveis e de abrangência anual sobre desmatamento, autuações e efetivo fiscal. Fontes públicas

online de informações como o PRODES/INPE, CTF/IBAMA e o IBGE permitiram a construção de uma base integrada, compatível com a proposta analítica do estudo (Costa; Szerman; Assunção, 2025).

Assim, a AL representa não apenas o epicentro dos conflitos regulatórios e das perdas florestais recentes, mas também o espaço empírico mais adequado para avaliar os efeitos da retração fiscalizatória sobre a integridade ecológica (Brancalion *et al.*, 2016). Com base nesse recorte, o tópico seguinte apresenta os fundamentos técnicos e metodológicos que embasam o modelo econométrico construído para investigar essa relação causal.

4.2 Apresentação do Modelo Econométrico

A análise econométrica conduzida nesta pesquisa parte do pressuposto de que o desmatamento na AL, principalmente no período de 2019 a 2022, é influenciado pela presença e atuação do Estado por meio da fiscalização ambiental. Dentre os fatores institucionais considerados, a variável central da investigação refere-se ao número de fiscais do Ibama lotados nos estados da Amazônia Legal, construída com base em dados do Painel Estatístico de Pessoal. Essa variável reflete a capacidade operacional da autarquia, pois apenas analistas e técnicos ambientais possuem atribuição legal para lavrar autos de infração, instaurar processos sancionadores e aplicar embargos.

A variável dependente utilizada na análise foi a área desmatada (*Area_desm*), expressa em hectares e mensurada anualmente para cada um dos nove estados que compõem a AL, no período de 2008 a 2023 (144 observações). Essa medida traduz o impacto agregado das pressões antrópicas sobre a cobertura florestal e foi adotada como principal indicador de desempenho ambiental do estudo (Miranda, Oliveira, 2023). Para atender ao objetivo da pesquisa, foram selecionadas, entre as variáveis independentes de destaque: o número de fiscais do IBAMA (*IBAMA_fiscal*), a quantidade de multas aplicadas (*Multa_qtde*), os focos de incêndio identificados (*Focos_incendi*), a produção de rebanho bovino (*Prod_reba_bovi*) e o Produto Interno Bruto per capita (*PIB_pc_correntes*), conforme apresentado no Quadro 4 (Silveira *et al.*, 2025).

Quadro 4. Estrutura Metodológica das Variáveis do Modelo Econométrico: definições, unidades de medida, fontes, fundamentos teóricos.

Variável	Unidade de Medida	Fonte	Justificativa Teórica
<i>Area_desm</i>	Hectares	INPE (2025a)	Indicador sintético do impacto ambiental decorrente da ação antrópica sobre a floresta.
<i>IBAMA_fiscal</i>	Número absoluto (servidores)	Brasil (2025)	Proxy da capacidade institucional de fiscalização ambiental do Estado.
<i>Multa_qtde</i>	Número absoluto (autos lavrados)	IBAMA (2025)	Indicador do grau de atuação punitiva em resposta a infrações ambientais.
<i>Focos_incendi</i>	Número absoluto (focos anuais)	INPE (2025b)	Medida de pressão direta sobre o uso da terra e degradação ambiental.
<i>Prod_reba_bovi</i>	Cabeças de gado	IBGE (2025)	Expressa a expansão pecuária como vetor primário de desmatamento.
<i>PIB_pc_correntes</i>	R\$ (correntes)	IBGE (2025)	Indicador de contexto socioeconômico regional e estímulo à conversão produtiva da terra.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A definição das variáveis explicativas, conforme disposto no Quadro 1, está diretamente alinhada ao objetivo principal da pesquisa. As variáveis *IBAMA_fiscal* e *Multa_qtde* compõem o núcleo institucional do aparato de comando e controle ambiental. A primeira é uma proxy da capacidade fiscalizatória efetiva, enquanto a segunda reflete a intensidade da atuação punitiva. A variável *Focos_incendi*, por sua vez, opera como indicador de pressão antrópica direta sobre os ecossistemas, notadamente associada à queima de vegetação para fins de abertura de áreas (Uhr, Uhr, 2014). Já a *Prod_reba_bovi* representa uma variável de pressão estrutural, ao expressar a expansão da fronteira agropecuária via atividade pecuária, historicamente reconhecida como principal vetor de conversão florestal na região. Por fim, o *PIB_pc_correntes* introduz um controle econômico relevante, ao traduzir o nível de desenvolvimento regional e potencial influência sobre os padrões de uso do solo (Miranda, Oliveira, 2023).

Com base nas variáveis selecionadas, observa-se que o modelo busca integrar três dimensões essenciais para a compreensão do desmatamento na Amazônia Legal: (i) a presença e intensidade do *enforcement* ambiental; (ii) os fatores diretos de pressão territorial; e (iii) os condicionantes econômicos estruturais (Assunção *et al.*, 2015; Costa, Szerman e Assunção, 2025). Essa estrutura teórico-empírica mostra-se particularmente pertinente diante da complexidade regional e das marcantes diferenças entre os estados da AL.

Para avaliar a adequação do modelo de efeitos fixos (FE) em relação ao de efeitos aleatórios (RE), aplicou-se o teste de Hausman, cujo resultado ($\chi^2(3) = 35,19$; $p < 0,001$) rejeitou a hipótese de consistência do estimador RE, demonstrando correlação entre efeitos não observáveis e as variáveis explicativas. O elevado valor de $\rho = 0,9449$, indicando que 94% da variância está associada a efeitos específicos dos estados, reforça a heterogeneidade estrutural persistente na AL, conforme dados em anexo. Assim, a adoção do modelo de efeitos fixos mostrou-se a alternativa mais consistente para mensurar o impacto institucional da fiscalização ambiental sobre o desmatamento (Assunção; Gandour; Rocha, 2015; Assunção; Burity; Medeiros, 2015; Wooldridge, 2010).

A formulação do modelo pode ser sintetizada conforme a equação (1):

$$Area_desm_{it} = \beta_0 + \beta_1 IBAMA_fiscal_{it} + \beta_2 Multa_qtde_{it} + \beta_3 Focos_incendi_{it} + \beta_4 Prod_reba_bovi_{it} + \beta_5 PIB_pc_correntes_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Onde:

i representa o estado;

t representa o ano;

u_i corresponde ao efeito fixo específico de cada estado; e

ε_{it} refere-se ao termo de erro aleatório.

Cabe destacar, que a decisão de empregar efeitos fixos baseia-se na existência de características não observáveis (como a cultura fundiária, o histórico de regularização ambiental e a estrutura de governança local), que afetam o desmatamento de maneira persistente, mas que não variam dentro do período analisado. Ao controlar por essas características, o modelo torna-se mais apropriado para captar efeitos genuinamente causais das variáveis de interesse (Silveira *et al.*, 2025; Ullah, Akhtar e Zaefarian, 2018).

5. RESULTADOS DO MODELO E INTERPRETAÇÃO

O modelo econométrico de efeitos fixos, estimado com dados em painel pelo software *Stata* e com erros robustos ajustados por *cluster* estadual, revelou relações estatisticamente significativas entre a presença institucional do Estado e as variações nas taxas de desmatamento na Amazônia Legal. O período de análise foi de 2008 a 2023, sendo assim, a base de dados conta com 144 observações.

A variável *IBAMA_fiscal* apresentou coeficiente negativo expressivo (-24,5591) e valor de $p = 0,014$, o que indica que a redução do contingente de fiscais ambientais federais está associada ao aumento da área desmatada, corroborando a hipótese central da pesquisa de que o enfraquecimento institucional intensifica a vulnerabilidade florestal (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficientes estimados para os estados da AL no período de 2008 a 2022.

Variável	Coef.	Valor de p	Sinal de Impacto	Interpretação Substantiva
<i>IBAMA_fiscal</i>	-24,559**	0,014	Negativo	Redução de fiscais amplia a área desmatada
<i>Multa_qtde</i>	0,484**	0,032	Positivo	Sanções isoladas têm efeito limitado
<i>Focos_incendi</i>	0,013*	0,007	Positivo	Queimadas impulsionam processos de desmatamento
<i>Prod_reba_bovi</i>	0,00001	0,485	Positivo	Expansão da pecuária contribui para supressão florestal
<i>PIB_pc_correntes</i>	-5,57e**	0,024	Negativo	Renda <i>per capita</i> elevada tende a reduzir desmatamento

Fonte: Elaborado pelo autor baseado nos dados obtidos nas análises processadas no software *Stata*.

Obs.: *significante a 1%; ** significante a 5%.

A Tabela 2 apresenta a análise conjunta dos coeficientes estimados e seus respectivos níveis de significância estatística (p-valores), o que permite observar simultaneamente a direção, a magnitude e a robustez empírica dos efeitos associados a cada variável explicativa (Assunção; Burity; Medeiros, 2015).

A variável *IBAMA_fiscal* destaca-se tanto pela magnitude negativa de seu coeficiente (-24.559) quanto por sua significância estatística elevada ($p = 0,014$), corroborando sua condição de variável central na contenção do desmatamento. Esse

resultado corrobora a sustentação de que a presença estatal exerce papel dissuasivo direto, sendo capaz de reduzir de forma significativa a área desmatada nos estados da AL.

A interpretação desses indicadores ganha força quando confrontada com a dinâmica histórica da fiscalização ambiental na região. A partir dos anos 2000, mecanismos de comando e controle foram fortalecidos, com a intensificação das ações de campo, aplicação de sanções e embargos administrativos (Waroux *et al.*, 2019). A efetividade dessas medidas dependeu, contudo, da intensidade da presença estatal nos territórios, sendo o monitoramento sistemático e a repressão de infrações condições necessárias para o controle do desmatamento (Fearnside, 2005).

Em estados como Mato Grosso (MT) e Rondônia (RO), a diminuição do contingente de fiscais ambientais, a partir de 2018, coincidiu com o agravamento ou a persistência de elevados índices de desmatamento (Figura 9).

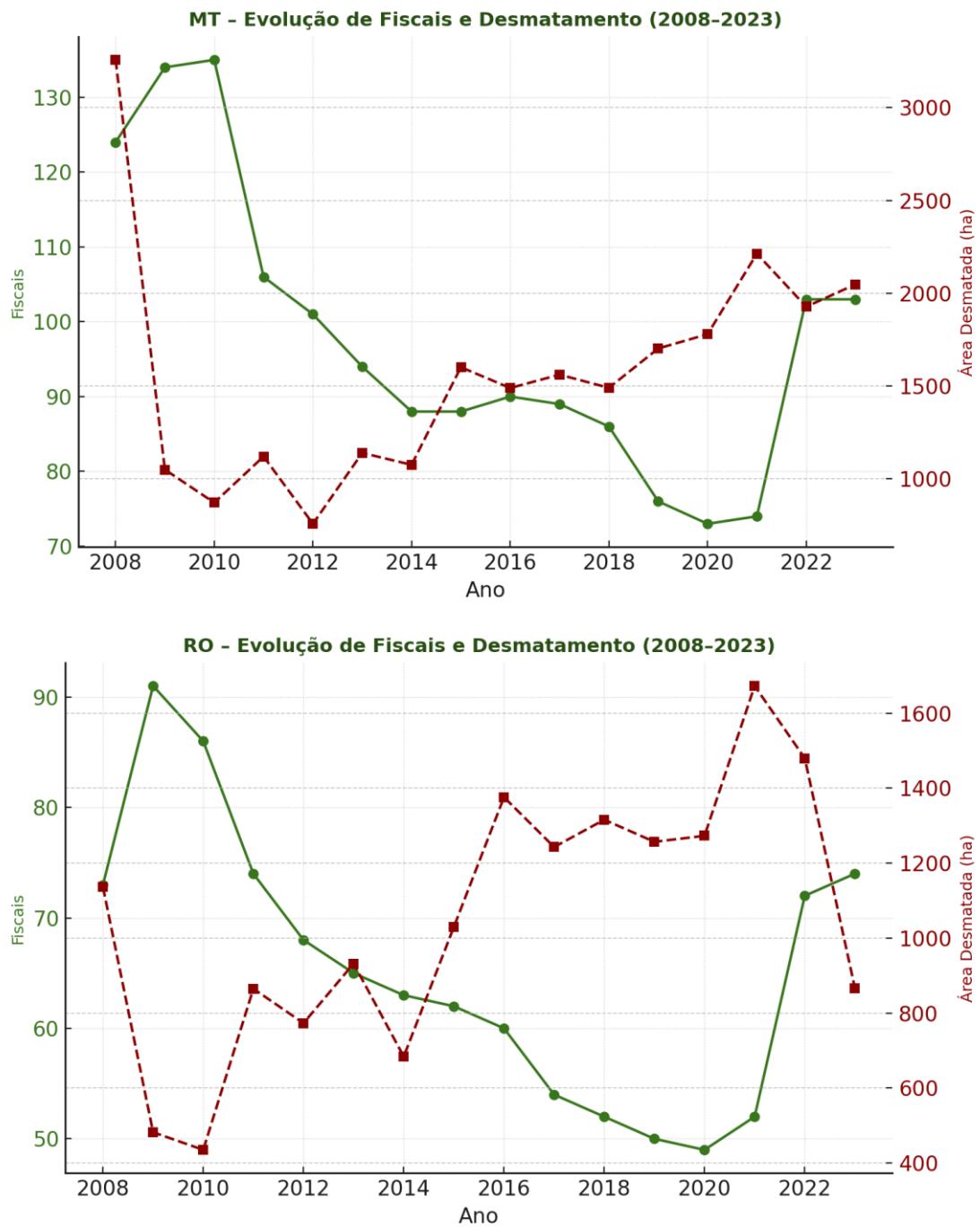


Figura 9. Evolução do número de fiscais e área desmatada, de 2008 a 2023, nos estados de Mato Grosso e Rondônia. Fiscais (linha verde) x desmatamento (linha vermelha).

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados do modelo gerado no *Stata*.

A Figura 9 indica que períodos de maior estabilidade institucional, refletidos pela manutenção do efetivo fiscalizatório, resultaram, no período de 2008 a 2022, em menores índices de desmatamento, mesmo em estados sob pressão da expansão agropecuária. Esse padrão sugere que até mesmo uma presença estatal reduzida, quando

sustentada por instituições minimamente estruturadas, é capaz de conter avanços predatórios significativos. Em contrapartida, a redução do contingente de fiscais e o consequente desmonte institucional (catalisado a partir de 2014), coincidem com a elevação das taxas de supressão florestal, sugerindo que o enfraquecimento da capacidade estatal pode comprometer a eficácia das políticas de comando e controle.

Esse conjunto de evidências empíricas, alinhado aos resultados do modelo econométrico, corroboram a tese de que o enfraquecimento da fiscalização ambiental federal constitui um vetor de incentivo indireto ao desmatamento ilegal, minando a capacidade do Estado de aplicar normas e proteger o patrimônio florestal brasileiro. Portanto, a distribuição territorial da força fiscalizatória, revela-se como um elemento-chave para a efetividade do combate ao desmatamento na Amazônia Legal.

A variável *Multa_qtde* apresentou coeficiente positivo e significância marginal ($p = 0,032$), evidenciando que a emissão de sanções administrativas, isoladamente, não é capaz de frear o desmatamento. Este resultado converge com a literatura que aponta a ineficácia da repressão dissociada da atuação territorial, destacando que a efetividade das sanções exige integração entre normatividade, monitoramento e capacidade executiva (Azevedo *et al.*, 2017; Fearnside, 2008; Nepstad *et al.*, 2014; Schielein; Börner, 2018).

Quanto à variável *Focos_incendi*, observou-se correlação positiva e altamente significativa com a área desmatada ($p = 0,007$), reforçando o entendimento de que o uso sistemático do fogo permanece como etapa integrante dos ciclos de supressão vegetal. Neste contexto, autores como Fearnside (2005), destacam que os focos de calor, longe de serem eventos isolados, integram uma estratégia de conversão fundiária frequentemente subsequente à retirada seletiva de madeira e à introdução de gado.

As variáveis econômicas incluídas como controles apresentaram efeitos heterogêneos. A *Prod_reba_bovi* apresentou coeficiente pouco expressivo (0,0000181) e p-valor elevado (0,4845), indicando que a variável não é estatisticamente relevante (Assunção; Chein, 2016). Muito em razão do descompasso temporal entre o desmatamento e o aumento efetivo do rebanho, uma vez que a conversão de áreas florestais em pastagens ocorre de forma gradual, passando pela supressão da vegetação, queima, limpeza do terreno e posterior estruturação da atividade pecuária, cujos efeitos sobre o estoque de rebanho tendem a surgir apenas nos anos seguintes (Arima; Richards; Caldas, 2011).

A variável *PIB_pc_correntes* apresentou p-valor significativo (0,024), ao nível de 5% de significância, e coeficiente negativo de pequena magnitude, o que indica uma associação estatisticamente robusta, ainda que modestamente expressiva, entre o nível de renda *per capita* e a área desmatada. Esse padrão sugere que estados com economias com maiores níveis de crescimento desenvolvidas tendem a apresentar menor dependência de práticas predatórias, como a conversão de florestas em áreas produtivas. Em contextos de maior dinamismo econômico, é possível que a expansão ocorra por meio de atividades menos intensivas em uso extensivo da terra, o que pode refletir estruturas produtivas mais diversificadas, maior presença institucional e capacidade técnica, além de incentivos econômicos mais compatíveis com a conservação ambiental. Assim, o PIB *per capita* pode atuar como um moderador marginal, porém estatisticamente confiável, da pressão antrópica sobre a floresta (Hecht, 2011).

O coeficiente negativo de *IBAMA_fiscal* manteve-se estável em especificações alternativas, mesmo com a inclusão de defasagens temporais, indicando forte robustez estatística e substantiva (em anexo). A significância mantida sob diferentes formulações reforça a tese de que a presença de servidores aptos à lavratura de autos, embargos e fiscalização de campo pode ser um fator determinante para a contenção da degradação ambiental (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados dos modelos com defasagens temporais (L1, L2 e L3).

Variável	L1 1 Ano	L2 2 Anos	L3 3 Anos	Interpretação
<i>IBAMA_fiscal</i>	-27.69936 (p = 0.012)	-32.40189 (p = 0.020)	-25.25805 (p = 0.037)	Efeito dissuasório consistente até 3 anos.
<i>Multa_qtde</i>	0.0067634 (p = 0.964)	-0.0187051 (p = 0.900)	0.2086907 (p = 0.413)	Sem impacto significativo em qualquer defasagem.
<i>Focos_incendi</i>	0.0188427 (p = 0.005)	0.0019128 (p = 0.725)	0.0018034 (p = 0.802)	Relevância imediata, mas não persistente.
<i>Prod_reba_bovi</i>	0.0000271 (p = 0.332)	0.0000303 (p = 0.703)	0.0000112 (p = 0.371)	Nenhuma associação estatisticamente robusta.
<i>PIB_pc_correntes</i>	-3.09e-09 (p = 0.036)	-5.50e-09 (p = 0.237)	-1.83e-09 (p = 0.719)	Efeito negativo apenas no curto prazo.

Fonte: Elaborado pelo autor baseado nos dados obtidos nas análises processadas no software *Stata*.

Portanto, a evolução temporal dos coeficientes da variável *IBAMA_fiscal* sugerem que o impacto da fiscalização sobre o desmatamento não apenas se mantém consistente ao longo do tempo, mas se intensifica em contextos de retração institucional, ainda que com perda de precisão estatística. O fato sustenta a hipótese de que a presença fiscalizatória do Estado atua como elemento dissuasório estruturante, cuja ausência tem efeitos diretos e mensuráveis sobre a expansão das áreas ilegalmente desmatadas.

Do ponto de vista técnico, o modelo demonstrou bom desempenho, com R^2 overall de 0,5298. A correlação entre os resíduos e os efeitos fixos específicos ($\text{corr}(u_i, X_b) = -0,9485$) revela que o modelo absorveu com eficiência a heterogeneidade estrutural entre os estados analisados, garantindo maior precisão na estimativa dos coeficientes (Wooldridge, 2006). A consistência empírica dos resultados respalda a compreensão de que a governança ambiental depende da presença estatal concreta, não apenas normativa. A articulação entre fiscalização ativa e instrumentos sancionatórios eficazes é decisiva para impedir a consolidação de padrões predatórios de uso do solo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida neste capítulo demonstrou que o desmonte da fiscalização ambiental federal favoreceu, no período de 2016 a 2023, a intensificação do desmatamento na Amazônia Legal. A aplicação do modelo econômico com efeitos fixos evidenciou que a redução do número de fiscais do IBAMA está significativamente associada à expansão da área desmatada, evidenciando perda de capacidade estatal para conter práticas ilícitas de supressão florestal.

Os resultados apresentados reforçam o argumento de que a simples existência de normas ambientais não garante sua eficácia. A presença efetiva dos órgãos fiscalizadores, especialmente no território, mostrou-se condição necessária para a contenção dos vetores de degradação ambiental. A solidez estatística da variável *IBAMA_fiscal*, contrastando com o desempenho modesto das sanções isoladas (*Multa_qtde*), confirma que a fiscalização em campo é mais determinante do que a punição posterior.

A variável *Focos_incendi*, por sua vez, revelou o uso sistemático do fogo como instrumento de transformação fundiária, associado sobretudo à pecuária e à retirada seletiva de madeira. A correlação positiva entre queimadas e desmatamento reforça a

intencionalidade do uso do fogo e a urgência de políticas articuladas de monitoramento e contenção.

Os resultados apresentados são consistentes, sustentados pelos sucessivos testes de robustez que confirmaram a estabilidade dos coeficientes centrais. Essa evidência estatística confere ao modelo segurança analítica e credibilidade científica, permitindo afirmar com confiança que a redução da capacidade fiscalizatória do Estado pode influenciar de forma direta e significativa no avanço do desmatamento na AL.

O trabalho também evidenciou que a efetividade dos instrumentos de comando e controle está condicionada à existência de um aparato estatal minimamente estruturado, com presença territorial contínua e capacidade técnica para atuar de forma preventiva. A inexistência dessa base institucional tem contribuído para a consolidação de padrões predatórios de uso do solo, comprometendo a aplicação das normas ambientais e fragilizando os compromissos internacionais firmados pelo Brasil.

Nesse contexto, torna-se pertinente refletir sobre a implementação de estratégias concretas para reverter o quadro de desestruturação institucional, sobretudo por meio do fortalecimento da atuação conjunta entre os entes federativos. A AL, dada sua complexidade e extensão territorial, exige respostas coordenadas, sustentadas por instrumentos jurídicos e operacionais que ampliem a capilaridade da fiscalização ambiental. A intensificação da cooperação entre estados, União e demais instituições públicas constitui uma abordagem estratégica que pode contribuir para restaurar a capacidade de controle, garantir a aplicação das normas e resguardar o patrimônio socioambiental brasileiro.

REFERÊNCIAS

Agarwal, B. Rule making in community forestry institutions: The difference women make. Rev. Ecological Economics, v. 69, n. 8-9, pp. 2296-2308, jun. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800909000767>. Acessado em: 21 jul. 2023.

Araújo, R. C.; Nogueira, J. M. Novíssimo Código Florestal. Busca da eficácia da Lei 12.651/2012 à luz da análise econômica do direito. 10 anos do Código Florestal Brasileiro: Lei n. 12.651 de 12 de maio de 2012. Org.: Márcia Dieguez Leuzinger *et al.*

Brasília: CEUB; ICPD, 2022. Disponível em: [E-BOOK Código Florestal Brasileiro.pdf](#). Acessado em: 30 jan. 2025.

Araújo, S. M. V. G. Desafios do IBAMA para a gestão ambiental no brasil. IPEA, Boletim Regional, Urbano e Ambiental, v. 16, jan/jun. 2017. Disponível em: [Repositório do Conhecimento do Ipea: Desafios do Ibama para a gestão ambiental no Brasil](#). Acessado em: 30 jan. 2025.

Araújo, S. M. V. G. Fiscalização Ambiental e Processo Sancionador: Desmonte e Reconstrução. Crimes ambientais na Amazônia: lições e desafios da linha de frente. Rio de Janeiro: Plataforma CIPÓ, 2024. Disponível: [web-na-linha-de-frente-cipo-3.pdf](#). Acessado em: 17 fev. 2025.

Araújo, S. M. V. G. Proteção ambiental baseada em evidências? Evolução institucional, planejamento e execução orçamentária no IBAMA. Políticas públicas e usos de evidências no brasil: conceitos, métodos, contextos e práticas, coord.: Natália Massaco Koga, *et al.*, Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2022. Disponível em: [Repositório do Conhecimento do Ipea: Proteção ambiental baseada em evidências? Evolução institucional, planejamento e execução orçamentária no Ibama](#). Acessado em: 31 jan. 2025.

Arima, E. Y.; Richards, P.; Caldas, M. M. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. Rev. Enviromental Research Letters, v. 6, 2011. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/6/2/024010/meta>. Acessado em: 19 mar. 2024.

Artaxo, P. Working together for Amazonia. Rev. Science, v. 363, n. 6425, jan. 2019. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaw6986>. Acessado em: 03 jul. 2023.

Assunção, J.; Burity, P.; Medeiros, M. C. Unobserved Heterogeneity in Regression Models: A Semiparametric Approach Based on Nonlinear Sieves. Rev. Brazilian Review of Econometrics, v. 35, n. 1, mai. 2015. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/bre/article/download/24305/44460/91819>. Acessado em: 28 abr. 2025.

Assunção, J.; Gandour, C.; Rocha, R. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies? Rev. Environment and Development Economics, [S. l.], v. 20, p. 697–722, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1355770X15000078>. Acesso em: 28 abr. 2025.

Azevedo, P. F. Nova Economia Institucional: referencial geral e aplicações para a agricultura. Revista Agrícola, São Paulo, SP, n. 47 (1): 33-52, 2000. Disponível em: https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/agricultura_geral/artigos/NOVA%20ECONOMIA%20INSTITUCIONAL%20-%20REFERENCIAL%20GERAL%20E%20APLICACOES%20PARA%20A%20AGRICULTURA.pdf. Acessado em: 27 mar. 2023.

- Azevedo, T.; Rosa, M.; Shimbo, J.; Del Lama, C.; Oliveira, M.; Valdiones, A. P.; Teixeira, L. M. S.; Coelho, M. Relatório anual do desmatamento no Brasil: 2022. Projeto MapBiomass, Observatório do Clima, São Paulo, junho de 2023. Disponível em: <https://alerta.mapbiomas.org/relatorio>. Acessado em: 03 jul. 2023.
- Barbosa, L. G.; Alves, M. A. S.; Grelle, C. E. V. Actions against sustainability: Dismantling of the environmental policies in Brazil. Rev. Land Use Policy, v. 104, mai. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837721001071>. Acessado em: 25 abr. 2024.
- Börner, J.; Kis-Katos, K.; Hargrave, J.; König, K. Post-Crackdown Effectiveness of Field-Based Forest Law Enforcement in the Brazilian Amazon. PLoS ONE, v. 10, n. 4, abr. 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0121544>. Acesso em: 19 abr. 2024.
- Börner, J.; Wunder, S.; Wertz-Kanounnikoff, S.; Hyman, G.; Nascimento, N. Forest law enforcement in the Brazilian Amazon: Costs and income effects. Rev. Global Environmental Change, v. 29, nov. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378014000879>. Acessado em: 26 abr. 2024.
- Brancalion, P. H. S.; Garcia, L. C.; Loyola, R.; Rodrigues, R. R.; Pillar, V. D.; Lewinsohn, T. M. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives. Rev. Natureza & Conservação, v. 14, supplement 1, abri. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1679007316300020>. Acessado em: 19 mar. 2024.
- Brasil. Ministério do Planejamento e Orçamento. Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento – SIOP. Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/planejamento/pt-br/assuntos/orcamento/siop>. Acesso em: 27 maio 2025.
- Carvalho, T. S.; Domingues, E. P.; Horridge, J. M. Controlling deforestation in the Brazilian Amazon: Regional economic impacts and land-use. Revista Land Use Policy, v. 64, p. 327-341, mai. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837715302775>. Acessado em: 03 jul. 2023.
- Carvalho, W. D.; Mustin, K.; Hilário, R. R.; Vasconcelos, I. M.; Eilers, V.; Fearnside, P. M. Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed. Rev. Perspectives in Ecology and Conservation, v. 17, n. 3, set. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2530064418301263>. Acessado em: 21 mar. 2024.
- Coase, R. H. The Nature of the Firm. Rev. Economica, New Series, v. 4, n. 16, pp. 386-405, nov. 1937. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1600895/mod_resource/content/4/coasefirma.pdf. Acessado em: 20 jul. 2023.

Coase, R. H. The Problem of Social Cost. Rev. The Journal of Law and Economics, oct. 1960, p. 1–44. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/724810>. Acessado em: 15 ago. 2023.

Coleman, E. A.; Steed, B. C. Monitoring and sanctioning in the commons: an application to forestry. Rev. Ecological Economics, v. 68, p. 2106-2113, mar. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800909000597>. Acessado em: 21 jul. 2023.

Commons, J. R. Institutional Economics: Its Place in Political Economy. The University of Wisconsin Press, Madison, 1959.

Conceição, O. A. C. Os antigos, os novos e os neo-institucionalistas: há convergência teórica no pensamento institucionalista? Revista Análise Econômica, Faculdade de Ciências Econômicas (UFRGS), Porto Alegre, ano 18, n. 33, março, 2000. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/25288#:~:text=Esse%20artigo%20procura%20evidenciar%20que%20existe%20um%20n%C3%BAcleo,de%20organiza%C3%A7%C3%A3o%20da%20firma%20ou%20direito%20de%20propriedade>. Acessado em: 01 jul. 2023.

Corcioli, G.; Medina, G. S.; Arrais, C. A. Missing the target: Brazil's agricultural policy indirectly subsidizes foreign investments to the detriment of smallholder farmers and local agribusiness. Front. Sustain. Food Syst. 5, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2021.796845/full>. Acessado em: 21 jul. 2023.

Costa, F.; Szerman, D.; Assunção, J. Os Custos Ambientais da Interferência Política: Evidências a partir de Usinas Hidrelétricas na Amazônia. Rev. Journal of Public Economics, Amsterdam, v. 242, 105314, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jpubecon.2025.105314>. Acesso em: 28 abr. 2025.

Cunha, F. A. F. S.; Böner J.; Wunder, S.; Cosenza, C. A. N.; Lucena, A. F. P. The implementation costs of forest conservation policies in Brazil. Rev. Ecological Economics, v. 130, p. 209-220, oct. 2016. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800915301270#:~:text=Considering%20the%20execution%20of%20both,of%20implementation%20costs%20\(76%25\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800915301270#:~:text=Considering%20the%20execution%20of%20both,of%20implementation%20costs%20(76%25)). Acessado em: 21 jul. 2023.

Dietz, T.; Ostrom, E; Stern, P. C. The Struggle to Govern the Commons. Rev. Science, v. 302, n. 1907, 2003. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1091015>. Acessado em: 21 jul. 2023.

Diniz, C.; Souza, A.; Santos, D.; Dias, M.; Luz, N. C.; Moraes, D.; Maia, J.; Gomes, A.; Narvaes, I.; Valeriano, D.; Maurano, L.; Adami, M. DETER-B: The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System. Rev. Journal of Selected Topics in Applied

Earth Observations and Remote Sensing, v. 8, n. 7, jul. 2015. Disponível: <https://www.mdpi.com/2072-4292/14/15/3658>. Acessado: 22 mar. 2024.

Domingues, M. S.; Bermann, C. O Arco de Desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. Rev. Ambiente & Sociedade, v. XV, n. 2, mai-ago. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/tykKcbYvdnsX5CHcH97qNcd/?lang=pt>. Acessado em: 24 abr. 2024.

Fanzeres, A.; Feitosa, T.; Salinas, C. E. R. Cooperação interagências no combate aos crimes ambientais transnacionais na região amazônica. In: FOLLY, M.; VIEIRA, F. a. (orgs.). Crimes ambientais na Amazônia: lições e desafios da linha de frente. Rio de Janeiro: Plataforma CIPÓ, 2024. p. 150-176. ISBN 978-65-983053-0-7. Disponível em: https://plataformacipo.org/wp-content/uploads/2024/06/Crimes-ambientais-na-Amazonia_livro-CIPO_2024.pdf. Acesso em: 22 jul. 2025.

Faria, W. R.; Almeida, A. N. Abertura ao Comércio e Desmatamento na Amazônia Brasileira: Uma Análise Econométrica Espacial. 51st Congress of the European Regional Science Association, Louvain-la-Neuve, 2011. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10419/120180>. Acesso em: 28 abr. 2025.

Fearnside, P. M. Amazon Forest maintenance as a source of environmental services. Biological Sciences, v. 80, n. 1, mar. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aabc/a/kwcg5pMksNQZ3J8yDXKYpXm/?lang=en>. Acesso em: 22 mar. 2024.

Fearnside, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. Rev. Conservation Biology, v. 19, n. 3, jun. 2005. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3591054>. Acessado em: 06 mar. 2024.

Ferrante, L.; Fearnside, P. M. Brazil's new president and 'ruralists' threaten Amazonia's environment, traditional peoples and the global climate. Environmental Conservation, v. 46, p. 261–263, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0376892919000213>. Acesso em: 22 jul. 2025.

Freitas, F. L. M.; Sparovek, G.; Mörtberg, U.; Silveira, S.; Klug, I.; Berndes, G. Offsetting legal deficits of native vegetation among Brazilian landholders: Effects on nature protection and socioeconomic development. Land Use Policy, v. 68, p. 189-199, nov. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837716310997>. Acessado em: 21 jul. 2023.

Graça, C. S. O combate aos crimes ambientais na Amazônia Legal: por uma nova perspectiva da atuação do Ministério Público. In: FOLLY, Maiara; VIEIRA, Flávia do Amaral (org.). Crimes ambientais na Amazônia: lições e desafios da linha de frente. Rio de Janeiro: Plataforma CIPÓ, 2024. p. 114-127. Disponível em: https://plataformacipo.org/wp-content/uploads/2024/06/Crimes-ambientais-na-Amazonia_livro-CIPO_2024.pdf. Acesso em: 22 jul. 2025.

Hardin, G. The Tragedy of the Commons. Science, v. 162, n. 3859, p. 1243-1248, dez. 1968. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1724745>. Acesso em: 21 jul. 2023.

Hargrave, J.; Kis-Katos, K. Economic Causes of Deforestation in the Brazilian Amazon: A Panel Data Analysis for the 2000s. Rev. Environ Resource Econ, v. 54, p. 471-494, 2013. Disponível em: https://econpapers.repec.org/article/kapenreec/v_3a54_3ay_3a2013_3ai_3a4_3ap_3a47_1-494.htm. Acessado em: 16 jun. 2023.

Hayes, T. N. Parks, People, and Forest Protection: An Institutional Assessment of the Effectiveness of Protected Areas. World Development, v. 34, n. 12, p. 2064-2075, dez. 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X06001562>. Acesso em: 21 jul. 2023.

Hecht, S. B. From eco-catastrophe to zero deforestation? Interdisciplinarities, politics, environmentalisms and reduced clearing in Amazonia. Rev. Environmental Conservation, v. 39, n. 1, set. 2011. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/from-ecocatastrophe-to-zero-deforestation-interdisciplinarities-politics-environmentalisms-and-reduced-clearing-in-amazonia/1E19D7F5EE80D16A1FBE1E2CC36C1A6F>.

Acessado em: 17 abr. 2024.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). SIDRA: Sistema IBGE de Recuperação Automática – “PIMPFRG”, Amazonas. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfrg/amazonas>. Acesso em: 22 jul. 2025.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Relatório de Gestão 2022: Exercício de 2022. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Brasília, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/acesso-a-informacao/auditorias/arquivos/20230331_Relatorio_Gestao_2022_Ibama.pdf. Acesso em: 27 maio 2025.

_____. Consulta de Autuações Ambientais e Embargos, Brasília, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br>. Acessado em: 03 set. 2023.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Observação da Terra: Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES). São José dos Campos, jul. 2024. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acessado em: 18 ago. 2024.

_____. TerraBrasilis: mapa de desmatamento da Amazônia – aplicação interativa. São José dos Campos, SP: DPI/INPE, 2025a. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl=pt-br>. Acesso em: 22 jul. 2025.

_____. TerraBrasilis: Focos de queimadas agregados por bioma – dashboard. São José dos Campos, SP: DPI/INPE, 2025b. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/fires/biomes/aggregated/>. Acesso em: 22 jul. 2025.

Kherallah, M.; Firsten, J. The New Institutional Economics: applications for agricultural policy research in developing countries. Rev. Agrekon: Agricultural Economics Research, Policy and Practice in Southern Africa, v. 41, n. 2, p. 110-133, dec. 2012. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03031853.2002.9523589>. Acessado em: 26 mai. 2023.

La Rovere, E. L.; Júnior, A. O. P.; Dubeux, B. S.; Wills, W. Climate change mitigation actions in Brazil. Climate and Development, v. 6, mar. 2014. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17565529.2013.812952>. Acesso em: 21 jul. 2023.

Langlois, R. Economics as a Process: Essays in the New Institutional Economics. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1989.

Mankiw, N. G. Introdução à economia. São Paulo: Cengage Learning, 2009, p. 223-239.

Medeiros, R. A. L. Participação e produtividade na composição do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA): entre a falácia e a efetividade na produção de atos normativos. In: LEUZINGER, M. d.; SOUZA, L. r.; CIRNE, M. b. (orgs.). 10 anos do Código Florestal Brasileiro: Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília: CEUB; ICPD, 2022. p. 313-328. ISBN 978-85-7267-060-9. Disponível em: <https://www.ceub.edu.br/10-anos-codigo-florestal.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2025.

Ménard, C.; Shirley, M. M. The future of new institutional economics: from early intuitions to a new paradigm? Journal of Institutional Economics, v. 10, n. 4, p. 541-565, fev. 2014. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-institutional-economics/article/abs/future-of-new-institutional-economics-from-early-intuitions-to-a-new-paradigm/77F71019F3B8C83A5EBFEA77941C7FC9>. Acesso em: 2 jul. 2023.

Miranda, B. V.; Oliveira, G. M. Assessing the performance of voluntary environmental agreements under high monitoring costs: Evidence from the Brazilian Amazon. Rev. Ecological Economics, v. 214, sep. 2023. Disponível em: : [Assessing the performance of voluntary environmental agreements under high monitoring costs: Evidence from the Brazilian Amazon](#). Acessado em: 28 abr. 2025.

Moral-Benito, E.; Allison, P.; Williams, R. Dynamic panel data modelling using maximum likelihood: an alternative to Arellano-Bond. Rev. Applied Economics, v. 51, abr. 2019. Disponível em: [Scopus - Document details - Dynamic panel data modelling using maximum likelihood: an alternative to Arellano-Bond](#). Acessado em: 13 abr. 2025.

Nabli, M. K.; Nugent, J. B. The New Institutional Economics and Its Aplicability to Development. Rev. World Development, v. 17, n. 9, pp. 1333-1347, 1989. Disponível

em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0305750X89900764>. Acessado em: 19 jul. 2023.

Nascimento, R. K. O.; Reis, G. A. B.; Santos, M. H. P.; Santiago, A. M. S.; Silva, B. C. Crimes Ambientais Durante o Governo Bolsonaro 2018-2022. Rev. ID online, Revista de Psicologia, v. 17, n. 66, mai/2023. Disponível em: [Crimes Ambientais Durante o Governo Bolsonaro 2018-2022 | ID on line. Revista de psicologia](#). Revista de psicologia. Acessado em: 29 jan. 2025.

Nepstad, D.; McGrath, D.; Stickler, C.; Alencar, A.; Azevedo, A.; Swette, B.; Bezerra, T.; Digiano, M.; Shimada, J.; Motta, R. S.; Armijo, E.; Castello, L.; Brando, P.; Hansen, M. C.; McGrath-Horn, M.; Carvalho, O.; Hess, L. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. Science, v. 344, n. 6188, jun. 2014. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1248525>. Acesso em: 6 mar. 2024.

North, D. C; Davis L. Institutional Change and American Economic Growth, Cambridge: Cambridge University Press, 1971.

Nunes, F. S. M.; Soares-Filho, B. S.; Oliveira, A. R.; Veloso, L. V. S.; Schmitt, J.; Van Der Hoff, R.; Assis, D. C.; Costa, R. P.; Börner, J.; Ribeiro, S. M. C.; Rajão, R. G. L.; De Oliveira, U.; Costa, M. A. Lessons from the historical dynamics of environmental law enforcement in the Brazilian Amazon. Scientific Reports, v. 14, 1828, jan. 2024. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-53953-0>. Acesso em: fev. 2025.

Ostrom, E. Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action. Cambridge: Cambridge University Press, 1990, p. 1-57.

Pereira, E. J. A. L.; Ribeiro, L. C. S.; Freitas, L. F. S.; Pereira, H. B. B. Brazilian policy and agribusiness damage the Amazon rainforest. Rev. Land Use Policy, v. 92, mar. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719314899?via%3Dihub>. Acessado em: 26 ago. 2023.

Picoli, M. C. A.; Rorato, A.; Leitão, P.; Camara, G.; Maciel, A.; Hostert, P.; Sanches, I. D. Impacts of Public and Private Sector Policies on Soybean and Pasture Expansion in Mato Grosso - Brazil from 2001 to 2017. Rev. Journal Land, v. 9, n. 1, jan. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/1/20>. Acessado em: 06 mai. 2024.

Pondé, J. L. Nova Economia Institucional. Fundação Getúlio Vargas - FGV, 2007. Disponível em: https://epge.fgv.br/we/Direito/NovaEconomiaInstitucional/2008?action=AttachFile&do_get&target=nei1.pdf. Acessado em: 21 jul. 2023.

Rajão, R.; Schmitt, J.; Nunes, F.; Soares-Filho, B. Dicotomia da impunidade do desmatamento ilegal. Policy Brief, junho 2021. Universidade Federal de Minas Gerais – Laboratório de Gestão de Serviços Ambientais (LAGESA/UFMG) e Universidade Federal de Minas Gerais – Centro de Sensoriamento Remoto (CSR/UFMG), 2021.

Disponível em: <https://csr.ufmg.br/wp-content/uploads/2021/06/PolicyBrief-Impunidade-desmatamento-ILEGAL.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2025.

Rajão, R.; Vurdubakis, T. On the pragmatics of inscription: Detecting deforestation in the Brazilian Amazon. *Rev. Theory, Culture & Society*, v. 30, n. 4, p. 151–177, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0263276413486203>. Acesso em: 22 jul. 2025.

Rochedo, P. R. R.; Soares-Filho, B.; Schaeffer, R.; Viola, E.; Szklo, A.; Lucena, A. F. P.; Koberle, A.; Davis, J. L.; Rajão, R.; Rathmann, R. The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. *Rev. Nature Climate Change*, v. 8, mai. 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0213-y>. Acessado em: 20 mar. 2024.

Schmitt, J.; Scardua, F. P. A descentralização das competências ambientais e a fiscalização do desmatamento na Amazônia. *Rev. de Administração Pública*, Rio de Janeiro, n. 49, v. 5, set/out. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/LjyN7XcZM9JNPQVv6Br7M9P/abstract/?lang=pt&format=html>. Acessado em: 23 ago. 2023.

Serrano. A. L. M.; Gonçalves. R. S.; Gonçalves. A. O. Avaliação do impacto de políticas públicas federais no processo de desmatamento na Amazônia. *Rev. de Administração e Negócios da Amazônia*. v. 5. n. 2. Jan/abr. 2023. Disponível em: [AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS FEDERAIS NO PROCESSO DE DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA | Revista de Administração e Negócios da Amazônia](#). Acessado em: 29 jan. 2025.

Silva, J. G.; Ruviaro, C. F.; Ferreira Filho, J. B. S. Livestock intensification as a climate policy: Lessons from the Brazilian case. *Land Use Policy*, v. 62, p. 232-245, mar. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837716308171>. Acessado em: 21 jul. 2023.

Silva, J. M. C.; Araujo, L. S.; Torres, R. R.; Barbosa, L. C. F. The sustainability of development pathways and climate change vulnerability in the Americas. *Rev. Ecological Economics*, v. 220, jun. 2024. Disponível em: [The sustainability of development pathways and climate change vulnerability in the Americas - ScienceDirect](#). Acessado em: 28 abr. 2025.

Silveira, F.; Romero, J. P.; Queiroz, A.; Freitas, E.; Stein, A. Economic complexity and deforestation in the Brazilian Amazon. *Rev. World Development*, v. 185, jan. 2025. Disponível em: [Economic complexity and deforestation in the Brazilian Amazon - ScienceDirect](#). Acessado em: 28 abr. 2025.

Soares-Filho, B.; Rajão, R.; Macedo, M.; Carneiro, A.; Costa, W.; Coe, M.; Rodrigues, H.; Alencar, A. Cracking Brazil's Forest Code. *Science*, v. 344, issue 6182, p. 363-364, abr. 2014. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1246663>. Acessado em: 21 jul. 2023.

Souza Jr., C. M.; Shimbo, J. Z.; Rosa, M. R.; Parente, L. L.; Alencar, A. A.; Rudorff, B. F. T.; Hasenack, H.; Matsumoto, M.; Ferreira, L. G.; Souza-Filho, P. W. M.; Oliveira, S.

W.; Rocha, W. F.; Fonseca, A. V.; Marques, C. B.; Diniz, C. G.; Costa, D.; Monteiro, D.; Rosa, E. R.; Vélez-Martin, E.; Weber, E. J.; Lenti, F. E. B.; Paternost, F. F.; Pareyn, F. G. C.; Siqueira, J. V.; Viera, J. L.; Ferreira Neto, L. C.; Saraiva, M. M.; Sales, M. H.; Salgado, M. P. G.; Vasconcelos, R.; Galano, S.; Mesquita, V. V.; Azevedo, T. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Rev. Remote Sensing*, v. 12, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2735>. Acessado em: 03 jul. 2023.

Trancoso, R. Changing Amazon deforestation patterns: urgent need to restore command and control policies and market interventions. *Rev. Environmental Research Letters*, v. 16, n. 4, abr. 2021. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abee4c>. Acessado em: 07 mai. 2024.

Uhr, J. G. Z.; Uhr, D. A. P. Infrações ambientais e a reputação do regulador: análise em dados de painel para o Brasil. *Rev. Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 44, n. 1, p. 69-103, jan.-mar. 2014. ISSN 0101-4161. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ee/article/view/79066>. Acesso em: 22 jul. 2025.

Ullah, S.; Akhtar, P.; Zaefarian, G. Dealing with endogeneity bias: The generalized method of moments (GMM) for panel data. *Rev. Industrial Marketing Management*, v. 71, mai. 2018. Disponível em: [Scopus - Document details - Dealing with endogeneity bias: The generalized method of moments \(GMM\) for panel data](#). Acessado em: 13 abr. 2025.

Veblen, T. Why is Economics not an Evolutionary Science? *Rev. The Quarterly Journal of Economics*, v. 12, n. 4, jul. 1898, p. 373-397. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1882952>. Acessado em: 18 jul. 2023.

Waroux, Y. P.; Garrett, R. D.; Nolte, C.; White, C.; Lambin, E. F. The Restructuring of South American Soy and Beef Production and Trade Under Changing Environmental Regulations. *World Development*, v. 121, set. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X17302085>. Acesso em: 22 mar. 2024.

West, T. A. P.; Fearnside, P. M. Brazil's conservation reform and the reduction of deforestation in Amazonia. *Rev. Land Use Policy*, v. 100, jan. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719308361>. Acessado em: 18 abr. 2024.

Williamson, O. E. The Vertical Integration of Production: Market Failure Considerations. *Rev. The American Economic Review*, v. 61, n. 2, pp. 112-123, may. 1971. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1816983>. Acessado em: 20 jul. 2023.

Williamson, O. E. Transaction-Cost Economics: The Governance of Contractual Relations. *Rev. Journal of Law and Economics*, v. 22, n. 2, pp. 233-161, oct. 1979. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/725118>. Acessado em: 20 jul. 2023.

Wooldridge, J. M. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2010.

Wooldridge, J. M. Introdução à Econometria: Uma Abordagem Moderna. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

Xavier, H. S.; Tonin, P. O desmonte da Amazônia. Ciência de dados, 2022. Disponível em: [Ciência de dados](#). Acessado em: 29 jan. 2025.

CAPÍTULO 4 – INSTRUMENTOS JURÍDICO-INSTITUCIONAIS PARA A COOPERAÇÃO NA FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL DA AMAZÔNIA LEGAL

RESUMO – A limitação operacional do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) para conter o desmatamento na Amazônia Legal escancara uma lacuna estrutural na fiscalização ambiental federal. Com efetivo reduzido e recursos contingenciados, o órgão não tem conseguido enfrentar a expansão dos crimes ambientais, o que exige respostas institucionais inovadoras. Este estudo tem por objetivo investigar mecanismos jurídicos e institucionais capazes de ampliar a efetividade da fiscalização ambiental na Amazônia Legal, com foco na cooperação interfederativa. A metodologia adotada foi a revisão integrativa, com análise de dispositivos legais, jurisprudência e estudos sobre governança ambiental e aplicação da lei. Os resultados mostram que as agências ambientais estaduais possuem competência legal plena para fiscalizar a exploração florestal e que as Polícias Militares Ambientais (PMAs) têm estrutura consolidada, preparo técnico e respaldo jurídico para reforçar as ações federais. Com base nesses achados, propõe-se a criação de uma Força Nacional Ambiental (FNA), composta por fiscais das PMAs estaduais, subordinada ao MMA e coordenada pelo PPCDAm, com financiamento via Fundo Amazônia e apoio das Forças Armadas. A principal contribuição da pesquisa é apresentar uma proposta juridicamente viável, institucionalmente exequível e financeiramente sustentável para reconstituir a capacidade fiscalizatória dos estados na Amazônia Legal Brasileira.

Palavras-chave: Fiscalização ambiental; cooperação federativa; Polícia Militar Ambiental; Força Nacional Ambiental; Amazônia Legal.

ABSTRACT - The operational limitations of the Brazilian Institute of Environment and Renewable Natural Resources (IBAMA) in curbing deforestation in the Legal Amazon expose a structural gap in federal environmental enforcement. With a reduced workforce and restricted funding, the agency has struggled to contain the expansion of environmental crimes, which calls for innovative institutional responses. This study aims to investigate legal and institutional mechanisms capable of enhancing the effectiveness of environmental enforcement in the Legal Amazon, with emphasis on intergovernmental cooperation. The methodology adopted was an integrative review, combining legal analysis, case law, and studies on environmental governance and law enforcement. The results demonstrate that state environmental agencies hold full legal authority to supervise forest exploitation, and that State Military Environmental Police (PMAs) possess

consolidated infrastructure, technical expertise, and legal recognition to support federal enforcement actions. Based on these findings, the study proposes the creation of a National Environmental Force (FNA), composed of PMA officers from the states, subordinated to the Ministry of the Environment (MMA) and coordinated by Axis II of the PPCDAm, with funding from the Amazon Fund and logistical support from the Armed Forces. The main contribution of this research lies in presenting a legally sound, institutionally feasible, and financially sustainable proposal to rebuild the State's enforcement capacity in the Brazilian Legal Amazon.

Keywords: Environmental enforcement; intergovernmental cooperation; State Military Environmental Police; National Environmental Force; Legal Amazon.

1. INTRODUÇÃO

Em 2022, a Amazônia Legal (AL) registrou a supressão ilegal de 11.594 km² de florestas nativas e 133 mil focos de incêndio (INPE, 2024; Amazônia Legal em Dados, 2024). A Floresta Amazônica exerce papel central na preservação da biodiversidade, no armazenamento de carbono e na ciclagem da água, prestando serviços ambientais essenciais à produtividade e à expansão do agronegócio (Brancalion *et al.*, 2016; Fearnside, 2005). Para sustentar níveis progressivos e duráveis no setor, impõe-se ao Brasil desenvolver e aperfeiçoar, com urgência, estratégias de contenção do desmatamento e das queimadas na região.

As ações de comando e controle ambiental, quando coordenadas no âmbito do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), especialmente entre 2004 e 2012, reduziram de forma expressiva as taxas de desmatamento (Börner *et al.*, 2014; Gollnow; Lakes, 2014). No entanto, o enfraquecimento recente de instituições ambientais pode estar relacionado ao aumento da supressão florestal.

O controle efetivo do desmatamento requer redesenho institucional das ações de aplicação da lei, com integração entre órgãos federais e agências estaduais, incorporando inovações e aperfeiçoamentos para elevar os resultados (Carvalho *et al.*, 2019; Mello; Artaxo, 2017). Por conseguinte, o fortalecimento das entidades encarregadas da fiscalização ambiental constitui medida prioritária e imediata, dada sua relevância para o

cumprimento das normas e para os êxitos obtidos na primeira fase do PPCDAm (West; Fearnside, 2021).

Diante da fragilidade institucional crescente, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) permanece como principal órgão de fiscalização ambiental na AL. A deterioração de sua estrutura e a limitação orçamentária, porém, comprometem a execução de atividades de campo, sobretudo na região amazônica (Rochedo *et al.*, 2018). O contingenciamento programático reduz pessoal e logística, impactando também contratação e treinamento de fiscais (Barbosa; Alves; Grelle, 2021). Em 2020, o IBAMA contava com apenas 591 agentes ambientais para todo o território nacional, o menor contingente desde 1989 (Borges, 2020). Desde 2021, não há contratações significativas (Brasil, 2021).

Essa carência de recursos humanos e materiais constitui obstáculo central à fiscalização, que requer presença física do Estado nos locais das infrações, criminais ou administrativas (Börner; Marinho; Wunder, 2015). Para alcançar efetividade, é indispensável uma logística adequada, com veículos e equipamentos, e número suficiente de fiscais treinados para o enfrentamento da criminalidade (Trancoso, 2021).

Para enfrentar essa limitação, é imprescindível ampliar a capacidade operacional do IBAMA, por exemplo, no PPCDAm. Nesse esforço, destacam-se as Polícias Militares Ambientais (PMAs), vinculadas às corporações estaduais de segurança pública e integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) (Brasil, 1981; Brasil, 1988; Sirvinskas, 2018, p. 203). Com experiência consolidada em monitoramento, apuração de infrações administrativas e repressão de crimes ambientais, essas corporações reúnem capilaridade territorial e pronta resposta (Sothe; Goetten, 2017). Esses atributos podem potencializar o alcance e a eficácia das operações do IBAMA, sobretudo em áreas críticas da AL, contribuindo para o cumprimento das metas do PPCDAm.

No arranjo federativo brasileiro, é necessário aproveitar as capacidades específicas de cada estado no combate ao desmatamento, cujos impactos ultrapassam a região amazônica e afetam diretamente a economia nacional, em especial o agronegócio. Com esse propósito, este estudo examina alternativas que favoreçam a cooperação entre agências estaduais de proteção ambiental e órgãos federais, mitigando a escassez de recursos humanos e assegurando a efetividade da aplicação da lei. A integração

operacional, particularmente com as Polícias Militares Ambientais (PMAs), apresenta-se como estratégia consistente para reforçar o cumprimento das normas diante do enfraquecimento institucional e da insuficiência de fiscais do IBAMA.

Nessa perspectiva, o objetivo é investigar alternativas jurídicas e institucionais capazes de ampliar a efetividade da fiscalização ambiental na AL por meio do fortalecimento da cooperação entre órgãos federais e forças estaduais de proteção ambiental. Busca-se identificar e analisar as corresponsabilidades dos órgãos ambientais estaduais para o licenciamento e a fiscalização de atividades de desmatamento. Visa-se ainda, avaliar o papel das PMAs, enquanto órgãos seccionais do SISNAMA, destacando seu potencial técnico e operacional no combate aos ilícitos ambientais. Como desdobramento, propõe-se a criação de uma Força Nacional Ambiental (FNA) para coordenar o apoio das PMAs às ações de fiscalização federal, assegurando maior presença do Estado em áreas críticas da Amazônia.

Por meio de revisão integrativa, identificam-se alternativas juridicamente viáveis para cessão temporária de fiscais ambientais oriundos das Polícias Militares estaduais, com o objetivo de mitigar a escassez de recursos humanos nas ações de aplicação da lei na AL (Souza; Silva; Carvalho, 2010).

Este trabalho organiza-se em seis seções, além desta introdução. A primeira apresenta a revisão da literatura. A segunda trata das competências e atribuições das agências estaduais no controle do desmatamento na Amazônia Legal. A terceira examina a instituição PMA e sua atuação fiscalizatória. A quarta propõe a FNA como estratégia federativa de combate ao desmatamento. A quinta reúne considerações finais e recomendações, oferecendo subsídios para políticas públicas e futuras pesquisas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A fiscalização ambiental, ancorada em fundamentos teóricos e evidências empíricas, constitui instrumento central de comando e controle, articulado ao federalismo cooperativo e aos arranjos institucionais que sustentam o PPCDAm e a governança amazônica. É elemento-chave nas políticas de conservação de florestas tropicais e no controle ambiental na Amazônia brasileira (Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos, 2016; Nunes *et al.*, 2024).

O modelo de comando e controle baseia-se no monitoramento e na punição de condutas ilegais, compondo a espinha dorsal da aplicação da legislação ambiental (Nunes *et al.*, 2024). Ao integrar monitoramento, fiscalização e ordenamento territorial, o PPCDAm alcançou redução expressiva do desmatamento (Assunção; Gandour; Rocha, 2015). A fiscalização de campo, que na fase inicial do plano incorporou tecnologias de detecção e contou com forte apoio político, ainda enfrenta barreiras ligadas a limitações logísticas, escassez de recursos e à vasta extensão territorial da Amazônia (Börner *et al.*, 2015; Margulis, 2003).

Superar esses entraves exige governança cooperativa, com partilha de competências, repasse de recursos e coordenação efetiva entre os níveis de governo (Antunes, 2019, p. 170; Bim; Farias, 2015). Em 2008, a estratégia de naming and shaming⁷, implementada por meio de listas de municípios prioritários, aliou sanções administrativas indiretas a impactos reputacionais, demandando cooperação entre União e governos locais (Cisneros; Zhou; Börner, 2015). Essa articulação federativa resultou na concentração de operações e na aplicação de multas em localidades com histórico crítico de desmatamento, indicando que o direcionamento espacial e inteligente da coerção, quando bem estruturado, pode gerar resultados positivos (Börner; Marinho; Wunder, 2015).

Apesar do monitoramento da floresta quase em tempo real, realizado pelo PRODES, persistem gargalos na responsabilização e na aplicação efetiva das sanções, o que demanda maior integração entre os entes federados e coordenação mais robusta entre as instituições encarregadas da proteção ambiental na AL (Coelho-Junior *et al.*, 2022).

Entre 2019 e 2022, a redução das ações de aplicação da lei, acompanhada por queda expressiva nas notificações e no pagamento de multas, contribuiu para o aumento das emissões, reforçando a importância da fiscalização na contenção do carbono e do desmatamento na AL (Gatti *et al.*, 2023).

A partir de 2019, verificou-se um desmonte institucional, refletido na redução de autuações e embargos. No plano normativo, a revisão, em 2012, do Código Florestal, que impõe a preservação de 80% da vegetação nativa em terras públicas e privadas na

⁷ A estratégia de *Naming and Shaming* consiste em expor publicamente, por meio de listas oficiais de municípios prioritários, aqueles com maiores índices de desmatamento, com o objetivo de exercer pressão reputacional, intensificar a fiscalização e induzir mudanças de comportamento. No caso da Amazônia, essa tática foi utilizada pelo governo federal para direcionar operações, restringir crédito e estimular ações corretivas por parte de governos locais e produtores rurais.

Amazônia Legal, ampliou o desmatamento legal e evidenciou a necessidade de um comando e controle eficaz (Fiorillo, 2021, p. 352; Freitas *et al.*, 2018).

Concessões florestais demandam monitoramento remoto eficiente, procedimentos padronizados e accountability robusta, apoiados em arranjos como o SISNAMA, que integra órgãos federais, estaduais e municipais (Beltrão, 2009, p. 69; Lima; Azevedo-Ramos, 2023). Pactos federativos, integração de planejamento e combinação de comando e controle com incentivos econômicos fortalecem a capacidade institucional (Antunes, 2019, p. 171; Soares-Filho *et al.*, 2006). Em áreas remotas, a cooperação interagências, inclusive internacional, associada à inteligência territorial e participação comunitária, é essencial para interromper ciclos de ilegalidade (Fanzeres; Feitosa; Salinas, 2021).

A governança territorial evoluiu do controle de estoques para a regulação do uso do solo, e as tensões federativas e a geopolítica amazônica exigem arranjos regionais e coordenação ampliada (Hecht; Rajão, 2020). Experiências como a do estado de Mato Grosso (1995–1997) mostram que autorização prévia, vistorias e consenso político-social, apoiados por arcabouço estadual robusto, podem reduzir significativamente o desmatamento (Fearnside, 2002). De igual modo, operações integradas conduzidas pelo IBAMA resultaram na diminuição do desmatamento, com reconhecimento internacional e comprovação empírica da efetividade da aplicação da lei (Fearnside, 2009; Hargrave; Kis-Katos, 2012).

O aprimoramento da aplicação das normas é fundamental para manter a tendência de redução do desmatamento, pois a fiscalização de campo apresenta elevada relação custo-benefício e sensibilidade à disponibilidade orçamentária (Börner *et al.*, 2014). A competência para a proteção ambiental, enquanto atividade-meio do poder de polícia, é comum aos estados e, no âmbito do federalismo cooperativo, implica corresponsabilidade e autoriza atuação supletiva por subsidiariedade (Sarlet; Fensterseifer, 2021, p. 963). Sob essa perspectiva, a atuação das PMAs estaduais torna-se estratégica para ampliar a capacidade operacional das estruturas federais e municipais dedicadas ao combate ao desmatamento na AL (Müller *et al.*, 2022).

Persistem, contudo, fragilidades de coordenação, sobreposições de competências e insegurança jurídica na repartição de responsabilidades, fatores que comprometem a eficiência e os resultados de ações integradas (Alencar *et al.*, 2004).

Diante desse quadro, o desmonte de estruturas federais e o uso instrumental da Lei Complementar n. 140/2011⁸ (LC 140/2011) para restringir a atuação da União distorceram o pacto cooperativo, tornando necessária a recomposição institucional e evidenciando a necessidade de um órgão central para coordenar a atuação das PMAs na região amazônica (Fernandes *et al.*, 2023; Xavier; Tonin, 2021; Machado, 2013, p. 192). A criação de uma FNA, concebida como salvaguarda institucional, fortaleceria o diálogo interministerial e a articulação entre os entes federados, conferindo maior coesão às estratégias de comando e controle.

Essa proposta ganha relevância ao considerar que a efetividade das ações de comando e controle na Amazônia depende da aplicação contínua da legislação, da cooperação federativa e da integração com instrumentos econômicos. Esses elementos oferecem as bases para o fortalecimento institucional e para a consolidação de políticas ambientais capazes de conter o avanço do desmatamento, além de legitimar o papel das agências estaduais no apoio à fiscalização federal na AL (Assunção; Gandour; Rocha, 2015; Sirvinskas, 2018, p. 160).

3. AS AGÊNCIAS ESTADUAIS AMBIENTAIS E SUA CAPACIDADE DE APOIO À FISCALIZAÇÃO FEDERAL

As agências ambientais estaduais integram a estrutura executiva do SISNAMA, exercendo funções normativas e de gestão ambiental em seus respectivos territórios. No exercício dessas atribuições, previstas na Constituição Federal e consolidadas pela Lei Complementar n. 140/2011, destacam-se o licenciamento ambiental, a fiscalização e a aplicação de sanções administrativas, bem como o monitoramento e a gestão dos recursos naturais (Brasil, 1981; Brasil, 1988; Brasil, 2011; Farias; Coutinho; Melo, 2015, p. 83).

A competência para proteção ambiental, comuns aos entes federativos no âmbito do federalismo cooperativo, permite que esses órgãos complementem a atuação federal na AL (Machado, 2013, p. 182). Para tanto, mobilizam capilaridade territorial,

⁸ Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do *caput* e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 (Brasil, 2011).

proximidade com áreas críticas e expertise técnica para reforçar ações de comando e controle (Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos, 2016; Valdiones *et al.*, 2021).

Para conferir segurança jurídica e evitar ambiguidades operacionais, a arquitetura do SISNAMA distribui, em regime de competência comum, as funções administrativas entre União, Estados e Municípios, articulando planejamento, execução e controle. Em linhas gerais, a União coordena diretrizes nacionais, integra sistemas e atua diretamente quando o interesse ou o bem for federal; os Estados exercem, como regra, o licenciamento e a fiscalização no território; e os Municípios respondem pelos casos de impacto local e pela gestão de suas unidades (Antunes, 2019, p. 171).

Funcionalmente, o sistema organiza as atribuições de licenciar, fiscalizar, aplicar sanções e monitorar de modo coordenado e, quando necessário, desvinculado do licenciamento. No eixo fundiário, a gestão do Cadastro Ambiental Rural (CAR) combina coordenação nacional (SiCAR) com análise e validação estaduais, com apoio municipal. As hipóteses de atuação supletiva observam critérios de subsidiariedade e formalização por convênios, acionadas diante de inércia ou insuficiência do ente prioritário, com preservação da unidade de comando e prevenção ao *bis in idem*⁹ (Machado, 2013, p. 185). O Quadro 5 reúne, de forma concisa, essas condições.

⁹ No Direito, designa a vedação de punir, cobrar ou responsabilizar uma pessoa duas vezes pelo mesmo fato, evitando duplicidade sancionatória ou processual.

Quadro 5. Matriz de referência das competências administrativas no SISNAMA à luz da Constituição Federal de 1988 e da LC 140/2011.

(continua)

Atribuição	União	Estados	Municípios	Condições
Licenciar	Licencia empreendimentos/atividades de impacto nacional ou regional, interestaduais/transfronteiriços, em bens/áreas federais (ex.: mar, terras indígenas, UCs federais) ou quando houver delegação.	Regra geral do licenciamento de atividades não enquadradas como federais; inclui UCs estaduais e critérios definidos em norma estadual.	Licenciamento de impacto local, conforme critérios fixados em norma colegiada/legislação local; inclui UCs municipais.	Impacto local orienta prevalência municipal; convênios/consórcios permitem delegação/cooperação; subsidiariedade autoriza atuação supletiva quando o ente prioritário não age.
Fiscalizar	Fiscalização independente do licenciamento; atuação sobre bens/áreas federais e de forma supletiva quando necessário.	Fiscalização originária em seu território, inclusive de forma supletiva aos Municípios/União nas hipóteses legais.	Fiscalização de impacto local e de normas municipais; atuação em UCs municipais.	Fiscalização desvinculada do licenciamento; cooperação por convênio e atuação supletiva na inércia/ineficácia do ente prioritário, com comunicação e coordenação.
Aplicar Sanções Adm.	Aplica sanções decorrentes das infrações que autuar; conduz o processo administrativo correspondente.	Idem, no âmbito de sua competência e das infrações por ele autuadas.	Idem, para infrações de sua competência e autos lavrados pelo Município.	A competência sancionatória decorre do auto de infração; coordenação evita bis in idem; prevalece o ente autuante, preservada a cooperação.
Monitorar	Coordena e integra sistemas federais de monitoramento; apoio técnico e padronização nacional.	Monitora o território estadual, provendo bases para licenciamento e fiscalização; integra redes e sistemas.	Monitoramento local, inclusive apoio a denúncias e fiscalização de rotina.	Compartilhamento de dados e interoperabilidade por convênio/acordos; priorização por risco/pressão ambiental.

(conclusão)

Atribuição	União	Estados	Municípios	Condições
Gerir CAR	Coordena o SiCAR em âmbito nacional e define diretrizes/integração.	Analisa e valida o CAR; executa/coordena PRA em sua esfera; emite atos e orienta proprietários.	Apoio ao cadastramento/a tendimento, integração com cadastros locais quando houver.	Execução cooperativa: sistema nacional com implementação estadual e apoio municipal conforme arranjos e convênios.
Atuação supletiva	Atua supletivamente quando Estados/Municípios não atuarem ou forem ineficazes, assegurada a continuidade do serviço público.	Atua supletivamente em face do Município; pode assumir, por convênio, tarefas definidas.	Apoia por convênio/consórcio; em regra, não supletiva “para cima”.	Supletividade condicionada à inércia/ineficácia do ente prioritário e a ato formal de cooperação, com limites, prazos e reporte.

Fonte: elaborado pelo autor com base em Brasil (1988), Brasil (2011), Machado (2013) e Sirvinskas (2018).

O fortalecimento da capacidade dos estados amazônicos para exercer controle territorial e ambiental é vetor estratégico para alcançar o desmatamento zero, como demonstram os casos de Mato Grosso e Pará, com papéis relevantes no monitoramento e na responsabilização de ilícitos (Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos, 2016). Entre 2019 e 2022, porém, observou-se engajamento assimétrico entre órgãos estaduais e federais, revelando fragilidades na execução de ações repressivas e lacunas de articulação institucional (Coelho-Junior *et al.*, 2022). A indefinição sobre a gestão de florestas públicas não destinadas gera vácuos de autoridade e favorece a apropriação irregular de terras, o que reforça a importância do apoio estadual para suprir lacunas operacionais da União (Azevedo-Ramos *et al.*, 2020). A baixa sinergia entre políticas estaduais e federais também compromete o desempenho ambiental de municípios amazônicos, confirmando que a coordenação interinstitucional é requisito para a eficácia fiscalizatória (Silva *et al.*, 2019).

À luz desse panorama, as Secretarias Estaduais de Meio Ambiente assumem papel técnico-operacional de destaque, especialmente na análise e validação do Cadastro Ambiental Rural (CAR), atividade estratégica para o controle territorial e para o apoio direto à aplicação da lei em nível federal (Valdiones *et al.*, 2021). Experiências de

cooperação entre Ministérios Públicos, Federal e Estaduais, e órgãos como IBAMA, ICMBio, SEMAS¹⁰ e IDEFLOR-Bio¹¹, que entre 2004 e 2008, ampliaram a efetividade das ações contra o desmatamento (Amaral *et al.*, 2021). Exemplo pioneiro é o programa estadual de licenciamento e fiscalização de desmatamentos implementado pela FEMA em Mato Grosso desde 1999, em convênio com o IBAMA, com repartição formal de competências (Fearnside, 2003b).

Apesar desses avanços, a desestruturação de órgãos estaduais, verificada em diferentes momentos, reduziu capacidades locais e aumentou a dependência da fiscalização federal, fragilizando a governança descentralizada (Fonseca *et al.*, 2023). Ainda assim, os estados mantêm capacidade institucional instalada e proximidade com áreas de maior pressão ambiental, o que os habilita a participar de regimes interfederativos e a contribuir na formulação normativa nacional, inclusive no Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Machado, 2013, p. 195; Medeiros, 2022). Desde 2009, buscou-se fortalecer um modelo cooperativo entre MMA/IBAMA e órgãos estaduais, consolidado pela LC 140/2011, que fixou competências para licenciar e fiscalizar atividades de impacto regional (Sirvinskas, 2018, p. 160).

Sob o ponto de vista jurídico, admite-se atuação fiscalizatória por qualquer ente federativo, inclusive de forma supletiva, com fundamento na subsidiariedade e no art. 17, da LC 140/2011¹², que desvincula a fiscalização do licenciamento (Amado, 2015, p. 250; Bim, 2018; Farias, 2021). Contudo, a ausência de norma nacional uniformizadora e a autonomia organizacional dos entes geram diversidade de regras internas e assimetrias de

¹⁰ Secretaria de Meio Ambiente, Clima e Sustentabilidade do Estado do Pará (PA).

¹¹ Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (PA).

¹² Art. 17. Compete ao órgão responsável pelo licenciamento ou autorização, conforme o caso, de um empreendimento ou atividade, lavrar auto de infração ambiental e instaurar processo administrativo para a apuração de infrações à legislação ambiental cometidas pelo empreendimento ou atividade licenciada ou autorizada.

§ 1º Qualquer pessoa legalmente identificada, ao constatar infração ambiental decorrente de empreendimento ou atividade utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores, pode dirigir representação ao órgão a que se refere o *caput*, para efeito do exercício de seu poder de polícia.
§ 2º Nos casos de iminência ou ocorrência de degradação da qualidade ambiental, o ente federativo que tiver conhecimento do fato deverá determinar medidas para evitá-la, fazer cessá-la ou mitigá-la, comunicando imediatamente ao órgão competente para as providências cabíveis.

§ 3º O disposto no *caput* deste artigo não impede o exercício pelos entes federativos da atribuição comum de fiscalização da conformidade de empreendimentos e atividades efetiva ou potencialmente poluidores ou utilizadores de recursos naturais com a legislação ambiental em vigor, prevalecendo o auto de infração ambiental lavrado por órgão que detenha a atribuição de licenciamento ou autorização a que se refere o *caput* (Brasil, 2011).

capacidade, o que prejudica a prestação de apoio estadual em escala nacional (Farias, 2023).

Os estados também assumem funções coordenadoras quando inexistem bases federais locais, embora práticas permissivas e baixa coordenação possam comprometer a efetividade do licenciamento e do controle (Massoca; Brondizio, 2022). Desse modo, o potencial estadual como apoio complementar à fiscalização federal depende de coordenação estável, instrumentos jurídicos efetivos e rotinas operacionais integradas (Fiorin; Ribas, 2022; Bizzo; Farias, 2017).

Esses elementos evidenciam a importância estratégica das agências ambientais estaduais no fortalecimento da fiscalização federal e abrem espaço para aprofundar a análise de suas atribuições específicas. Na sequência, examina-se a competência para licenciar e fiscalizar a exploração florestal no Brasil, com ênfase nas bases jurídicas que estruturam a atuação compartilhada entre União, estados e demais entes federativos.

3.1 Competência para Licenciar e Fiscalizar a Exploração Florestal no Brasil

A competência para licenciar e fiscalizar a exploração florestal no Brasil insere-se no regime de competência comum, estabelecido pela Constituição Federal e consolidado por normas infraconstitucionais como o art. 26, do Código Florestal¹³ (Lei n. 12.651/2012) e o art. 17 da Lei Complementar n. 140/2011 (Brasil, 2011; Brasil, 2012). Esses dispositivos reconhecem a legitimidade dos estados para autorizar a supressão de vegetação nativa, monitorar a conformidade das atividades florestais e aplicar sanções administrativas, inclusive em regime supletivo, quando o ente prioritário não atua de forma eficaz (Sirvinskas, 2018, p. 473; Bim, 2018; Farias, 2021).

No contexto amazônico, essa prerrogativa ganha relevo, pois a capilaridade e a presença territorial dos órgãos estaduais permitem complementar a atuação federal, ampliando o alcance das ações de comando e controle (Valdiones *et al.*, 2021).

Embora o arcabouço regulatório seja robusto, sua aplicação efetiva enfrenta limitações significativas. Destacam-se fragilidades administrativas e fiscais, alta rotatividade de servidores, escassez de recursos e reduzido apoio político em alguns

¹³ Art. 26. A supressão de vegetação nativa para uso alternativo do solo, tanto de domínio público como de domínio privado, dependerá do cadastramento do imóvel no CAR, de que trata o art. 29, e de prévia autorização do órgão estadual competente do Sisnama (Brasil, 2012).

estados (Nunes *et al.*, 2024). Ademais, a falta de coordenação entre União, estados e municípios produz zonas de impunidade e sobrecarga operacional em áreas críticas (Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos, 2016). Quando a descentralização não é acompanhada de integração, surgem sobreposições de competência, lacunas na aplicação de sanções e inconsistências no enforcement (Coelho-Junior *et al.*, 2022).

Em ambientes de baixa capacidade estatal, a fragmentação de autoridade intensifica a incerteza regulatória e reduz a eficácia da regulação (Sant'Anna; Costa, 2021). Superar tais obstáculos é essencial para consolidar as conquistas na redução do desmatamento e remover barreiras institucionais que dificultam a implementação das normas (Nepstad *et al.*, 2013). Para apoiar decisões nesses contextos e reduzir zonas cinzentas, o Quadro 6 sintetiza cenários típicos, indica o órgão prevalente e explicita as hipóteses de atuação supletiva.

Quadro 6. Cenários típicos e órgão prevalente (com supletividade).

Cenário	Órgão prevalente	Atuação supletiva	Base (Norma/Convênio)
Impacto Local	Município (órgão ambiental municipal)	Estado atua supletivamente; União apenas em última instância e/ou apoio específico	CF/88 (competência comum); LC 140/2011 (critérios de impacto local; cooperação e supletividade)
Intermunicipal/Estadual	Estado (órgão ambiental estadual)	União pode atuar supletivamente; Municípios apoiam por cooperação	CF/88; LC 140/2011 (distribuição de competências; cooperação interfederativa)
Áreas Federais (bens/UCs federais, terras indígenas, faixa de fronteira com interesse federal etc.)	União (órgãos federais competentes)	Estados/Municípios por convênio/apoio operacional	CF/88; LC 140/2011; legislação setorial aplicável
Florestas Públicas não Destinadas	União como referência primária de coordenação; atuação estadual por cooperação	Atuação supletiva conforme arranjos de cooperação e necessidade operacional	CF/88; LC 140/2011; normas florestais aplicáveis; arranjos cooperativos
Convênio Vigente (ex.: acordos formais de repartição objetiva de competências)	Órgão designado no convênio (União/Estado/Município, conforme cláusulas)	Demais entes conforme previsto no convênio; reporte e coordenação definidos	LC 140/2011 (cooperação e convênios); instrumento específico (p. ex., modelo FEMA/IBAMA)

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Brasil (1988), Brasil (2011), Antunes (2019) e Farias, Coutinho e Melo (2015).

Nas florestas públicas não destinadas, concentram-se conflitos de competência e vícios de gestão, o que dificulta a adoção de respostas coordenadas. Tensões intergovernamentais e desestruturação da política ambiental, ocorrida depois de 2019, agravaram a descoordenação no licenciamento e na fiscalização (Azevedo-Ramos *et al.*, 2020; Toni; Chaves, 2022).

Outro aspecto relevante é que a heterogeneidade na execução das normas reflete não apenas a carência de capacidade, mas também a ausência de vontade política em determinados órgãos locais (Bandura; McKeown; Silveira, 2020). As restrições orçamentárias e de pessoal, somadas à falta de capacitação, reduzem a capacidade de exercício da competência estadual. Esse cenário compromete a eficácia das políticas de conservação, cuja efetividade depende de monitoramento contínuo e da aplicação consistente de sanções, sustentados por uma governança subnacional de qualidade (Soares-Filho *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2019).

No campo jurídico-operacional, a LC 140/2011 consolidou diretrizes para atuação conjunta e suplementar, garantindo competência estadual plena para fiscalizar e firmar convênios com órgãos federais, como o IBAMA e o ICMBio. Esses instrumentos têm por objetivo otimizar recursos e evitar duplicidades (Fonseca *et al.*, 2023). O poder de polícia ambiental pode ser exercido pelos estados de forma originária ou nos limites estabelecidos por convênios celebrados com outros integrantes do SISNAMA (Sarlet; Fensterseifer, 2021, p. 856). Um exemplo é o modelo adotado pelo estado de Mato Grosso, que, por meio do convênio FEMA/IBAMA, vigente desde 1999, demonstra a viabilidade de acordos formais para a repartição objetiva de competências no licenciamento e na fiscalização florestal (Fearnside, 2003b).

Embora a descentralização tenha transferido prioritariamente o licenciamento para a esfera estadual, persistem dificuldades de padronização e desempenho. Ainda assim, os estados podem editar normas mais protetivas e exercer fiscalização plena, desde que haja coordenação para prevenir conflitos e sobreposições. A Constituição de 1988 redefiniu as competências ambientais, mas não instituiu mecanismos eficazes de coordenação, o que contribui para a manutenção de entraves operacionais (Bizzo; Farias, 2017; Moura, 2014).

Para consolidar o arranjo operacional e dirimir eventuais ambiguidades, apresenta-se a repartição de responsabilidades entre União, Estados e Municípios por

meio de uma matriz RACI, instrumento de governança que define, para cada atividade, quem executa (*Responsible*), quem responde pelo resultado (*Accountable*), quem deve ser consultado (*Consulted*) e quem precisa ser informado (*Informed*) (Matthews, 2024; Schrage, 2016). Aplicada ao licenciamento, à fiscalização desvinculada do licenciamento, à aplicação de sanções, ao monitoramento e à gestão do CAR, a RACI reduz ambiguidades, previne sobreposições e conflitos de competência, acelera a decisão e reforça a *accountability* interinstitucional. Em síntese, organiza a cooperação federativa, orienta a supletividade e confere previsibilidade operacional. Esses papéis estão sintetizados no Quadro 7.

Quadro 7. RACI da fiscalização florestal (União, Estados e Municípios).

Atividade/Escopo	União	Est.	Munic.	Observações de Cenário
Licenciamento de Impacto Local	I	C	R/A	Prevalece o ente local conforme critérios de impacto; cooperação possível por convênio.
Licenciamento Intermunicipal/Estadual	C	R/A	I	Predominância estadual; municípios informados e consultados quando afetados.
Licenciamento em Bens/Áreas Federais	R/A	C	I	Competência federal; apoio estadual/municipal via convênio.
Fiscalização de Impacto Local	I	C	R/A	Fiscalização desvinculada do licenciamento; reporte ao ente coordenador quando houver operação conjunta.
Fiscalização em Bens/Áreas Federais	R/A	C	I	União executa; estados apoiam mediante coordenação/convênio.
Operações Integradas de Comando e Controle	A	R	C/I	Atribui-se A à coordenação federal quando a operação for federal; R ao executor principal designado no OPLAN/convênio.
Aplicação de Sanções Administrativas	R/A	R/A	R/A	A competência sancionatória decorre do autuante; evitar <i>bis in idem</i> com coordenação.
Monitoramento Nacional (padrões, integração de sistemas)	R/A	C	I	União define diretrizes e integra sistemas; estados alimentam e utilizam.
Monitoramento Territorial Estadual	I	R/A	C	Estados produzem e integram dados para licenciamento/fiscalização.
Monitoramento Local (vigilância territorial de rotina)	I	C	R/A	Municípios reforçam a detecção de ilícitos e alimentam canais de denúncia.
Gestão do CAR - Coordenação Nacional (SiCAR)	R/A	C	I	Diretrizes e interoperabilidade em âmbito federal.
Gestão do CAR - Análise/Validação	I	R/A	C	Predominância estadual na análise e validação; apoio municipal.
Atuação Supletiva por Subsidiariedade	R/A	R/A	I/C	Acionada por inércia/ineficácia do ente prioritário; exige formalização e reporte.

Legenda: **R** = *Responsible* (executa); **A** = *Accountable* (responde/assume o resultado); **C** = *Consulted* (consulta prévia/parecer); **I** = *Informed* (informado).

Observação: a prevalência pode variar por impacto local, bens/áreas federais e convênios. Verificar os cenários consolidados no Quadro 6 para o enquadramento decisório.

Fonte: elaborado pelo autor com base na Fundação Instituto de Administração (2020).

Em síntese, a competência estadual para licenciar e fiscalizar a exploração florestal é reconhecida e respaldada pelo ordenamento jurídico. Contudo, seu exercício eficiente requer integração federativa, padronização de procedimentos e fortalecimento da capacidade institucional. A articulação jurídica e operacional entre União, estados e municípios é condição indispensável para reduzir conflitos, otimizar recursos e assegurar a efetividade do comando e controle ambiental no país.

3.2 A Importância da Atuação Estadual para o Controle do Desmatamento na Amazônia Legal

A fiscalização ambiental manteve-se esparsa e subfinanciada em diversos estados amazônicos, evidenciando o descompromisso de parte dos entes subnacionais com a aplicação das normas e elevando os riscos em áreas críticas (Nunes *et al.*, 2024). O fortalecimento institucional estadual é condição para assegurar presença contínua do Estado em zonas de pressão, sobretudo porque a dimensão da Amazônia inviabiliza atuação exclusiva da União (Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos, 2016).

A proximidade geográfica e sociocultural das agências estaduais com as dinâmicas locais favorece a identificação de vulnerabilidades e a pronta resposta a ilícitos ambientais. Entretanto, a escala territorial e a multiplicidade de atores impõem desafios logísticos e operacionais, tornando indispensável a integração institucional em diferentes níveis (Sant'Anna; Costa, 2021; Nepstad *et al.*, 2013).

Em vários contextos, a atuação estadual foi marginal, e a ausência de coordenação com órgãos federais gerou lacunas operacionais relevantes. A indefinição na gestão de florestas públicas não destinadas e a baixa presença federal em campo estimularam a ocupação ilegal e a supressão vegetal (Azevedo-Ramos *et al.*, 2020). Intervenções políticas fragilizaram a autoridade do IBAMA e ICMBio, comprometendo a governança compartilhada e aumentando a necessidade de reforço estadual (Toni; Chaves, 2022).

Apesar das severas restrições orçamentárias e logísticas, a inserção territorial dos estados garante maior prontidão e precisão nas ações. No arco do desmatamento, essa presença constitui diferencial operacional, mas a capilaridade só se converte em desempenho efetivo quando acompanhada de suporte técnico e respaldo político (Silva *et*

al., 2019). Os principais gargalos de coordenação e as medidas para superá-los estão resumidos na Quadro 8.

Quadro 8. Gargalos de coordenação no combate ao desmatamento na AL.

Gargalo	Manifestação típica	Consequência	Referência
Fragmentação de autoridade e sobreposição de competências	Conflitos de atribuição; lacunas; risco de <i>bis in idem</i>	Incerteza regulatória e queda da efetividade	Sant'Anna; Costa (2021); Coelho-Junior <i>et al.</i> (2022); Farias (2023)
Baixa coordenação intergovernamental (engajamento assimétrico 2019–2020)	Operações desconectadas; agendas divergentes	Lacunas operacionais e respostas tardias	Coelho-Junior <i>et al.</i> (2022); Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos (2016)
Insuficiência orçamentária e barreiras logísticas	Descontinuidade de campo; alto custo de acesso	Perda do efeito dissuasório	Nunes <i>et al.</i> (2024); Runde; Bandura; McKeown (2020); Xavier; Tonin (2021)
Rotatividade de servidores e déficit de capacitação	Heterogeneidade de autos e instruções	Fragilidade probatória e menor <i>enforcement</i>	Nunes <i>et al.</i> (2024); Maestri <i>et al.</i> (2018)
Indefinição sobre florestas públicas não destinadas	Vácuos de autoridade e gestão	Grilagem e desmatamento oportunista	Azevedo-Ramos <i>et al.</i> (2020); Toni; Chaves (2022)
Vontade política insuficiente / interferências	Redução de autuações/embargos; sinais de tolerância	Impunidade e aumento de ilícitos	Bandura; McKeown; Silveira (2020); Gatti <i>et al.</i> (2023)
Baixa integração de dados e monitoramento	Demora na detecção e no <i>tasking</i>	Perda de janela operacional	Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos (2016); Valdiones <i>et al.</i> (2021)
Falta de padronização procedural	Procedimentos dispares; cadeia de custódia frágil	Anulação de autos; insegurança jurídica	Hammerschmidt <i>et al.</i> (2021); Fiorin; Ribas (2022)
Apoio local a práticas ilegais	Captura política; resistência a operações	Limitação do controle e replicação de ilícitos	Fearnside (2003a); Silva <i>et al.</i> (2019)

Fonte: elaborado pelo autor.

A expansão agropecuária em áreas ambientalmente frágeis e a recorrência de incêndios florestais exigem coordenação estreita entre as esferas de governo e presença constante em campo (Soares-Filho *et al.*, 2005). O enfraquecimento da presença federal, somado ao apoio local a práticas ilegais, limita o alcance do controle e impõe protagonismo mais ativo aos estados (Fearnside, 2003a).

Estados próximos aos focos de desmatamento reagem com mais agilidade e precisão, sobretudo quando investem em estruturas próprias e mecanismos de cooperação interestadual. O Pará exemplifica essa eficácia: promotorias regionais, Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (IDEFLOR-Bio), e ações conjuntas com Ministério Público Federal (MPF), IBAMA e ICMBio intensificaram a repressão a ilícitos e impediram a regularização fundiária de áreas desmatadas (Amaral *et al.*, 2021).

O caso de Mato Grosso reforça esse potencial, demonstrando que licenciamento e fiscalização estaduais, apoiados por georreferenciamento e equipes de campo, reduzem o desmatamento e ampliam a transparência na gestão florestal (Fearnside, 2003b). A limitação estrutural do IBAMA para cobrir toda a Amazônia destaca a necessidade de articular capacidades estaduais, aproveitando sua capilaridade e o conhecimento local (Fonseca *et al.*, 2023).

Diante dessas evidências, a consolidação do papel estadual, que abrange do licenciamento à fiscalização em campo, exige cooperação contínua, convênios efetivos e visibilidade local. Observa-se, porém, que, assim como as agências federais de fiscalização, a exemplo do IBAMA e do ICMBio, as agências ambientais dos estados da Amazônia Legal não dispõem de meios suficientes para apoiar, com eficácia, a atuação federal no combate ao desmatamento (Fiorin; Ribas, 2022; Amaral *et al.*, 2021). Essa limitação abre espaço para que instituições ambientais de outros estados da federação contribuam nesse enfrentamento.

Por conseguinte, a próxima seção examina a atuação das PMAs como forças operacionais estaduais estratégicas do SISNAMA, cuja mobilização coordenada pode ampliar significativamente o alcance das ações de comando e controle na Amazônia Legal, reforçando a presença do Estado em áreas críticas e potencializando a resposta frente às pressões ambientais.

4. O PAPEL DAS POLÍCIAS MILITARES AMBIENTAIS (PMA) NO MONITORAMENTO E NA FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL

A limitação estrutural das agências ambientais estaduais que atuam na AL reforça a necessidade de atores operacionais capazes de expandir o alcance das ações de comando e controle. Integradas ao SISNAMA, as PMAs configuraram força estadual estratégica, reunindo capilaridade territorial, legitimidade jurídica e capacidade técnica para sustentar o monitoramento e a fiscalização em áreas críticas da região (Martins, 2019; Sirvinskas, 2018, p. 203).

O enquadramento normativo e institucional legitima as PMAs para o exercício de polícia administrativa ambiental e de polícia ostensiva, abrangendo a lavratura de autos de infração, a imposição de embargos e a aplicação de sanções administrativas, inclusive no âmbito de operações conveniadas ou conjuntas com órgãos ambientais civis (Sothe; Goetten, 2017; Brasil, 1998b).

A jurisprudência do Superior Tribunal de Justiça consolidou a legalidade dessa atuação, reconhecendo a cooperação interfederativa prevista na Política Nacional do Meio Ambiente quando validou ação de fiscalização desenvolvida pela PMA de Santa Catarina em razão de convênio firmado com o IBAMA (Superior Tribunal de Justiça, 2009).

A experiência operacional demonstra que essas corporações atuam não apenas na repressão, mas também no monitoramento sistemático, na prevenção e na educação ambiental, incorporando tecnologias como drones, sensoriamento térmico e geoinformação para elevar precisão, celeridade e coordenação das ações (Lega *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2019). Evidências de Goiás, Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso mostram que, quando dotadas de estrutura e respaldo institucional, as PMAs alcançam eficácia significativa na repressão a ilícitos ambientais e na proteção de ecossistemas sensíveis (Chagas *et al.*, 2015; Müller *et al.*, 2022; Fearnside, 2003b).

Assim, ao combinar funções repressivas e preventivas com suporte tecnológico avançado e resultados comprovados em diversos estados, as PMAs se afirmam como atores centrais no controle ambiental (Martins, 2019; Superior Tribunal de Justiça, 2009). Essa relevância operacional encontra respaldo em seu enquadramento normativo, que será detalhado na subseção seguinte, dedicada à análise da relevância jurídico-institucional e do reconhecimento formal dessas corporações.

4.1 Relevância Jurídico-Institucional e Reconhecimento das PMAs

A PMA dispõe de amparo jurídico para reprimir crimes ambientais, especialmente os praticados contra a fauna e a flora, e para adotar medidas administrativas correlatas, consolidando-se como órgão executor (Hammerschmidt *et al.*, 2021). Entre as sanções administrativas cabíveis no exercício do poder de polícia ambiental, incluem-se a apreensão de animais, o embargo de propriedades e outras providências previstas em lei (Fiorillo, 2021, p. 168).

Auditorias e relatórios federais reconhecem a integração entre o IBAMA e as PMAs, inserindo as corporações estaduais no arranjo cooperativo de fiscalização do cumprimento da lei (Brasil, 1998b; Antunes, 2019, p. 133). No plano constitucional, o art. 144 da Constituição Federal de 1988 atribui às Polícias Militares a preservação da ordem pública e o exercício da polícia ostensiva, funções compatíveis com a tutela ambiental como expressão do interesse público (Brasil, 1988; Canotilho *et al.*, 2018, p. 3008; Prudêncio; Vieira, 2021).

As PMAs, na condição de órgãos estaduais integrantes do SISNAMA, possuem competências executoras, normativas e deliberativas, abrangendo o exercício da fiscalização e da polícia administrativa, inclusive no âmbito de operações conveniadas ou conjuntas com órgãos ambientais civis (Siqueira, 2006). A jurisprudência do Superior Tribunal de Justiça¹⁴ (STJ) confirmou a legalidade dessa atuação, reconhecendo a cooperação interfederativa prevista na Política Nacional do Meio Ambiente ao validar fiscalização realizada pela PMA de Santa Catarina em virtude de convênio firmado com o IBAMA (Superior Tribunal de Justiça, 2009).

A legitimidade institucional dessas corporações é reforçada quando sua atuação se ancora em convênios, normas estaduais e integração com Ministérios Públicos (Menezes; Pontes; Fontgalland, 2022). Lazzarini (2009) enfatiza que a insuficiência estrutural dos órgãos ambientais torna imprescindível o apoio das PMs na execução do poder de polícia ecológica.

¹⁴ LAVRATURA DE AUTO DE INFRAÇÃO AMBIENTAL. COMPETÊNCIA. POLÍCIA MILITAR AMBIENTAL DE SANTA CATARINA. LEIS Nº 9.605/98 E 6.938/81.

I - A Polícia Militar Ambiental do Estado de Santa Catarina tem competência para a lavratura de auto de infração ambiental, conforme previsão dos artigos 70 da Lei 9.605/98, e 17-Q da Lei 6.938/81.

II - Recurso improvido. (STJ - REsp: 1109333 SC 2008/0278940-2, Relator.: Ministro FRANCISCO FALCÃO, Data de Julgamento: 14/04/2009, T1 - PRIMEIRA TURMA, Data de Publicação: 20090423, DJe 23/04/2009). (Superior Tribunal de Justiça, 2009).

A concepção expandida de policiamento ambiental inclui vigilância, uso legítimo da força e cooperação entre múltiplos atores, em harmonia com regimes sancionatórios ambientais (Massé, 2022). Em Santa Catarina, atos normativos e o reconhecimento como órgão seccional do SISNAMA consolidam a capacidade sancionatória e de monitoramento da PMA (Martins, 2019). Em outros estados, operações como as realizadas no Vale do Jamari, em Rondônia, ilustram a aplicação concreta do poder de polícia ambiental, com a execução de autuações, encaminhamentos e protocolos de patrulhamento pela PMA (Pereira, 2017).

A formação especializada e a produção de documentos técnico-probatórios pelas PMAs qualificam a instrução de processos administrativos e penais ambientais (Pereira; Henkes, 2012). Assim, ao combinar funções repressivas e preventivas com suporte tecnológico e resultados comprovados em diferentes estados, as PMAs se afirmam como atores centrais do controle ambiental (Martins, 2019). Esse reconhecimento decorre do lastro normativo, da homologação jurisprudencial, das práticas operacionais e da integração institucional (Superior Tribunal de Justiça, 2009; Martins, 2019; Siqueira, 2006).

Com base nessa legitimidade, a análise seguinte examina a abrangência territorial e operacional das PMAs e seu papel estratégico diante da limitação do aparato federal em áreas críticas da AL, destacando o potencial de atuação interestadual para ampliar a eficácia das ações de comando e controle.

4.2 Abrangência Nacional da PMA: Presença Territorial e Operacional

A capilaridade das PMAs, sustentada por destacamentos regionais estrategicamente distribuídos, assegura presença contínua e resposta ágil em municípios e áreas rurais (Sedassari, 2023; Pereira; Lima, 2023). O exemplo de São Paulo, com 2.190 agentes organizados em batalhões regionais e comando central, evidencia a escala e a abrangência dessa malha operacional (Hammerschmidt *et al.*, 2021). Na Paraíba, a estrutura composta por quatro companhias independentes garante cobertura regionalizada e fortalece a rede fiscalizatória (Aguiar; Sá Júnior; Anjos Júnior, 2023).

Essa especialização manifesta-se no CPAm/PMERJ, no Rio de Janeiro, vocacionado para operações de fiscalização ambiental, e em Santa Catarina, onde a

descentralização dos batalhões e o emprego de drones ampliam o monitoramento em pontos críticos (Faria; Costa, 2015; Oliveira *et al.*, 2019). No Pará, a PMA representa, muitas vezes, a única presença efetiva do Estado em áreas remotas, com competência para lavrar autos, embargar atividades e impor medidas administrativas (Silva Júnior; Moraes, 2021).

Para dar lastro empírico à caracterização da capilaridade, o levantamento do efetivo das Polícias Militares Ambientais, consolidado por unidade federativa e por região, evidencia maior concentração no Sudeste, seguido de Nordeste, Sul, Norte e Centro-Oeste, além de confirmar a escala paulista e a cobertura regionalizada mencionadas. Essa consolidação oferece base objetiva para dimensionar missões, alocar meios e definir prioridades operacionais, bem como para planejar cooperação interfederativa quando necessário. A relação completa encontra-se na Tabela 3.

Tabela 4. Efetivo das Polícias Militares Ambientais (PMAs), no ano de 2025, por estado e fonte da informação.

(continua)

Região	Estado (UF)	Efetivo (policiais/fiscais)	Fonte
Norte	Acre (AC)	84	Durans (2025)
Norte	Amapá (AP)	124	Neves (2024)
Norte	Amazonas (AM)	194	Marinho (2025)
Norte	Pará (PA)	250	Mendes (2024)
Norte	Rondônia (RO)	206	Monteiro (2025)
Norte	Roraima (RR)	52	Alves (2025)
Norte	Tocantins (TO)	58	Rocha (2025)
Subtotal Norte		968	

(conclusão)

Região	Estado (UF)	Efetivo (policiais/fiscais)	Fonte
Nordeste	Alagoas (AL)	121	Francelino (2025)
Nordeste	Bahia (BA)	333	Magalhães (2025)
Nordeste	Ceará (CE)	278	Ajudância/Secretaria do BPMA (2025)
Nordeste	Maranhão (MA)	81	Instituto Homem Pantaneiro (2025)
Nordeste	Pernambuco (PE)	249	Lima (2025)
Nordeste	Piauí (PI)	121	Silva (2025)
Nordeste	Paraíba (PB)	159	Menezes, Pontes e Fontgalland (2022)
Nordeste	Rio Grande do Norte (RN)	344	Rio Grande do Norte (2021)
Nordeste	Sergipe (SE)	32	Santos (2025a)
Subtotal Nordeste		1.718	
Sudeste	Espírito Santo (ES)	199	Paula (2025)
Sudeste	Minas Gerais (MG)	867	Colares (2025)
Sudeste	Rio de Janeiro (RJ)	364	Alcântara (2025)
Sudeste	São Paulo (SP)	2.147	Polícia Militar do Estado de São Paulo (2025)
Subtotal Sudeste		3.577	
Sul	Paraná (PR)	425	Polícia Militar do Paraná (2025)
Sul	Rio Grande do Sul (RS)	443	Santos (2025b)
Sul	Santa Catarina (SC)	354	Conde (2025)
Subtotal Sul		1.222	
Centro-Oeste	Distrito Federal (DF)	157	Instituto Homem Pantaneiro (2025)
Centro-Oeste	Goiás (GO)	116	Queiroz (2025)
Centro-Oeste	Mato Grosso (MT)	96	Martins (2025)
Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul (MS)	363	Meira Júnior (2025)
Subtotal Centro-Oeste		732	
TOTAL BRASIL		8.217	

Fonte: elaborado pelo autor com base nas informações disponibilizadas nos *sites* institucionais e enviadas por *e-mail* (em anexo).

A retração do efetivo federal e as barreiras logísticas tornam indispensável essa malha estadual para atuar em fronteiras e regiões de desmatamento intenso (Coelho-Junior *et al.*, 2022). Experiências de Goiás, Minas Gerais e Paraná confirmam cobertura multirregional estratégica (Chagas *et al.*, 2015; Müller *et al.*, 2022), reforçada por plataformas remotas de alta resolução para ações direcionadas em *hotspots* (Lega *et al.*, 2014). Em Rondônia, a presença da PMA em todos os municípios viabiliza a delegação de medidas ambientais, compensando lacunas da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) (Sousa; Silva, 2021).

Diante desse quadro, o modelo organizacional, composto por batalhões especializados subordinados ao comando-geral, mas com autonomia para ações ambientais, é recorrente nas unidades federativas. Esse arranjo potencializa a reação imediata a ilícitos e amplia a eficácia das operações (Frantz, 2023; Sedassari, 2023).

Ademais, a ampla distribuição territorial das PMAs, presente em praticamente todos os estados brasileiros, confere flexibilidade estratégica para o remanejamento temporário de efetivos a fim de reforçar as ações de fiscalização na Amazônia Legal. Essa mobilidade operacional, quando viabilizada por convênios interinstitucionais e pela padronização de procedimentos administrativos, permite direcionar rapidamente contingentes treinados para áreas críticas, maximizando a cobertura e a capacidade de resposta diante de picos de desmatamento e pressões ambientais emergenciais.

Na prática, as PMAs podem suprir as deficiências do enforcement federal, sobretudo em áreas remotas, reforçando a governança socioambiental e elevando a percepção de risco entre potenciais infratores (Menezes; Pontes; Fontgalland, 2022). Em continuidade, a análise recairá sobre a capacidade técnica e formativa dos policiais ambientais, elemento decisivo para a padronização de procedimentos, segurança jurídica e eficácia operacional (Maestri *et al.*, 2018; Pereira; Henkes, 2012).

4.3 Capacidade Técnica e Formação dos Policiais Militares Ambientais

A qualificação técnico-jurídica dos integrantes das PMAs é estruturada por programas oficiais de capacitação obrigatória, compostos por módulos de formação técnica, protocolos de avaliação e procedimentos de atendimento, que asseguram uniformidade e padronização das atividades (Hammerschmidt *et al.*, 2021).

Entre os instrumentos aplicados, destacam-se as rotinas operacionais padronizadas, responsáveis por orientar diagnósticos, intervenções em campo e formalização de registros, garantindo segurança jurídica e coerência das ações (Sothe; Goetten, 2017). Esses protocolos abrangem patrulhamento fluvial, inspeções rurais, atendimento a denúncias, autuações e encaminhamentos administrativos (Pereira, 2017).

A utilização de tecnologias como drones, veículos aéreos não tripulados (VANTs) e câmeras térmicas amplia o alcance e a precisão das operações, integrando a perícia de campo ao suporte para a tomada de decisão estratégica (Lega *et al.*, 2014). A formação é contínua e inclui cursos internos e atualizações normativas, cobrindo legislação ambiental, técnicas de fiscalização e manejo de recursos tecnológicos. A produção de documentos técnico-probatórios por agentes capacitados confere robustez jurídica à instrução de processos administrativos e penais ambientais (Aguiar; Sá Júnior; Anjos Júnior, 2023; Pereira; Henkes, 2012).

Em cenários de emergência e desastres ambientais, treinamentos conjuntos com a Defesa Civil qualificam a resposta integrada das equipes e reforçam a efetividade fiscalizatória (Pereira; Lima, 2023). Ademais, a formação abrange conteúdos relacionados à atuação pedagógica e às práticas socioeducativas direcionadas a comunidades rurais, configurando um mecanismo preventivo relevante e favorecendo a aproximação entre instituições e sociedade na promoção do cumprimento das normas ambientais (Chaves, 2011).

O preparo contemporâneo requer leitura crítica do direito e da realidade socioambiental, superando práticas mecânicas e promovendo intervenções contextualizadas (Bezerra, 2023). A capacitação técnico-operacional diferencia as PMAs de fiscais civis, sobretudo em situações que demandam resposta imediata e capacidade tática. A padronização de procedimentos, associada ao uso de viaturas e equipamentos especializados, como armas de fogo de grosso calibre, reforça a consistência das operações e amplia o alcance territorial (Frantz, 2023).

Experiências regionais evidenciam a aptidão das PMAs para guarda e manejo de espécimes apreendidos, seguindo protocolos de destinação adequada (Müller *et al.*, 2022). A formação inclui ainda a interpretação de dados geoespaciais e padrões térmicos, o que viabiliza a detecção precisa de ilícitos e sustenta autuações bem fundamentadas. A

delegação de medidas administrativas exige treinamento específico e normatização clara, assegurando eficiência e segurança jurídica (Lega *et al.*, 2014; Sousa; Silva, 2021).

Assim, a capacitação contínua, aliada a protocolos operacionais e a recursos tecnológicos avançados, consolida as PMAs como força apta a reforçar a fiscalização federal e conter o desmatamento (Maestri *et al.*, 2018). A solidez jurídico-institucional, a capilaridade territorial e a especialização técnica posicionam essas corporações como vetores estratégicos para recompor a presença estatal, reduzir a impunidade e sustentar o modelo de comando e controle (Runde, 2020; Santana; Leuzinger, 2023).

À vista desse quadro, a criação de uma instituição nacional, como a FNA, mostra-se estratégica para integrar e gerir o emprego das PMAs no reforço da fiscalização na AL, assegurando escala, efetividade, unidade de comando e otimização de recursos. No próximo capítulo, será aprofundada a proposta de cooperação, orientada à ampliação da capacidade operacional, da coordenação interinstitucional e do financiamento das ações de comando e controle ambiental na região amazônica.

5. A FORÇA NACIONAL AMBIENTAL (FNA) COMO ESTRATÉGIA FEDERATIVA PARA O COMBATE AO DESMATAMENTO

A criação de uma FNA apresenta-se como estratégia jurídico-institucional e operacional para enfrentar o avanço do desmatamento na AL, suprindo as limitações de efetivo e de presença das agências federais. Evidências históricas indicam que a redução significativa das taxas de desmatamento está diretamente relacionada à execução integrada de políticas de comando e controle entre União e estados, associada a instrumentos econômicos e à aplicação rigorosa da legislação ambiental (Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos, 2016).

O enfraquecimento da aplicação da lei, ampliado a partir de 2019, somado à baixa presença estatal em áreas remotas, favorece a atuação de ilícitos ambientais organizados, exigindo resposta célere e em escala suficiente para restabelecer a efetividade da fiscalização (Runde; Bandura; McKeown, 2020).

Nesse contexto, a FNA é concebida como arranjo federativo de adesão voluntária, com coordenação centralizada e execução descentralizada, capaz de empregar

contingentes estaduais, especialmente das PMAs, em missões temporárias de fiscalização e combate ao desmatamento. Fundamentada na competência comum prevista no art. 23 da Constituição Federal e no dever de defesa do meio ambiente consagrado no art. 225, essa força integraria a estrutura do Ministério do Meio Ambiente, em articulação com o Ministério da Justiça e Segurança Pública e com o Ministério da Defesa, garantindo padronização de protocolos, otimização de recursos e uso coordenado de equipamentos e tecnologias (Brasil, 1988; Fiorillo, 2021, p. 82). Seu objetivo central é ampliar a presença estatal em áreas críticas ambientais e fortalecer, de forma contínua e planejada, a resposta às infrações ambientais na região amazônica, combinando capilaridade, escala e velocidade de atuação.

Como passo inicial, a análise volta-se à dimensão do colapso operacional que afeta a fiscalização federal na AL, identificando causas estruturais e conjunturais que reduziram a capacidade de resposta do Estado e abriram espaço para o avanço de ilícitos ambientais.

5.1 O Colapso Operacional da Fiscalização Federal na Amazônia Legal

A expressiva redução das taxas de desmatamento, registrada entre 2008 e 2012, vinculou-se diretamente à presença estatal coordenada, evidenciando a sensibilidade do fenômeno à intensidade e à continuidade das campanhas de fiscalização (Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos, 2016).

Essa trajetória inverteu-se com o enfraquecimento das políticas de comando e controle, decorrente da perda de capacidade operacional das agências federais, o que comprometeu a concretização da legislação ambiental. Considerando que o uso da terra responde, de forma combinada, a políticas diretas e indiretas, a ruptura das sinergias institucionais acentuou os efeitos da escassez de fiscais em campo (Gatti *et al.*, 2023; Lambin *et al.*, 2014).

Em regiões remotas da Amazônia, a ausência de fiscalização contínua cria ambiente propício à expansão de redes criminosas e economias ilegais, demandando a recomposição do poder de polícia ambiental por meio de respostas céleres, presença prolongada e ações de caráter dissuasório (Runde; Bandura; McKeown, 2020).

Diante disso, a fragilidade do arcabouço jurídico-ambiental, somada à pressão antrópica sobre ecossistemas estratégicos, agravou a crise de aplicação das normas,

comprometendo serviços ecossistêmicos essenciais (Barbosa; Alves; Grelle, 2021). Nessa conjuntura, a recomposição institucional torna-se condição indispensável para restaurar a governança ambiental e conter a degradação, impondo a reestruturação das capacidades estatais e o redesenho de instrumentos institucionais (Franchini; Mauad; Viola, 2020).

Mais do que recompor efetivos, é necessário aprimorar a aplicação da legislação, alinhando-a à meta de desmatamento ilegal zero até 2030, com estruturas mais robustas, integradas e tecnicamente qualificadas (David; MacFarlane, 2022). O colapso operacional manifesta-se na redução do número de fiscais em campo, nas limitações logísticas e na descontinuidade das operações, fatores que reduzem o efeito dissuasório e ampliam a incidência de ilícitos ambientais (Gatti *et al.*, 2023). O exercício eficaz do poder de polícia exige organização, recursos e processos eficientes; a ausência desses elementos inviabiliza o alcance de seus objetivos (Meirelles, 1976).

Especialistas defendem a criação ou o fortalecimento de instituições voltadas especificamente à aplicação das normas ambientais na Amazônia, como forma de suprir lacunas executivas persistentes. A queda na efetividade das ações de controle contribuiu para o aumento das emissões de carbono provenientes do desmatamento e da degradação entre 2010 e 2019 na Amazônia brasileira (Grossman, 2023; Gatti *et al.*, 2023). Assim, a restauração das capacidades perdidas, associada à adoção de arranjos institucionais inovadores, é apontada como caminho para recuperar a autoridade estatal e a eficácia da fiscalização ambiental (Franchini; Mauad; Viola, 2020; Azevedo-Ramos, 2024).

Programas que definam, com clareza, direitos e responsabilidades, reforçando a aplicação das normas, tendem a fortalecer a proteção florestal e comunitária, elevar o nível de compliance e reduzir incentivos à ilegalidade (Reydon *et al.*, 2023). A reconfiguração do aparato de fiscalização exige expansão da cobertura, aumento da densidade operacional e presença contínua em áreas críticas, o que pressupõe articulação interfederativa capaz de gerar ganho de escala e garantir continuidade das ações.

O atual colapso operacional decorre de déficit simultâneo de efetivo, recursos logísticos e coordenação, impondo a necessidade de um choque cooperativo de fiscalização que recombine capacidades federais e estaduais em operações integradas, restabelecendo o alcance e a efetividade das ações de comando e controle (Börner *et al.*, 2014; Coelho-Junior *et al.*, 2022). Essa constatação reforça a urgência de ampliar e

otimizar a cobertura operacional na Amazônia Legal, não apenas para recompor estruturas fragilizadas, mas para assegurar que a atuação integrada tenha escala, continuidade e eficiência, como será analisado no próximo item.

5.2 A Urgência de Reforçar a Fiscalização Ambiental na Amazônia Legal

A proteção efetiva da Amazônia depende de investimentos consistentes em fiscalização, associados a estruturas de governança sólidas, sob pena de perda do efeito dissuasório e de ineficácia sistêmica. É imprescindível instituir forças-tarefa para acelerar o julgamento de processos administrativos, prevenindo a decadência de sanções e interrompendo a retroalimentação da impunidade (Nunes *et al.*, 2024).

A redução do efetivo debilitou a logística de campo, elevou custos operacionais e fragmentou a continuidade territorial das operações, afetando a capacidade de controle (Nunes *et al.*, 2024). Esse quadro pode explicar a queda do poder dissuasório e a dificuldade de manter cobertura permanente em áreas críticas.

A dimensão continental da Amazônia e a mobilidade das frentes de desmatamento impõem esforços permanentes e intensos para evitar novas perdas de cobertura florestal. Estudos de Assunção, Gandour e Rocha (2015) e de Börner, Marinho e Wunder (2015) evidenciam que a redução sustentável das taxas de desmatamento está condicionada à presença permanente das equipes fiscalizadoras e à sua capacidade de responder de forma imediata às infrações ambientais. A discrepança dessa trajetória de queda até 2014 e a retomada ascendente a partir de 2015 pode ser visualizado na Figura 10, que ilustra a evolução das taxas de desmatamento na AL.

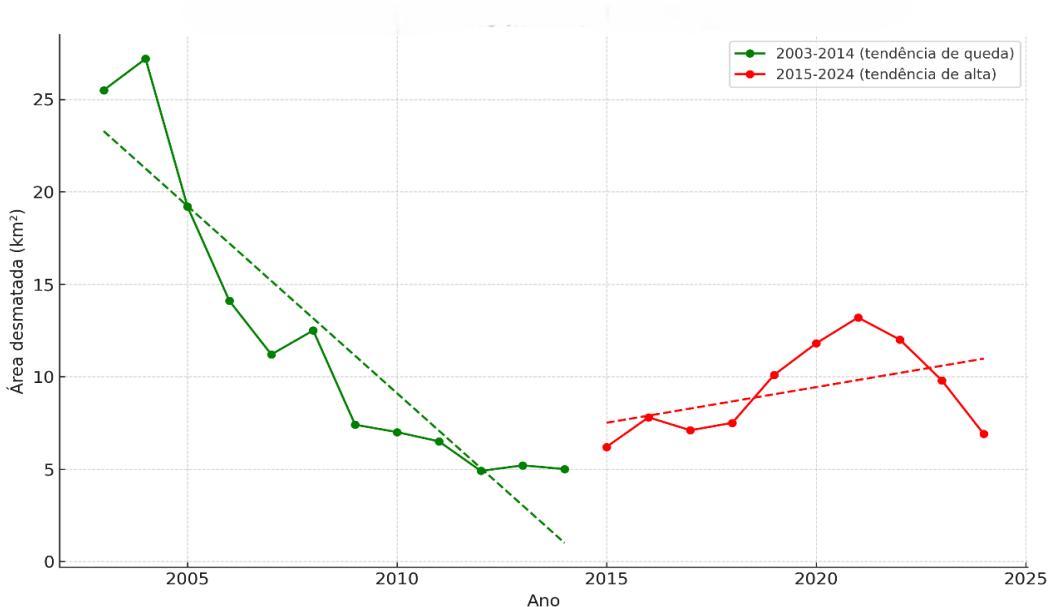


Figura 10. Tendências das taxas de desmatamento na Amazônia Legal (2003-2024).

Fonte: Elaborado pelo autor com base no TerraBrasilis (2025).

A Figura 10 revela duas fases opostas no desmatamento da Amazônia Legal: entre 2003 e 2014 prevaleceu forte queda, sustentada por políticas de comando e controle, enquanto a partir de 2015 emergiu tendência de alta, que pode ser resultado do enfraquecimento institucional e da redução da fiscalização. Essa inflexão indica provável perda do efeito dissuasório das ações estatais e evidencia a necessidade urgente de recomposição das capacidades de fiscalização.

Nesse quadro, restrições logísticas e custos elevados em áreas remotas constituem obstáculos recorrentes à aplicação da lei, exigindo planejamento rigoroso e apoio tático especializado (Börner; Marinho; Wunder, 2015). Definir prioridades operacionais claras torna-se condição para ampliar eficiência e reduzir janelas de oportunidade para infrações.

O alcance da meta de zerar o desmatamento até 2030 requer reforço do aparato fiscalizatório e das salvaguardas institucionais (Marcovitch; Pinsky, 2016). O padrão recente de clareiras fragmentadas em terras públicas, aliado à pressão de empreendimentos de infraestrutura, eleva os custos de detecção, deslocamento e repressão (Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos, 2016).

A insuficiência da capacidade estatal reforça a urgência de fortalecer estruturas de comando e controle, assegurando a efetividade dos instrumentos regulatórios (Sant'Anna; Costa, 2021). Sem reforço célere, o ciclo de danos consolida-se e encarece a

restauração ambiental. A recomposição das operações e a restauração da cadeia de cumprimento normativo exigem ação articulada entre os níveis de governo. O reforço cooperativo supre lacunas estruturais e amplia o alcance do monitoramento em áreas de difícil acesso (Coelho-Junior *et al.*, 2022; Grossman, 2023).

Diante da escassez de recursos e da amplitude territorial, impõe-se um modelo cooperativo que integre competências e otimize resultados, com mobilização coordenada de efetivos estaduais e federais. A integração operacional reduz redundâncias, acelera respostas e estabiliza a presença estatal em áreas críticas.

O poder de polícia ambiental é indelegável a particulares e exerce-se em todo o território em defesa da ordem pública e do interesse social, cabendo exclusivamente a órgãos legalmente competentes (Meirelles, 1976). O fortalecimento da fiscalização revela-se relevante para o cumprimento das metas de redução do desmatamento, podendo ser favorecido por planejamento estratégico e suporte técnico especializado.

A urgência de reforço e coordenação não é apenas um problema administrativo. Trata-se de questão de segurança nacional e federativa, pois a expansão de ilícitos ambientais em áreas críticas fragiliza a autoridade do Estado, afeta a soberania sobre o território e amplia riscos socioeconômicos e climáticos. É sob essa perspectiva que se examina, a seguir, o desmatamento como questão de segurança nacional e federativa.

5.3 O Desmatamento como Questão de Segurança Nacional e Federativa

O desmonte institucional da política ambiental favoreceu práticas ilegais e ampliou a vulnerabilidade da floresta, elevando o desmatamento à condição de tema de interesse nacional (Fiorillo, 2021, p. 260; Nunes *et al.*, 2024). Essa fragilização comprometeu a credibilidade da aplicação da lei ambiental, com reflexos negativos na imagem internacional do Brasil e impactos diretos sobre a soberania ambiental.

Diante disso, o compromisso de eliminar o desmatamento ilegal até 2030 assume caráter estratégico e demanda resposta estatal imediata, coordenada e sustentada (Marcovitch; Pinsky, 2016). Além disso, a conversão florestal para pastagens e agricultura permanece como principal vetor das emissões nacionais, impondo medidas conjuntas e articuladas pelo Estado (Reydon *et al.*, 2023).

O federalismo cooperativo ambiental, previsto nos arts. 23 e 225 da Constituição Federal, estabelece competência comum e impõe a todos os entes federados o dever de proteção efetiva do meio ambiente (Brasil, 1988). Inserido nesse arranjo, o poder de polícia é instrumento indispensável à preservação da ordem jurídica, da soberania e da segurança nacional (Meirelles, 1976).

O desmatamento ameaça a biodiversidade, a estabilidade climática e o cumprimento de compromissos internacionais, configurando questão estratégica de segurança nacional. Para enfrentar essa ameaça, a governança multinível torna-se eixo da proteção ambiental eficaz no Brasil, exigindo coordenação entre entes federativos e integração operacional de órgãos de distintas esferas. Operações conjuntas potencializam recursos e competências, materializando a competência comum constitucional e ampliando a eficácia das ações de comando e controle (Azevedo-Ramos, 2024).

As pressões diplomáticas e comerciais decorrentes do avanço do desmatamento afetam o posicionamento do Brasil no cenário internacional. A experiência já consolidada de atuação integrada entre Forças Armadas, Ministério Público e PMAs demonstra a viabilidade de um modelo coordenado de fiscalização ambiental e resposta rápida. Nesse arranjo, o IBAMA permanece como órgão executor central do SISNAMA, sustentado pela institucionalidade conferida pela Lei nº 7.735/1989 (Santana; Leuzinger, 2023; Araújo, 2017b).

Propostas de flexibilização normativa ou de redução da autonomia das políticas ambientais enfraquecem mecanismos protetivos e comprometem avanços históricos. A eliminação do desmatamento requer abordagem multiestratégica e cooperativa, sendo ineficazes soluções isoladas (Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos, 2016).

Nessa direção, a criação de estruturas integradas, como uma FNA inspirada na Força Nacional de Segurança Pública (FNSP), surge como resposta coordenada e estratégica para fortalecer a proteção ambiental e assegurar a soberania nacional.

5.4 A Criação de uma Força Nacional Ambiental (FNA)

A redução das taxas de desmatamento depende de capacidade institucional sólida para aplicar a lei, o que impõe reestruturar mecanismos de fiscalização e fortalecer a coordenação estatal (Assunção; Gandour; Rocha, 2015). Estratégias estruturantes

requerem reorganização institucional e reforço da aplicação das normas, combinando medidas jurídicas e operacionais (Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos, 2016).

Nesse quadro, intensificar a cooperação entre agências e instituir estruturas de comando e controle mais eficazes são passos essenciais para elevar a efetividade das ações ambientais (Fanzeres; Feitosa; Salinas, 2024). Nesse horizonte, a FNA apresenta-se como resposta à insuficiência de robustez institucional e de capacidade operacional na AL.

Inspirada no modelo da Força Nacional de Segurança Pública (FNSP), a FNA prevê mobilização de efetivos das PMAs estaduais por adesão, com foco na pronta resposta e na padronização de procedimentos (Carneiro, 2011).

O desenho proposto estabelece comando central no Ministério do Meio Ambiente e coordenação no Eixo II do PPCDAm, assegurando planejamento, controle e monitoramento integrados das operações. A experiência da FNSP, concebida como programa de cooperação federativa para reforço operacional em situações de relevância nacional, demonstra a transferibilidade dessa lógica ao controle do desmatamento. O Decreto n. 5.289/2004, que regulamenta a FNSP, oferece base normativa para estrutura análoga no campo ambiental, com adequações de finalidade e de governança (Brasil, 2004). Os principais alinhamentos e ajustes podem ser analisados no Quadro 9.

Quadro 9. Comparação entre a Força Nacional de Segurança Pública (FNS) e a proposta de Força Nacional Ambiental (FNA).

Aspecto	Força Nacional de Segurança Pública (FNS)	Força Nacional Ambiental (FNA)
Justificativa Estratégica	Resposta ao colapso da segurança pública	Resposta ao colapso da fiscalização ambiental e ameaça à segurança nacional decorrente do desmatamento
Fundamentação Jurídica	Art. 144, §7º, CF (cooperação federativa na segurança pública); Decreto nº 5.289/2004	Art. 23, VI e VII, CF (competência comum ambiental); art. 225, CF; analogia ao art. 144, §7º, CF
Base Constitucional Solidária	Federalismo cooperativo (princípio implícito)	Federalismo cooperativo (art. 3º, I e III, CF)
Finalidade	Atuar em emergências e reforço de segurança pública nos estados	Atuar no combate ao desmatamento, ilícitos ambientais e reforço da fiscalização ambiental
Coordenação	Ministério da Justiça e Segurança Pública	Ministério do Meio Ambiente (em coordenação com MJSP e Defesa)
Composição	Policiais Militares, Bombeiros Militares e Agentes Civis de segurança cedidos pelos estados	Policiais Militares Ambientais cedidos pelos estados, eventualmente outros agentes do SISNAMA
Modalidade de Atuação	Operações programadas ou emergenciais, mediante convênios e adesão voluntária dos estados	Operações programadas ou emergenciais, mediante convênios e adesão voluntária dos estados
Base de Convocação	Convênios firmados com estados; contingente previamente cadastrado	Convênios firmados com estados; contingente previamente cadastrado
Missões Prioritárias	Garantia da ordem pública, repressão ao crime, proteção de pessoas e patrimônio	Fiscalização ambiental, combate ao desmatamento, prevenção e repressão de ilícitos ambientais
Apoio Logístico	União provê capacitação, recursos logísticos e financeiros	União (via BNDS/Fundo Amazônia) provê capacitação, recursos logísticos e financeiros, articulando apoio eventual das Forças Armadas e do Fundo Nacional do Meio Ambiente

Fonte: elaborado pelo autor.

A restauração de capacidades na Amazônia pode demandar a criação e reestruturação de instituições com foco territorial específico e vocação para operações em escala (Xavier; Tonin, 2021; Tacconi; Rodrigues; Maryudi, 2019). Para assegurar fiscalização efetiva e contínua, novos arranjos institucionais devem integrar soberania e

proteção ambiental, mediante estrutura especializada apta a operar em áreas extensas e de difícil acesso. Políticas de direitos de propriedade e instrumentos institucionais complementares tendem a fortalecer o compliance e potencializar a ação fiscalizatória (Reydon *et al.*, 2023; Araújo, 2017a).

O cumprimento da meta de desmatamento ilegal zero até 2030 requer aparato integrado e fortalecido, no qual a FNA figura como peça estratégica de mobilização rápida e coordenada.

A LC 140/2011 autoriza convênios e outros instrumentos de cooperação para o exercício de competências ambientais comuns, viabilizando missões conjuntas com direção unificada (Barbosa; Alves; Grelle, 2021). O ordenamento jurídico nacional admite a cessão temporária de servidores estaduais, o que permite formar equipes mistas e mobilizar contingentes de modo célere, replicando experiências de convênios intergovernamentais já utilizadas na segurança pública (Carneiro, 2011).

Ancorada na competência comum e no federalismo cooperativo, a FNA poderá articular coordenação centralizada e execução descentralizada, abrangendo fiscalização ambiental, combate ao desmatamento e repressão a ilícitos por meio de operações programadas ou emergenciais. O modelo contempla cadastro prévio de contingentes, convênios de convocação e padronização de protocolos, garantindo pronto-emprego, cadeia de custódia adequada e reporte unificado. Unidades especializadas incrementam a efetividade da aplicação das normas e proporcionam ganhos táticos relevantes em áreas críticas (Kuschnig *et al.*, 2023).

Desse modo, a FNA representa adaptação do aprendizado institucional da FNSP ao comando e controle ambiental, com base legal consistente, governança definida e mobilização interestadual coordenada. O desenho proposto preserva missões prioritárias, assegura apoio logístico e financeiro da União, com destaque para recursos do Fundo Amazônia e linhas do BNDES, e institui um modelo cooperativo apto a ser empregado de forma articulada, rápida e eficiente no enfrentamento do desmatamento.

5.5 Viabilidade Jurídica da FNA à Luz da FNSP

O paradigma cooperativo da FNSP confirma a compatibilidade constitucional de arranjos interestaduais com coordenação central para missões de interesse nacional (Carneiro, 2011).

Nesse sentido, a experiência da Força Nacional de Segurança Pública demonstra a viabilidade de um programa de cooperação federativa por adesão, com participação voluntária dos estados, comando unificado e parâmetros operacionais claros. O acionamento dá-se por ato formal que define área, prazo e diretrizes da missão, com emprego episódico e planejado de efetivos previamente capacitados. Transposta ao campo ambiental, essa lógica assegura mobilização célere e juridicamente controlada para operações específicas de combate ao desmatamento (Brasil, 2004).

No plano de gestão de pessoal e salvaguardas, preserva-se o vínculo funcional do servidor ao órgão de origem, com custeio de diárias pela União, além de assistência médica, seguro e representação judicial aos agentes mobilizados. Esse arranjo confere segurança jurídica, previsibilidade administrativa e proteção funcional às equipes estaduais empregadas em ações de fiscalização, sem afetar a autonomia dos entes federados (Brasil, 2004).

Quanto à logística e à governança, prevê-se suporte federal de recursos humanos e materiais, com apoio das Forças Armadas em instalações, transporte, inteligência e treinamento, além de coordenação central para planejamento, aquisições e critérios de seleção e capacitação (Brasil, 2004).

Por fim, parâmetros técnicos de compra e padronização, somados a convênios de cooperação, viabilizam uma FNA com comando central no MMA, execução descentralizada, cadeia logística integrada, protocolos uniformes e reporte unificado, garantindo legalidade, rastreabilidade e eficiência operacional, conforme Quadro 10 (Brasil, 2004).

Quadro 10. Disposições do Decreto n. 5.289/2004 (FNSP) e adaptação proposta à FNA.
(continua)

Eixo	Disposição do Decreto	Correspondência Proposta na FNA	Observações para Implementação
Programa por Adesão	Programa de cooperação federativa com adesão voluntária dos Estados (art. 1º)	Adesão voluntária dos Estados à FNA por instrumento formal	Preserva autonomia estadual e facilita escalonamento por demanda
Princípios Operacionais	Unidade de comando, eficácia, pronto atendimento, uso moderado da força, qualificação para gestão de conflitos, solidariedade federativa (art. 3º)	Comando unificado; POPs padronizados; tempo-resposta reduzido	Base para doutrina operacional e indicadores de desempenho
Escopo de emprego	Emprego episódico e planejado, mediante solicitação e ato formal que define área, prazo e diretrizes (art. 4º, caput e §§ 1º e 3º)	Acionamento da FNA por ordem específica, com delimitação territorial e temporal	Evita “missões difusas” e assegura rastreabilidade decisória
Pré-Capacitação	Composição por servidores previamente treinados para atuação conjunta (art. 4º, § 2º)	Cadastro prévio de contingentes das PMAs com certificação mínima	Vincular a cursos de formação e reciclagem periódica
Vínculo e Custeio	Coordenação federal mantendo o vínculo de origem; diárias indenizatórias pagas pela União (art. 5º, caput e §§)	Equipes mistas sem alteração de vínculo; custeio federal padronizado	Garante segurança jurídica trabalhista e previsibilidade orçamentária
Proteção Funcional	Assistência médica e seguro; representação judicial pela AGU aos mobilizados (arts. 6º e 7º)	Cobertura assistencial e representação para agentes mobilizados	Reduz risco operacional e litígios pessoais
Designação	Designação dos servidores estaduais pelo Ministério da Justiça (art. 8º)	Portarias de designação e ordens de operação específicas	Padronizar fluxo de designação e desmobilização
Logística e Apoio Militar	Suprimento federal; apoio das Forças Armadas (instalações, inteligência, transporte, logística, treinamento); GLO e cooperação material dos Estados (art. 9º, caput e §§ 1º-3º)	Ponte logística MMA-Defesa para áreas remotas e ações aerotransportadas	Integrar centros de operações e malha de transporte estratégico

(conclusão)

Eixo	Disposição do Decreto	Correspondência Proposta na FNA	Observações para Implementação
Coordenação Federal	Planejamento, aquisição de equipamentos, critérios de seleção e treinamento, gestão orçamentária, interlocução, uniformes (art. 10, incisos I–VII)	Coordenação central no MMA/Eixo II do PPCDAm com poder de logística	Evita sobreposição de compras e define padrões técnicos
Unidade de Comando	Observância da hierarquia e da unidade de comando nas operações (art. 11)	Estrutura de comando unificada por teatro/OPLAN	Essencial para segurança, disciplina e <i>accountability</i>
Aquisições e Padrões	Aquisições com critérios técnicos; parâmetros e especificações técnicas definidos pela coordenação federal (art. 12 e parágrafo único)	Catálogo técnico de equipamentos e EPI/EPC da FNA	Facilita manutenção, reposição e interoperabilidade
Convênios	Convênios de cooperação federativa com os Estados (art. 13)	Convênios de convocação e cooperação para pronto-emprego	Incluir cláusulas de metas, reporte e prestação de contas

Fonte: elaborado pelo autor com base no Brasil (2014).

O exercício do poder de polícia ambiental, como função administrativa essencial, cabe aos órgãos competentes e é plenamente compatível com mecanismos de cooperação federativa estruturados e controláveis (Farias, 2023). A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e o arranjo institucional do SISNAMA preveem integração de competências como instrumento de atuação harmônica e eficiente (Araújo, 2017a). A Constituição Federal, nos arts. 23 e 225, estabelece competência comum e impõe a todos os entes o dever de tutela efetiva do meio ambiente, respaldando ações conjuntas e coordenação interfederativa. Já o Código Florestal, com destaque para o Cadastro Ambiental Rural, organiza o eixo normativo de proteção e demanda execução capaz de assegurar sua efetividade (Barbosa; Alves; Grelle, 2021; Gatti *et al.*, 2023; Santana; Leuzinger, 2020).

A restauração de capacidades para a aplicação das normas requer arranjos institucionais sólidos que combinem cessões temporárias e cooperação formal, a fim de compor forças especializadas e operacionais em escala (Araújo; Vieira, 2019). A eficácia do poder de polícia, como assinala Meirelles (1976), depende de organização e de

recursos humanos e materiais suficientes, o que reclama planejamento jurídico e institucional consistente.

Sob a ótica federativa, a coordenação centralizada para missões específicas é compatível com a autonomia dos entes e com a competência comum de proteção ambiental (Börner *et al.*, 2014). A experiência recente de desarticulação das políticas de comando e controle evidencia a urgência de um modelo jurídico-institucional capaz de recompor a capacidade de fiscalização e estabilizar a presença estatal.

Como corolário do exposto, a FNA mostra-se juridicamente viável como mecanismo cooperativo ancorado em fundamentos constitucionais e precedentes organizacionais consolidados. Modelos de convênios já consolidados na segurança pública podem ser adaptados à fiscalização ambiental na AL, com regras claras de comando, responsabilidades e prestação de contas. A experiência acumulada da FNSP funciona como precedente estrutural e operacional para a instituição da FNA, enquanto a Lei Complementar n. 140, de 2011, provê instrumentos de cooperação adequados ao seu funcionamento coordenado e multiescalar (Brasil, 2011). A legislação que disciplina a cessão de servidores para operações específicas de proteção ambiental reforça a base legal dessas equipes mistas e o pronto-emprego de contingentes (Carneiro, 2011).

A modalidade por adesão e os convênios asseguram legalidade, governança e previsibilidade, viabilizando a composição com PMAs e demais órgãos do SISNAMA para a repressão de ilícitos ambientais. Verificada a compatibilidade do modelo com a arquitetura constitucional e com os precedentes normativos, passa-se à especificação dos instrumentos contratuais aplicáveis, bem como dos arranjos de financiamento e da logística necessários à sua implementação.

5.6 Financiamento da FNA e Apoio Logístico das Forças Armadas

O Fundo Amazônia já demonstrou capacidade de financiar logística aérea e terrestre para monitoramento e fiscalização, confirmado sua vocação para sustentar ações estruturantes de controle ambiental (Marcovitch; Pinsky, 2016). Sua governança, articulada à cooperação internacional, pode alavancar a recomposição de capacidades operacionais diante de cortes orçamentários que afetaram o IBAMA. A previsibilidade desses aportes é condição para manter a fiscalização ativa e mitigar pressões como a

conversão florestal, principal vetor de emissões na Amazônia Legal (AL) (Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos, 2016).

A integração da FNA com as Forças Armadas amplia mobilidade, comunicações e presença em áreas remotas, permitindo alcançar localidades de difícil acesso. O emprego coordenado de meios aéreos militares, em rede com estruturas estaduais, reduz assimetrias logísticas e encurta o tempo de resposta.

Experiências anteriores mostram, contudo, que a transferência integral da coordenação às Forças Armadas pode gerar ineficiências. Impõe-se, portanto, definir papéis e rotinas com clareza, resguardando a autoridade fiscalizatória dos órgãos ambientais (Nunes *et al.*, 2024).

A simples recomposição orçamentária federal é necessária, porém insuficiente. Requer-se um mecanismo cooperativo nacional em que a FNA articule capacidades estaduais e recursos federais (Gatti *et al.*, 2023). Estruturas híbridas de financiamento, combinando Fundo Amazônia, linhas do BNDES e cooperação internacional, oferecem base para sustentabilidade plurianual. Instrumentos econômicos, como REDD+, e incentivos subnacionais, a exemplo do ICMS Ecológico, podem complementar o custeio e estimular a cooperação em múltiplas escalas (Barbosa; Alves; Grelle, 2021; Carneiro, 2011; Moutinho; Guerra; Azevedo-Ramos, 2016).

Para dimensionar a capacidade financeira disponível e orientar a governança do financiamento, importa explicitar a distribuição das doações ao Fundo Amazônia entre os principais doadores. Observa-se uma base diversificada, com participação majoritária da Noruega e aportes relevantes de Alemanha, Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Japão, Suíça e Petrobrás. Esses ingressos, registrados em dólares e em reais, conferem previsibilidade ao custeio de operações aéreas e terrestres, aquisição de tecnologias e treinamento, além de funcionarem como contrapartida para instrumentos financeiros nacionais e cooperação internacional (Brasil, 2025). Os valores acumulados por doador e o total geral estão consolidados na Tabela 4.

Tabela 5. Totais por doador e total geral recebido desde a instituição do Fundo Amazônia.

Doador	Total doado (US\$)	Total doado (R\$)
Governo da Noruega	1.262.378.452,36	3.469.251.818,36
Petrobrás	7.713.253,30	17.285.079,13
Governo da Alemanha	105.809.339,88	387.859.396,00
Governo da Suíça	5.690.070,00	28.130.000,00
Governo dos Estados Unidos	53.472.000,00	291.382.003,20
Governo do Japão	3.000.000,00	14.943.000,00
Governo do Reino Unido	49.434.880,72	283.960.570,49
Governo da Dinamarca	7.020.762,08	43.445.177,83
Total Geral	1.494.518.758,34	4.536.257.045,01

Fonte: Brasil (2025).

O modelo de financiamento proposto para a FNA deve priorizar governança multisectorial, com metas claras e monitoráveis, de modo a respaldar o objetivo central de desmatamento ilegal zero com aparato operacional robusto (David; MacFarlane, 2022).

A combinação entre cooperação internacional, fundos ambientais e parcerias público-privadas amplia a capacidade de investir em modernização tecnológica e fortalece a aplicação das normas. O financiamento constante é indispensável para evitar descontinuidade operacional e preservar a prontidão das equipes de campo (Bonelli; Fernandes; Cavalcante, 2023).

O apoio logístico militar, notadamente em transporte aéreo e infraestrutura terrestre, é componente crítico para enfrentar os altos custos da logística amazônica. Essa articulação deve ser reforçada por parcerias com instituições civis e militares, ampliando capilaridade e eficiência operacional (Barbosa; Alves; Grelle, 2021).

Para que o apoio logístico se traduza em ganho operacional, é indispensável estruturar uma malha de cidades-sede e pontos de apoio que maximize a capilaridade, reduza tempos de resposta e assegure continuidade em áreas de maior pressão. Essa configuração prioriza a proximidade a corredores fluviais e rodoviários, o acesso a aeródromos regionais e a integração com bases estaduais e estruturas militares,

viabilizando pré-posicionamento de meios, reabastecimento, manutenção e comunicação segura. O desenho também orienta decisões de investimento do Fundo Amazônia e de linhas do BNDES em pistas, hangares, embarcadouros, enlaces de comunicação e centros de comando. A Figura 11 reúne o detalhamento da distribuição proposta e das funções logísticas associadas.

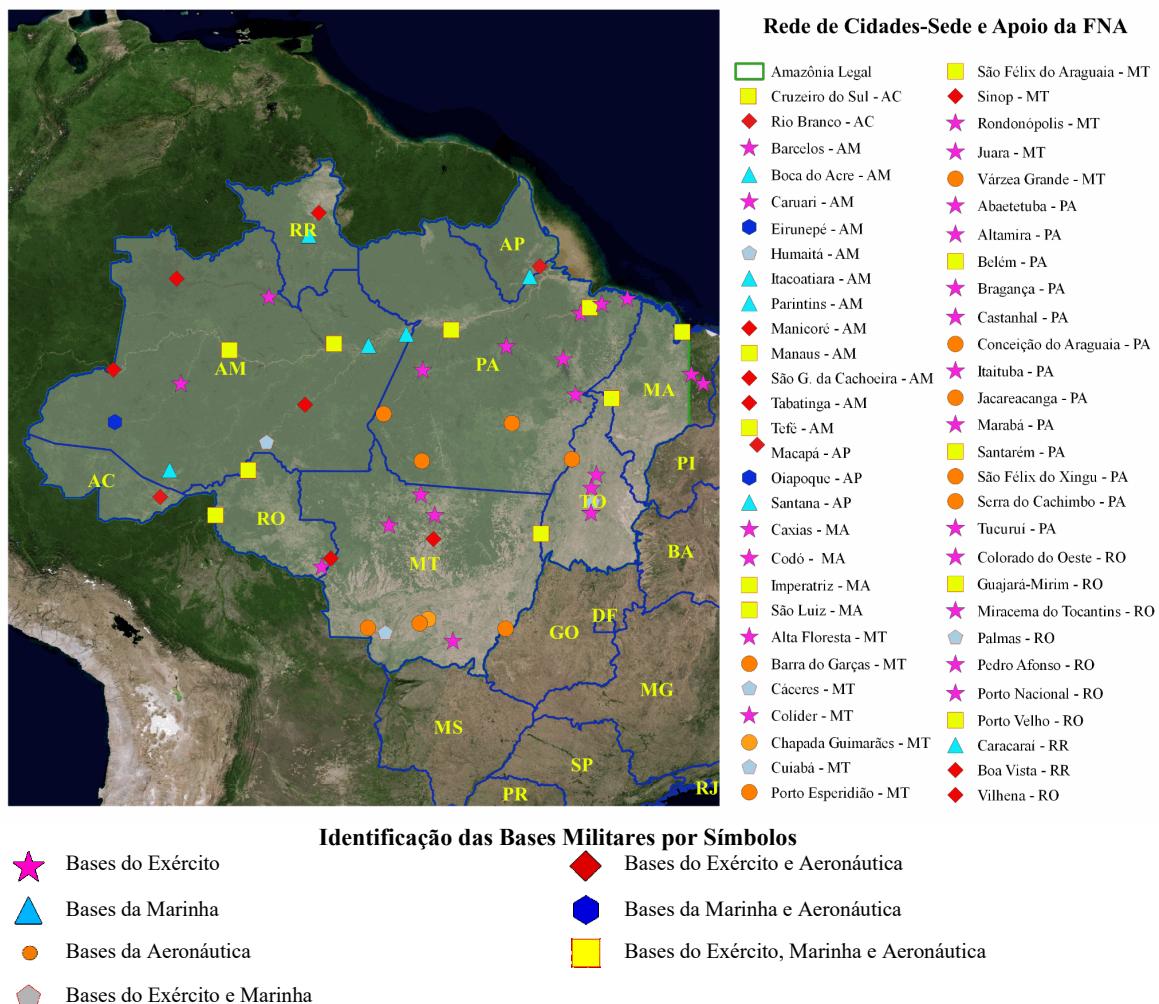


Figura 11. Distribuição proposta de cidades-sede e pontos de apoio da FNA.
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Exército Brasileiro (2025), Marinha do Brasil (2025) e Força Aérea Brasileira (2025).

Com recursos do Fundo Amazônia e linhas do BNDES, associados ao suporte estratégico das Forças Armadas, consolida-se uma sustentação financeira e logística para a FNA, apta a garantir continuidade e eficiência. Esse arranjo recompõe capacidades, integra entes federados e oferece meios estáveis para recuperar a eficácia do comando e

controle, configurando caminho realista e juridicamente fundamentado para resultados duradouros e mensuráveis na fiscalização ambiental na AL.

À luz da viabilidade jurídica, da arquitetura institucional delineada e dos pilares de financiamento e logística definidos, consolida-se um modelo cooperativo estável e escalável para a AL, com comando central no MMA, coordenação pelo Eixo II do PPCDAm e mobilização interestadual de PMAs, apoiado logisticamente pelas Forças Armadas em áreas de difícil acesso.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida neste capítulo evidenciou que a atual estrutura de fiscalização ambiental na Amazônia Legal revela-se insuficiente diante da crescente pressão antrópica sobre os recursos naturais. Verificou-se que as agências ambientais estaduais detêm competências jurídicas expressas e infraestrutura institucional capaz de apoiar, de forma efetiva, a fiscalização federal, ampliando significativamente a capilaridade e a efetividade das ações de comando e controle.

Constatou-se, ainda, que as PMAs exercem função relevante na proteção dos ecossistemas, contando com presença territorial ampla, formação técnica especializada e reconhecimento jurisprudencial como integrantes do SISNAMA. Apesar desse potencial expressivo, permanecem subaproveitadas na esfera da governança ambiental federal, o que desperdiça capacidades operacionais que poderiam elevar a presença do Estado onde ela é mais necessária.

Nesse contexto, propõe-se a criação de uma FNA, coordenada pelo Ministério do Meio Ambiente e estruturada sobre os pilares da cooperação federativa. A proposta assenta-se na urgência de conter o avanço do desmatamento, na viabilidade jurídica de organizações análogas já instituídas, como a FNSP, e na existência de fontes estáveis de financiamento ambiental, como o Fundo Amazônia, aptas a sustentar a operacionalização contínua das atividades fiscalizatórias.

As conclusões aqui apresentadas reforçam que a integração federativa, articulando agências estaduais, forças de segurança e a administração federal, pode constituir a via mais rápida e sustentável para conter a degradação da Amazônia Legal.

Essa integração, se efetivada com coordenação estratégica e base normativa sólida, pode garantir maior alcance territorial, resposta mais célere e fortalecimento das ações de comando e controle.

Espera-se que as recomendações formuladas sirvam de fundamento para a elaboração de políticas públicas inovadoras, aptas a combinar eficiência operacional, legitimidade institucional e estabilidade financeira. Nesse sentido, a efetiva implementação de mecanismos cooperativos de fiscalização ambiental representa não apenas uma resposta aos desafios regionais, mas um imperativo para a preservação da soberania nacional, a manutenção da ordem climática e a credibilidade internacional do Brasil.

Por fim, este fechamento sintetiza a necessidade urgente de recompor capacidades, integrar esforços multiescalares e assegurar financiamento e logística estáveis como condições indispensáveis para restaurar a eficácia do comando e controle ambiental. A superação do desmatamento ilegal depende, portanto, da consolidação de um modelo federativo cooperativo, capaz de equilibrar competências, recursos e responsabilidades na proteção da Amazônia Legal.

Impõe-se recompor capacidades, integrar esforços em múltiplas escalas e assegurar financiamento e logística estáveis, condições indispensáveis para recuperar a eficácia do comando e controle ambiental. A superação do desmatamento ilegal exige a consolidação de um modelo federativo cooperativo que equilibre competências, recursos e responsabilidades na proteção da AL.

REFERÊNCIAS

Aguiar, D. S.; Sá Júnior, E. H. de; Dos Anjos Júnior, O. R. Uma análise das ocorrências atendidas pelo Batalhão de Polícia Militar Ambiental da Paraíba de 2015 a 2020. Revista Brasileira de Segurança Pública, v. 17, n. 2, p. 162–183, 2023. Disponível em: <https://revista.forumseguranca.org.br/rbsp/article/view/1581>. Acessado em: 6 ago. 2025.

Ajudância/Secretaria do BPMA. Re: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Batalhão de Polícia de Meio Ambiente, Polícia Militar do Ceará. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 23 jun. 2025. Em anexo.

Alcântara, L. H. Re: Efetivo do Comando de Policiamento Ambiental. Comando de Policiamento Ambiental, Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro. Mensagem recebida

por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 16 jun. 2025. Em anexo.

Alencar, A.; Nepstad, D.; McGrath, D.; Moutinho, P.; Pacheco, P.; Vera Diaz, M. del C.; Soares-Filho, B. Desmatamento na Amazônia: indo além da “emergência crônica”. Belém: IPAM, 2004. Disponível em: <https://ipam.org.br/bibliotecas/desmatamento-na-amazonia-indo-alem-da-emergencia-cronica/>. Acessado em: 31 jul. 2025.

Alves, O. L. Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Gabinete do Comando-Geral, Polícia Militar de Roraima. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 17 jun. 2025. Em anexo.

Amado, F. Resumo direito ambiental: esquematizado. 3 ed. rev. e atual. São Paulo: Método, 2015.

Amaral, P. H. C.; Amarante, S. A. C.; Oliveira, A. M. Cooperação técnica como estratégia de fortalecimento da atuação do Ministério Público Estadual do Pará na prevenção e no combate ao desmatamento ilegal. Ministério Público do Estado do Pará – MPPA, GT Infraestrutura e Energia, 2021. Disponível em: <https://plataformacipo.org/wp-content/uploads/2024/04/web-na-linha-de-frente-cipo-3.pdf>. Acessado em: 5 ago. 2025.

Amazônia Legal em Dados. Focos de queimada, 2024. Disponível em: https://amazonialegaledados.info/dashboard/perfil.php?regiao=Amaz%C3%A9lia%20Legal&area=Meio%20Ambiente_34&indicador=TX_INPE_FOCOS_QUEIMADA_UF_34&primeiro. Acessado em: 17 ago. 2024.

Antunes, P. B. Direito Ambiental. 20 ed. São Paulo: Atlas, 2019.

Araújo, R.; Vieira, I. C. G. Desmatamento e as ideologias da expansão da fronteira agrícola: o caso das críticas ao sistema de monitoramento da floresta amazônica. Sustentabilidade em Debate, Brasília, v. 10, n. 3, p. 88-105, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/download/27258/24754/62686>. Acesso em: 08 ago. 2025.

Araújo, S. M. V. G. Desafios do Ibama para a gestão ambiental no Brasil. Boletim Regional, Urbano e Ambiental, Brasília, n. 16, p. 118-119, jan./jun. 2017a. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/entities/publication/c7e0f377-c95f-40fb-b034-fee7d8630c20>. Acesso em: 8 ago. 2025.

Araújo, S. M. V. G. Proteção ambiental baseada em evidências? Evolução institucional, planejamento e execução orçamentária no Ibama. In: Pires, R.; Gomide, A. A. (org.). Governança e capacidades estatais: uma análise comparativa de políticas públicas. Brasília: Ipea, 2017b. p. 777-802. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/179dad47-bc50-46db-9ecd-8aceedee37c/content>. Acesso em: 08 ago. 2025.

Assunção, J.; Gandour, C.; Rocha, R. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies? Environment and Development Economics, v. 20, p. 697–722, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1355770X15000078>. Acessado em: 30 jul. 2025.

Azevedo-Ramos, C. EU anti-deforestation regulation: mixed reactions from Brazil. *Environmental Development*, v. 49, 100996, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2590332224005384>. Acesso em: 8 ago. 2025.

Azevedo-Ramos, C.; Moutinho, P.; Arruda, V. L. da S.; Stabile, M. C. C.; Alencar, A.; Castro, I.; Ribeiro, J. P. Lawless land in no man's land: The undesignated public forests in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, v. 99, art. 104863, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104863>. Acessado em: 30 jul. 2025.

Bandura, R.; McKeown, S.; Silveira, F. M. Governance challenges and insecurity in the Brazilian Amazon. In: Center for Strategic and International Studies (CSIS). Sustainable infrastructure in the Amazon: Connecting environmental preservation with governance, security, and economic development. 2020. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/resrep27031.6>. Acessado em: 31 jul. 2025.

Barbosa, L. G.; Alves, M. A. S.; Grelle, C. E. V. Actions against sustainability: Dismantling of the environmental policies in Brazil. *Land Use Policy*, v. 104, p. 105384, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837721001071>. Acesso em: 8 ago. 2025.

Barbosa, L. G.; Alves, M. A. S.; Grelle, C. E. V. Actions against sustainability: Dismantling of the environmental policies in Brazil. *Rev. Land Use Policy*, v. 104, mai. 2021. Diponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837721001071>. Acessado em: 25 abr. 2024.

Beltrão, A. F. G. *Direito ambiental*. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Método, 2009.

Bezerra, F. dos S. *Hermenêutica Jurídica: Pensando o Policial Militar como um Intérprete do Direito. Âmbito Jurídico*, 1 mar. 2023. Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/hermeneutica-juridica-pensando-o-policial-militar-como-um-interprete-do-direito/>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Bim, E. F. Fiscalização ambiental à luz do princípio da subsidiariedade: contornos da competência comum. *Revista de Informação Legislativa*, Brasília, v. 55, n. 217, p. 85–114, jan./mar. 2018. Disponível em: <https://bdjur.stj.jus.br/entities/publication/62f5c5dd-9812-4bd7-9b7b-b208d8ca42ff>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Bim, E. F.; Farias, T. Competência ambiental legislativa e administrativa. In: Oliveira, G. A. P. (org.). *Direito ambiental: estudos em homenagem ao professor Édis Milaré*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2015. p. 203–245.

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, v. 42, p. 135-159, dez. 2017. Disponível: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/53542>. Acessado em: 06 ago. 2025.

- Bonelli, F.; Fernandes, A. S. A.; Cavalcante, P. L. C. The active dismantling of environmental policy in Brazil: paralysis and setbacks of the deforestation inspection and control. *Sustentabilidade em Debate*, Brasília, v. 14, n. 1, p. 188-207, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/44277>. Acesso em: 8 ago. 2025.
- Borges, A. Ibama perde 55% dos fiscais em 10 anos: principal órgão do governo federal na proteção da Amazônia tem hoje 591 agentes ambientais para enfrentar o avanço do crime ambiental em todo o País. *Estadão*, São Paulo (SP), ago. 2020. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/sustentabilidade/ibama-perde-55-dos-fiscais-em-10-anos/#:~:text=Reportagem%20publicada%20pelo%20Estad%C3%A3o%20na,desmata,mento%20na%20Amaz%C3%B4nia%2C%20em%202021>. Acessado em: 17 ago. 2024.
- Börner, J.; Kis-Katos, K.; Hargrave, J.; König, K. Post-crackdown effectiveness of field-based forest law enforcement in the Brazilian Amazon. *PLOS ONE*, San Francisco, v. 10, n. 4, e0121544, 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0121544>. Acessado em: 30 jul. 2025.
- Börner, J.; Marinho, E.; Wunder, S. Mixing carrots and sticks to conserve forests in the Brazilian Amazon: a spatial probabilistic modeling approach. *PLoS ONE*, v. 10, n. 2, p. e0116846, 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0116846>. Acessado em: 30 jul. 2025.
- Börner, J.; Wunder, S.; Wertz-Kanounnikoff, S.; Hyman, G.; Nascimento, N. Forest law enforcement in the Brazilian Amazon: Costs and income effects. *Rev. Global Environmental Change*, v. 29, nov. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378014000879>. Acessado em: 26 abr. 2024.
- Brancalion, P. H. S.; Garcia, L. C.; Loyola, R.; Rodrigues, R. R.; Pillar, V. D.; Lewinsohn, T. M. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives. *Rev. Natureza & Conservação*, v. 14, supplement 1, abri. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1679007316300020>. Acessado em: 19 mar. 2024.
- Brasil. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 15 ago. 2025.
- _____. Decreto n. 11.367, de 1º de janeiro de 2023. Institui a Comissão Interministerial Permanente de Prevenção e Controle do Desmatamento, restabelece o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal - PPCDAm e dispõe sobre os Planos de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento no Cerrado, na Mata Atlântica, na Caatinga, no Pampa e no Pantanal. *Diário Oficial da União*, Brasília (DF),

02/01/2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11367.htm. Acessado em: 16 ago. 2024.

_____. Decreto n. 5.289, de 29 nov. 2004. Institui a Força Nacional de Segurança Pública e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 nov. 2004. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5289.htm. Acesso em: 15 ago. 2025.

_____. Edital IBAMA n. 1, de 29 de novembro de 2021. Concurso Público para o Provimento de Vagas nos Cargos de Analista Administrativo, Analista Ambiental e Técnico Ambiental. Diário Oficial da União, Brasília (DF), 30/11/2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/edital-n-1-de-29-de-novembro-de-2021-ibama-363376382>. Acessado em: 17 ago. 2024.

_____. Fundo Amazônia. Doações: Total de doações recebidas pelo Fundo Amazônia. Rio de Janeiro: BNDES, 2025. Disponível em: <https://www.fundoamazonia.gov.br/pt/transparencia/doacoes/>. Acesso em: 17 ago. 2025.

_____. Lei Complementar n. 140, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição e à preservação das florestas, da fauna e da flora. Brasília, DF: Subchefia para Assuntos Jurídicos da Casa Civil, 8 dez. 2011. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp140.htm. Acesso em: 15 ago. 2025.

_____. Lei n. 11.473, de 10 de maio de 2007. Dispõe sobre cooperação federativa no âmbito da segurança pública e revoga a Lei no 10.277, de 10 de setembro de 2001. Diário Oficial da União, Brasília (DF), 11/05/2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11473compilado.htm. Acessado em: 16 ago. 2024.

_____. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938/1981, nº 9.393/1996 e nº 11.428/2006; revoga as Leis nº 4.771/1965 e nº 7.754/1989 e a Medida Provisória nº 2.166-67/2001; e dá outras providências. Brasília, DF, 25 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm. Acesso em: 17 ago. 2025.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 set. 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938compilada.htm. Acesso em: 17 ago. 2025.

_____. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998a. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República – Casa Civil, 12 fev. 1998.

Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 15 ago. 2025.

_____. Tribunal de Contas da União. IBAMA - Atividade de Fiscalização Ambiental: Relatório de Auditoria de Desempenho. Relator: Ministro José Antônio Barreto de Macedo. Brasília: TCU, 1998b. (TC-930.133/98-6). Disponível em: <https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/download/1133/1188/2018>. Acessado em: 6 ago. 2025.

Canotilho, J. J. G.; Mendes, G. F.; Sarlet, I. W.; Streck, L. L. Comentários à Constituição do Brasil. 2 ed. São Paulo: Saraiva Jur, 2018.

Carneiro, A. F. A constitucionalidade do programa de cooperação federativa denominado de Força Nacional de Segurança Pública e sua eficiência no combate à criminalidade. Revista Jurídica da Presidência, Brasília, v. 13, n. 100, p. 5-25, 2011. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4062564>. Acesso em: 08 ago. 2025.

Carvalho, W. D.; Mustin, K.; Hilário, R. R.; Vasconcelos, I. M.; Eilers, V.; Fearnside, P. M. Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed. Rev. Perspectives in Ecology and Conservation, v. 17, n. 3, set. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2530064418301263>. Acessado em: 21 mar. 2024.

Chagas, A. T. A.; Costa, M. A.; Martins, A. P. V.; Resende, L. C.; Kalapothakis, E. Illegal hunting and fishing in Brazil: a study based on data provided by environmental military police. Natureza & Conservação, v. 13, n. 2, p. 185–189, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2015.11.002>. Acessado em: 6 ago. 2025.

Chaves, L. C. Polícia Militar Ambiental, trabalho e a proteção do meio ambiente: uma contribuição sociológica. Revista Interfaces Acadêmica, v. n. 1, 2011. Disponível em: <https://rop.emnuvens.com.br/rop/article/viewFile/31/31>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Cisneros, E.; Zhou, S. L.; Börner, J. Naming and Shaming for Conservation: Evidence from the Brazilian Amazon. PLOS ONE, v. 10, n. 9, 2015. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0136402>. Acesso em: 30 jul. 2025.

Coelho-Junior, M. G.; Valdiones, A. P.; Shimbo, J. Z.; Silgueiro, V.; Rosa, M.; Marques, C. D. L.; Oliveira, M.; Araújo, S.; Azevedo, T. Desmascarando a impunidade do desmatamento ilegal na Amazônia brasileira: um apelo à fiscalização e responsabilização. Versão traduzida do artigo original publicado em Environmental Research Letters, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5193>. Acessado em: 30 jul. 2025.

Colares, P. Re: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Batalhão de Polícia Militar de Meio Ambiente, Polícia Militar de Minas Gerais. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 6 jun. 2025. Em anexo.

Conde, F. M. Re: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Comando de Polícia Militar Ambiental, Polícia Militar de Santa Catarina. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 16 jun. 2025. Em anexo.

David, H. C.; MacFarlane, D. W. Controls on deforestation in the Brazilian Amazon: Explaining past success actions, new challenges and recommendations. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 52, n. 1, p. 1-12, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/8LGMX8z4wb9qMpvflkk3YC4n/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 8 ago. 2025.

Durans, C. S. Re: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Batalhão de Policiamento Ambiental do Estado do Acre. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 6 jun. 2025. Em anexo.

Exército Brasileiro. Quartéis por Estado. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2025. Disponível em: <http://www.eb.mil.br/web/guest/quarteis-por-estado>. Acesso em: 17 ago. 2025.

Fanzeres, A.; Feitosa, T.; Salinas, C. E. R. Cooperação interagências no combate aos crimes ambientais transnacionais na região amazônica. In: Plataforma CIPÓ. Na linha de frente: atores e estratégias no enfrentamento aos crimes ambientais na Amazônia. 1. ed. [S. l.]: Plataforma CIPÓ, 2024. p. 206-225. Disponível em: <https://plataformacipo.org/wp-content/uploads/2024/04/web-na-linha-de-frente-cipo-3.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2025.

Farias, T. Fiscalização e sanções ambientais na Lei Complementar 140/2011. Consultor Jurídico – Conjur, 2021. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2020-mai-30/ambiente-juridico-fiscalizacao-sancoes-ambientais-lei-complementar-1402011>.

Acessado em: 06 ago. 2025.

Farias, T. Q. de. Fiscalização é essencial para efetivação da política de meio ambiente. Consultor Jurídico, São Paulo, 06 maio 2023. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2023-mai-06/ambiente-juridico-consideracoes-fiscalizacao-ambiental>. Acesso em: 08 ago. 2025.

Farias, T.; Coutinho, F. S. N.; Melo, G. K. R. M. Direito Ambiental. 3 ed. Salvador: JusPodvm, 2015.

Fearnside, P. M. Brazil's environmental policies for the Amazon: Lessons from the last 20 years. *Environmental Science & Policy*, v. 12, n. 7, p. 825–831, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Philip-Fearnside/publication/268385602_Brazil%27s_environmental_policies_for_the_Amazon_Lessons_from_the_last_20_years/links/54e296d30cf2edaea093234d/Brazils-environmental-policies-for-the-Amazon-Lessons-from-the-last-20-years.pdf. Acessado em: 31 jul. 2025.

Fearnside, P. M. Deforestation control in Mato Grosso: a new model for slowing the loss of Brazil's Amazon forest. *Ambio*, v. 32, n. 5, p. 343-345, 2003b. Disponível em:

<https://repositorio.inpa.gov.br/items/122070d9-8ad4-4e2e-9a7a-95b872cef47a>.

Acessado em: 05 ago. 2025.

Fearnside, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. Rev. Conservation Biology, v. 19, n. 3, jun. 2005. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3591054>. Acessado em: 06 mar. 2024.

Fearnside, P. M. Desmatamento no sul do estado de Mato Grosso: um enfoque histórico e político. In: Aquino, M. A. et al. (org.). Amazônia e a Crise da Modernização. São Paulo: Studio Nobel; Brasília: UNB; Belém: MPEG, 2003a. p. 235–267.

Fearnside, P. M.; Silva, R. A. Surpresas climáticas: a Amazônia e as lições da enchente catastrófica no Rio Grande do Sul. Amazônia Real, jul. 2024. Disponível em: <https://amazoniareal.com.br/licoes-da-enchente-catastrofica-no-rio-grande-do-sul/>.

Acessado em: 31 jul. 2025.

Fernandes, G. W.; Roque, F. O.; Fernandes, S.; Grelle, C. E. V.; Ochoa-Quintero, J. M.; Toma, T. S. P.; Vilela, E. F.; Fearnside, P. M. Brazil's democracy and sustainable agendas: A nexus in urgent need of strengthening. Perspectives in Ecology and Conservation, v. 21, p. 197–199, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2023.06.001>. Acessado em: 31 jul. 2025.

Fiorillo, C. A. P. Curso de direito ambiental brasileiro. 21 ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2021.

Fiorin, P. S.; Ribas, L. M. Normas ambientais: competência, validade e direitos fundamentais. Revista Brasileira de Direito, v. 18, n. 3, p. 173–196, 2022. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistafadir/article/view/46846/32485>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Fonseca, I. F.; Santos, M. A. G. dos; Pereira, R. S.; Andrade, R. O. de. A desconstrução organizada da política florestal no Brasil: estratégias de desmantelamento e de resistência. Desmonte e Reconfiguração de Políticas Públicas (2016-2022), Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2023. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11945>. Acessado em: 5 ago. 2025.

Força Aérea Brasileira. Asas que protegem o país. Brasília, DF: Força Aérea Brasileira, 2025. Disponível em: <https://www.fab.mil.br>. Acesso em: 17 ago. 2025.

Francelino, J. Re: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Batalhão de Polícia Militar Ambiental, Polícia Militar de Alagoas. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 6 jun. 2025. Em anexo.

Franchini, M.; Mauad, A. C. E.; Viola, E. De Lula a Bolsonaro: una década de degradación de la gobernanza climática en Brasil. Papel Político, Bogotá, v. 25, n. 2, p. 81-108, 2020. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-47052020000200081. Acesso em: 8 ago. 2025.

Frantz, G. A. O policial militar e o agente de fiscalização ambiental. Brazilian Journal of Development, v. 9, n. 1, p. 11852–11860, jan. 2023. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/download/63876/46004/156205>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Freitas, F. L. M.; Sparovek, G.; Berndes, G.; Persson, U. M.; Englund, O.; Barreto, A.; Mörtberg, U. Potential increase of legal deforestation in Brazilian Amazon after Forest Act revision. *Nature Sustainability*, v. 1, p. 665–670, nov. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0171-4>. Acessado em: 30 jul. 2025.

Fundação Instituto de Administração (FIA-USP). Matriz RACI: o que é, benefícios e como utilizar. Blog FIA, Departamento de Administração da USP, 2020. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/matriz-raci-o-que-e-beneficios-e-como-utilizar/>. Acesso em: 17 ago. 2025.

Gatti, L. V.; Basso, L. S.; Miller, J. B.; Gloor, M.; Domingues, L. G.; Cassol, H. L. G.; Sanches, A. H.; Corrêa, S. M.; Anderson, L. O.; Aragão, L. E. O. C. Increased Amazon carbon emissions mainly from decline in law enforcement. *Nature Climate Change*, v. 13, p. 25–32, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06390-0>. Acessado em: 31 jul. 2025.

Gollnow, F.; Lakes, T. Policy change, land use, and agriculture: The case of soy production and cattle ranching in Brazil, 2001–2012. *Rev. Applied Geography*, v. 55, dez. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622814002045>. Acessado em: 22 mar. 2024.

Grossman, D. Trouble in the Amazon. *Nature*, Londres, v. 620, p. 712-718, 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/d41586-023-02518-2>. Acesso em: 8 ago. 2025.

Hammerschmidt, J.; Nassaro, M. R. F.; Bauer, L. C.; Almeida, E. A.; Barreto, E. H.; Molento, C. F. M. Training the Environmental Military Police in the State of São Paulo for science-based assessment of animal mistreatment. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10888705.2021.1998776>. Acessado em: 6 ago. 2025.

Hargrave, J.; Kis-Katos, K. Economic causes of deforestation in the Brazilian Amazon: a panel data analysis for the 2000s. *Environment and Development Economics*, v. 18, n. 5, p. 541–570, 2012. Disponível em: [Economic Causes of Deforestation in the Brazilian Amazon: A Panel Data Analysis for the 2000s | Environmental and Resource Economics](#). Acessado em: 31 jul. 2025.

Hecht, S.; Rajão, R. From “Green Hell” to “Amazonia Legal”: Land use models and the re-imagination of the rainforest as a new development frontier. *Land Use Policy*, v. 96, p. 103871, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.030>. Acessado em: 31 jul. 2025.

Instituo Homem Pantaneiro (IHP). PMA no Brasil: unidades de policiamento ambiental. Disponível em: <https://www.pmambientalbrasil.org.br/pmanobrasil.html>. Acesso em: 5 jun. 2025.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Observação da Terra: Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES). São José dos Campos, ago. 2024. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acessado em: 18 ago. 2024.

Kuschnig, N.; Vashold, L.; Soterroni, A. C.; Obersteiner, M. Eroding resilience of deforestation interventions—evidence from Brazil's lost decade. *Environmental Research Letters*, Bristol, v. 18, n. 4, p. 1-12, 2023. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/acdfc7>. Acesso em: 08 ago. 2025.

Lambin, E. F.; Meyfroidt, P.; Rueda, X.; Blackman, A.; Börner, J.; Cerutti, P. O.; Dietsch, T.; Jungmann, L.; Lamarque, P.; Lister, J.; Walker, N. F.; Wunder, S. Effectiveness and synergies of policy instruments for land use governance in tropical regions. *Rev. Global Environmental Change*, v. 28, set. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378014001125>. Acessado em: 13 mar. 2024.

Lazzarini, Á. A proteção do meio ambiente pela Polícia Militar. Exegese do artigo 195, parágrafo único, da Constituição do Estado de São Paulo e legislação sobre proteção ao meio ambiente, no tocante à competência dos órgãos policiais. Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas. 2009. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/176037/000472170.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Lega, M.; Ferrara, C.; Persechino, G.; Bishop, P. Remote sensing in environmental police investigations: aerial platforms and an innovative application of thermography to detect several illegal activities. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 186, p. 8291–8301, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-014-4003-3>. Acessado em: 6 ago. 2025.

Lima, M. R. O. Re: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Assistência do Comando-Geral, Polícia Militar de Pernambuco. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 26 jun. 2025. Em anexo.

Lima, R. Y. M.; Azevedo-Ramos, C. Environmental management assessment in state forest concessions in the Brazilian Amazon. *Environmental Science and Policy*, v. 148, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.07.007>. Acessado em: 30 jul. 2025.

Machado, P. A. L. *Direito Ambiental Brasileiro*. 21. ed. São Paulo: Malheiros, 2013.

Maestri, G.; Plentel, O.; Diel, R. D. A.; Bernardes, T. D.; Goulart, V.; Em, P. R. A legitimidade da atividade da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina diante das infrações administrativas ambientais. *Revista da Universidade do Sul de Santa Catarina*, Tubarão, 2018. Disponível em: <https://www.riuni.unisul.br/handle/12345/8796>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Magalhães, A. C. S. ENC: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Polícia Militar da Bahia. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 16 jun. 2025. Em anexo.

Marcovitch, J.; Pinsky, V. C. Um retrato da Amazônia planetária. Revista de Estudios Brasileños, Salamanca, v. 6, n. 11, p. 169-183, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Vanessa-Pinsky-2/publication/330643107_Un_retrato_de_la_Amazonia_planetaria/links/5c519dad299bf12be3ee76d9/Un-retrato-de-la-Amazonia-planetaria.pdf. Acesso em: 8 ago. 2025.

Margulis, S. Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira. Brasília: Banco Mundial, 2003. Trabalho em andamento para discussão pública. Disponível em: <https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/10D00567.pdf>. Acessado em: 30 jul. 2025.

Marinha do Brasil. Organizações Militares. Brasília, DF: Marinha do Brasil, 2025. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/om>. Acesso em: 17 ago. 2025.

Marinho, N. RE: Resposta a solicitação efetivo BPAMB. Comando de Policiamento Ambiental, Polícia Militar do Amazonas. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 17 jun. 2025. Em anexo.

Martins, J. E. Re: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Batalhão de Polícia Militar de Proteção Ambiental, Polícia Militar de Mato Grosso. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 9 jun. 2025. Em anexo.

Massé, F. Police power in green: Furthering political ecologies of the state. Political Geography, v. 97, 102627, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2022.102627>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Massoca, P. E. dos S.; Brondizio, E. S. National policies encounter municipal realities: A critical analysis of the outcomes of the List of Priority Municipalities in curbing deforestation in the Brazilian Amazon. World Development, v. 158, p. 1–14, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.106004>. Acessado em: 6 ago. 2025.

Matthews, B. What Is a RACI Matrix? Definition, Examples, Uses. Project-Management.com, 19 abr. 2024. Atualizado em: 9 dez. 2024. Disponível em: <https://project-management.com/understanding-responsibility-assignment-matrix-raci-matrix/>. Acesso em: 17 ago. 2025.

Medeiros, R. A. L. de. Participação e produtividade na composição do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA): entre a falácia e a efetividade na produção de atos normativos. In: Leuzinger, M. D.; Souza, L. R. de; Cirne, M. B. (org.). 10 anos do Código Florestal Brasileiro: Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília: Ministério Público do Estado de Mato Grosso, 2022. p. 303–326. Disponível em: [https://mpmt.mp.br/site/storage/webdisco/arquivos/E-BOOK%20Co%CC%81digo%20Florestal%20Brasileiro%20\(1\)_221018_142534.pdf](https://mpmt.mp.br/site/storage/webdisco/arquivos/E-BOOK%20Co%CC%81digo%20Florestal%20Brasileiro%20(1)_221018_142534.pdf). Acesso em: 06 ago. 2025.

Meira Junior, D. M. RE: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. 2º Batalhão de Polícia Militar Ambiental, Polícia Militar Ambiental de Mato Grosso do Sul. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 9 jun. 2025. Em anexo.

Meirelles, H. L. O poder de polícia, o desenvolvimento e a segurança nacional. Revista de Direito Administrativo, Rio de Janeiro, v. 255, p. 107-122, 1976. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rda/article/view/41826>. Acesso em: 8 ago. 2025.

Mello, N. G. R.; Artaxo, P. Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. Rev. Do Instituto de Estudos Brasileiro, n. 66, abr. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rieb/a/msDPhRYtxfFyh4tvnp5SYrG/?lang=pt>. Acessado em: 26 abr. 2024.

Mendes, L. MP recomenda dobrar efetivo de policiamento ambiental no Pará. CNN Brasil, Brasília, 24 set. 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/politica/mp-recomenda-dobrar-efetivo-de-policia-ambiental-no-pará/>. Acesso em: 5 jun. 2025.

Menezes, G. C. de; Pontes, M. A.; Fontgalland, I. L. A defesa de ecossistemas silvestres na Paraíba: a resposta do batalhão ambiental. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, v. 5, n. 4, p. 4145–4158, out./dez. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n4-057>. Acesso em: 06 ago. 2025.

Monteiro, L. N. Efetivo do BPA – Rondônia. Batalhão de Polícia Ambiental de Rondônia, Polícia Militar de Rondônia. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 16 jun. 2025. Em anexo.

Moura, A. M. M. Trajetória da política ambiental federal no Brasil. In: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Org.). Política ambiental federal no Brasil: uma análise a partir da institucionalização da governança ambiental. Brasília: Ipea, 2014. p. 19-48. Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/160719_governanca_ambiental_cap01.pdf. Acessado em: 6 ago. 2025.

Moutinho, P.; Guerra, R.; Azevedo-Ramos, C. Achieving zero deforestation in the Brazilian Amazon: What is missing? Elementa: Science of the Anthropocene, v. 4, p. 000125, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.12952/journal.elementa.000125>. Acessado em: 30 jul. 2025.

Müller, E. S.; Mattiazzo, M. F.; Cassol, A. S.; Fortes, V. B. Crimes contra animais silvestres no Oeste Catarinense: uma análise a partir de autuações e apreensões realizadas pela Polícia Militar Ambiental de Chapecó. Acta Ambiental Catarinense, Chapecó, v. 19, p. 76–93, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.24021/raac.v19i1.6108>. Acessado em: 31 jul. 2025.

Nepstad, D.; Soares-Filho, B. S.; Merry, F.; Lima, A.; Moutinho, P.; Carter, J. et al. The end of deforestation in the Brazilian Amazon. Science, v. 342, p. 1118–1119, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1182108>. Acessado em: 31 jul. 2025.

Neves, K. Batalhão Ambiental da Polícia Militar celebra 27 anos com capacitação e exposição de equipamentos. Agência de Notícias do Amapá, Macapá, 8 maio 2024. Disponível em: <https://www.agenciaamapa.com.br/noticia/22747/batalhao-ambiental-da-policia-militar-celebra-27-anos-com-capacitacao-e-exposicao-de-equipamentos>. Acesso em: 5 jun. 2025.

Nunes, F. S. M.; Rajão, R.; Soares-Filho, B.; Börner, J. Lessons from the historical dynamics of environmental law enforcement in the Brazilian Amazon. *Scientific Reports*, London, v. 14, n. 9172, p. 1–10, 2024. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-52180-7>. Acessado em: 30 jul. 2025.

Oliveira, E. F. C. de; Ferreira da Silva, J. A.; Silva Júnior, J. F. da; Lopes, J. P. Geocollaboration in environmental inspection activities in the Environmental Military Police of Rio de Janeiro State – Brazil. *Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego*, v. 13, n. 2, p. 263–280, 2019. Disponível em: <https://doaj.org/article/b1dc683bd2ab452d946824129e966dd7>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Paula, A. Re: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Seção de Recursos Humanos, Batalhão de Polícia Militar Ambiental, Polícia Militar do Espírito Santo. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 23 jun. 2025. Em anexo.

Pereira, A. A.; Lima, D. F. C. Atuação da Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina em Desastres Naturais. *International Journal of Environmental Resilience Research and Science (IJERRS)*, v. 5, n. 2, 2023. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/376705695>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Pereira, A. L. A fiscalização da Polícia Militar Ambiental na região do Vale do Jamari no ano de 2017: uma pesquisa bibliográfica qualitativa. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscador.html?task=detalhes&source=all&id=W2981444172>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Pereira, S. A.; Henkes, J. A. Parecer técnico na Polícia Militar Ambiental/SC: comprovação da materialidade dos crimes ambientais. *Revista de Gestão Sustentável Ambiental*, v. 1, n. 2, p. 147–179, 2012/mar.2013. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/download/1207/1001. Acessado em: 06 ago. 2025.

Polícia Militar do Estado de São Paulo. Policiamento Ambiental: quem somos. São Paulo: Polícia Militar do Estado de São Paulo, 2025. Disponível em: <https://www.policiamilitar.sp.gov.br/unidades/ambiental/quemsomos.html>. Acesso em: 13 jun. 2025.

Polícia Militar do Paraná. Batalhão de Polícia Ambiental: Força Verde. Curitiba: Polícia Militar do Paraná, 2025. Disponível em: <https://www.pmpm.pr.gov.br/BPAmb>. Acesso em: 13 jun. 2025.

Prudêncio, F. G.; Vieira, T. A. A Polícia Militar e a construção do campo científico das Ciências Policiais no Brasil. Revista Brasileira de Ciências Policiais, v. 12, n. 1, p. 9-33, 2021. Disponível em: <https://periodicos.pf.gov.br/index.php/RBCP>. Acessado em: 6 ago. 2025.

Queiroz, A. Re: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Batalhão de Polícia Militar Ambiental — P/1, Polícia Militar de Goiás. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 6 jun. 2025. Em anexo.

Reydon, B.; Siqueira, G. P.; Passos, D. S.; Honer, S. Unclear Land Rights and Deforestation: Pieces of Evidence from Brazilian Reality. Land, Basel, v. 12, n. 1, p. 89, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-445X/12/1/89>. Acesso em: 8 ago. 2025.

Rio Grande do Norte. Decreto nº 31.012, de 22 de outubro de 2021. Dispõe sobre a criação do Batalhão de Policiamento Ambiental (BPAmb) na estrutura organizacional básica da Polícia Militar do Rio Grande do Norte (PMRN), aprova os respectivos organograma e quadro de organização, e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Norte, Natal, n. 15.042, p. 4, 23 out. 2021. Em anexo.

Rocha, M. S. Números de Policiais Militares lotados no Batalhão de Polícia Militar Ambiental do Estado do Tocantins. Batalhão de Polícia Militar Ambiental, Polícia Militar do Tocantins. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 23 jun. 2025. Em anexo.

Rochedo, P. R. R.; Soares-Filho, B.; Schaeffer, R.; Viola, E.; Szklo, A.; Lucena, A. F. P.; Koberle, A.; Davis, J. L.; Rajão, R.; Rathmann, R. The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. Rev. Nature Climate Change, v. 8, mai. 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-018-0213-y>. Acessado em: 20 mar. 2024.

Runde, D. F. Security challenges in the Amazon Basin. Washington, D.C.: Center for Strategic and International Studies (CSIS), 2020. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/resrep27030.6.pdf>. Acessado em: 6 ago. 2025.

Runde, D. F.; Bandura, R.; McKeown, S. Security challenges in the Amazon Basin. In: Sustainable infrastructure in the Amazon: connecting environmental protection with governance, security, and economic development. Center for Strategic and International Studies (CSIS), 2020. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/resrep27030.6>. Acesso em: 08 ago. 2025.

Sant'Anna, A. A.; Costa, L. Environmental regulation and bail outs under weak state capacity: Deforestation in the Brazilian Amazon. Ecological Economics, v. 186, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107071>. Acessado em: 31 jul. 2025.

Santana, P. C.; Leuzinger, M. D. A atuação das Forças Armadas, do Ministério Público e da Polícia Militar na proteção ambiental no Brasil. Cadernos de Direito Actual, v. 1, n. 21, 2023. Disponível em:

<https://www.cadernosdedereitoactual.es/index.php/cadernos/article/view/529>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Santos, E. D. S. Re: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Companhia Independente de Polícia Ambiental, Polícia Militar de Sergipe. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 10 jun. 2025a. Em anexo.

Santos, R. G. RE: Efetivo do Batalhão de Polícia Militar Ambiental. Comando Ambiental da Brigada Militar, Brigada Militar do Rio Grande do Sul. Mensagem recebida por Juliano dos Santos Cardoso julianonavirai@hotmail.com, em 16 jun. 2025b. Em anexo.

Sarlet, I. W.; Fensterseifer, T. Curso de Direito Ambiental. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2021.

Schrage, M. How the Big Data Explosion Has Changed Decision Making. Harvard Business Review, 25 ago. 2016. Disponível em: https://hbr.org/2016/08/how-the-big-data-explosion-has-changed-decision-making?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 17 ago. 2025.

Sedassari, M. H. A atuação da Polícia Militar e a preservação do meio ambiente. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar, v. 4, n. 6, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i6.3374>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Silva Júnior, A. R.; Moraes, A. C. P. Desafios da Polícia Militar Ambiental do estado do Pará em exercer o poder de polícia administrativa do Meio Ambiente. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 9, n. 11, p. 42-50, 2021. Disponível em: <https://www.revistabrasileirademedioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/652/280>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Silva, B. E. B. da; Azevedo-Ramos, C.; Farias, H. A. B. The impact of decentralization policies: the environmental performance applied to municipalities of the Amazon. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 51, ago. 2019. DOI: 10.5380/dma.v51i0.61705. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/download/61705/39380>. Acessado em: 30 jul. 2025.

Silva, M. A. P. Memorando nº 223/2025/PM-PI/CG/DGO/CPA — Efetivo geral do Comando de Policiamento Ambiental (CPA). Polícia Militar do Piauí, Comando de Policiamento Ambiental. Teresina, 20 jun. 2025. SEI nº 018785226. Em anexo.

Siqueira, L. N. Competência administrativa em matéria ambiental: necessidade de regulamentação do art. 23 da Constituição da República. Direito Público: Revista Jurídica da Advocacia-Geral do Estado de Minas Gerais, n. 12, p. 63–77, 2006.

Sirvinskas, L. P. Manual de direito ambiental 16 ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

Soares-Filho, B. S. Cenários de desmatamento na Amazônia. Estudos Avançados, v. 19, n. 54, p. 137-152, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/mrk9YK7N3kLBrz9HjMD4cHx/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: 5 ago. 2025.

Soares-Filho, B. S.; Nepstad, D.; Curran, L.; Cerqueira, G.; Garcia, R. A.; Ramos, C. A. Cenários de desmatamento para a Amazônia. Estudos Avançados, São Paulo, v. 19, n. 54, p. 137-152, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/mrk9YK7N3kLBrz9HjMD4cHx/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: 30 jul. 2025.

Sothe, C.; Goetten, L. C. Infrações Ambientais Constatadas Pela Polícia Ambiental no Litoral Centro-Norte de Santa Catarina. Floresta e Ambiente, v. 24, e20150175, 2017. Disponível em: <https://www.floram.org/journal/floram/article/doi/10.1590/2179-8087.017515>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Sousa, A. C. S.; Silva, R. B. Potencializar o poder de fiscalização ambiental do Estado de Rondônia: alteração do Decreto 16.399/11 para incumbir à Polícia Militar a competência para lavrar as medidas administrativas ambientais delegadas pela SEDAM. Escola da Magistratura do Estado de Rondônia, 2021. Disponível em: <https://emeron.edu.br>. Acessado em: 06 ago. 2025.

Souza, M. T.; Silva, M. D.; Carvalho, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. Rev. Einstein, v. 8, p. 102-106, 2010. Disponível em: https://journal.einstein.br/wp-content/uploads/articles_xml/1679-4508-eins-S1679-4508201000100102/1679-4508-eins-S1679-4508201000100102-pt.pdf. Acessado em: 18 ago. 2024.

Superior Tribunal de Justiça (STJ). REsp: 1109333 SC 2008/0278940-2, Relator.: Ministro Francisco Falcão, Data de Julgamento: 14/04/2009, T1 - Primeira Turma, Data de Publicação: 20090423, DJe 23/04/2009. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/stj/4105405/inteiro-teor-12214871>. Acesso em: 17 ago. 2025.

Tacconi, L.; Rodrigues, R. J.; Maryudi, A. Law enforcement and deforestation: Lessons for Indonesia from Brazil. Forest Policy and Economics, [s. l.], v. 108, p. 101943, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934118304623>. Acesso em: 8 ago. 2025.

TerraBrasilis, Plataforma geográfica do INPE. Taxas de desmatamento na Amazônia Legal, 2025. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates. Acesso em: 17 ago. 2025.

Toni, A.; Chaves, C. F. Bolsonaro's far-right populist environmental and climate diplomacy. Latin American Policy, v. 13, n. 2, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/lamp.12268>. Acessado em: 31 jul. 2025.

Trancoso, R. Changing Amazon deforestation patterns: urgent need to restore command and control policies and market interventions. Rev. Environmental Research Letters, v. 16, n. 4, abr. 2021. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abee4c>. Acessado em: 07 mai. 2024.

Valdiones, A. P.; Almeida, C. A. B.; Silva, V. M. S.; Lima, R. R. C. Desmatamento ilegal na Amazônia Legal: uma análise a partir do Matopiba. Brasília: Imazon; IPAM; Instituto

Cerrados, 2021. Disponível em: <https://ipam.org.br/bibliotecas/desmatamento-ilegal-na-amazonia-legal-uma-analise-a-partir-do-matopiba/>. Acessado em: 5 ago. 2025.

West, T. A. P.; Fearnside, P. M. Brazil's conservation reform and the reduction of deforestation in Amazonia. Rev. Landy Use Policy, v. 100, jan. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719308361>. Acessado em: 18 abr. 2024.

Xavier, H. S.; Tonin, P. O desmonte da Amazônia. In: I Prêmio Orçamento, Garantia de Direitos e Combate às Desigualdades. Orçamento público, democracia e garantia de direitos. 2021. Disponível em: https://henriquexavier.net/docs/o_desmonte_da_amazonia.pdf. Acessado em: 31 jul. 2025.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE

A presente tese evidenciou que o desmatamento na Amazônia Legal não resulta apenas de pressões econômicas imediatas, mas da interação complexa entre expansão agropecuária, fragilidade institucional e falhas de governança ambiental. A análise desenvolvida ao longo dos três artigos demonstrou que, embora o Brasil disponha de arcabouço jurídico e instrumentos consolidados de comando e controle, sua efetividade depende da capacidade de fiscalização contínua e da integração entre os diferentes níveis federativos.

A revisão sistemática mostrou que a pecuária e a produção de soja permanecem como vetores centrais da supressão florestal, potencializados por falhas na aplicação da lei e por incentivos de mercado. No entanto, também revelou que mecanismos institucionais, como o PPCDAm e as moratórias da soja e da carne, podem induzir transformações positivas quando articulados a compromissos sociais e econômicos mais amplos.

A investigação econométrica reforçou esse diagnóstico ao demonstrar que a retração institucional ocorrida entre 2019 e 2022 coincidiu com a elevação das taxas de desmatamento. A desarticulação das políticas públicas e a redução do poder de fiscalização comprometeram a eficácia das normas ambientais, revelando a vulnerabilidade do sistema quando há enfraquecimento da coordenação estatal.

Por fim, a análise institucional e jurídico-política confirmou que o enfrentamento do desmatamento exige recomposição das capacidades federais e estaduais. A proposta de criação da Força Nacional Ambiental (FNA) surgiu como alternativa para ampliar a presença estatal, recompor poder de polícia ambiental e integrar de forma coordenada as estruturas de fiscalização.

Assim, pode-se afirmar que a superação do desmatamento ilegal não depende apenas de medidas pontuais, mas de uma estratégia duradoura, sustentada em três eixos fundamentais: (i) recomposição institucional, com fortalecimento das agências ambientais; (ii) cooperação federativa, baseada na complementaridade de competências e recursos; e (iii) integração entre comando e controle e instrumentos econômicos, de modo a alinhar desenvolvimento produtivo e conservação.

A proteção da Amazônia Legal, portanto, ultrapassa os limites de uma pauta ambiental. Trata-se de um desafio de Estado, que envolve soberania nacional, estabilidade climática e credibilidade internacional. O futuro do bioma dependerá da capacidade de transformar a fiscalização em política de longo prazo, capaz de equilibrar interesses econômicos e ambientais, assegurando que o desenvolvimento do país não seja construído à custa da destruição de seu maior patrimônio natural.

Em termos prospectivos, parece razoável admitir que, sem um esforço cooperativo consistente, permanecem elevados os riscos de perda de governança territorial, de exposição climática e de desgaste reputacional. Com integração, financiamento e operação rotineira, aumentam as chances de estabilização dos indicadores e de alinhamento do uso da terra a padrões regulatórios exigentes. O horizonte de 2030 convida a um pacto pragmático: consolidar arranjos que já demonstraram potencial e aperfeiçoá-los com avaliação contínua.

Por fim, a tese contribui para o avanço do conhecimento científico e para o aprimoramento das políticas públicas voltadas à proteção da floresta amazônica e ao desenvolvimento sustentável do agronegócio brasileiro. Os achados aqui consolidados poderão servir de base para futuras pesquisas, formulações legislativas e decisões estratégicas que visem conciliar a produção agropecuária com a preservação ambiental e o cumprimento dos compromissos climáticos assumidos pelo Brasil.

ANEXOS

**Anexo 1. GOVERNANÇA AMBIENTAL, AGRONEGÓCIO E
DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA
LITERATURA**

1. FIGURAS COMPLEMENTARES DA ANÁLISE ALTIMÉTRICA

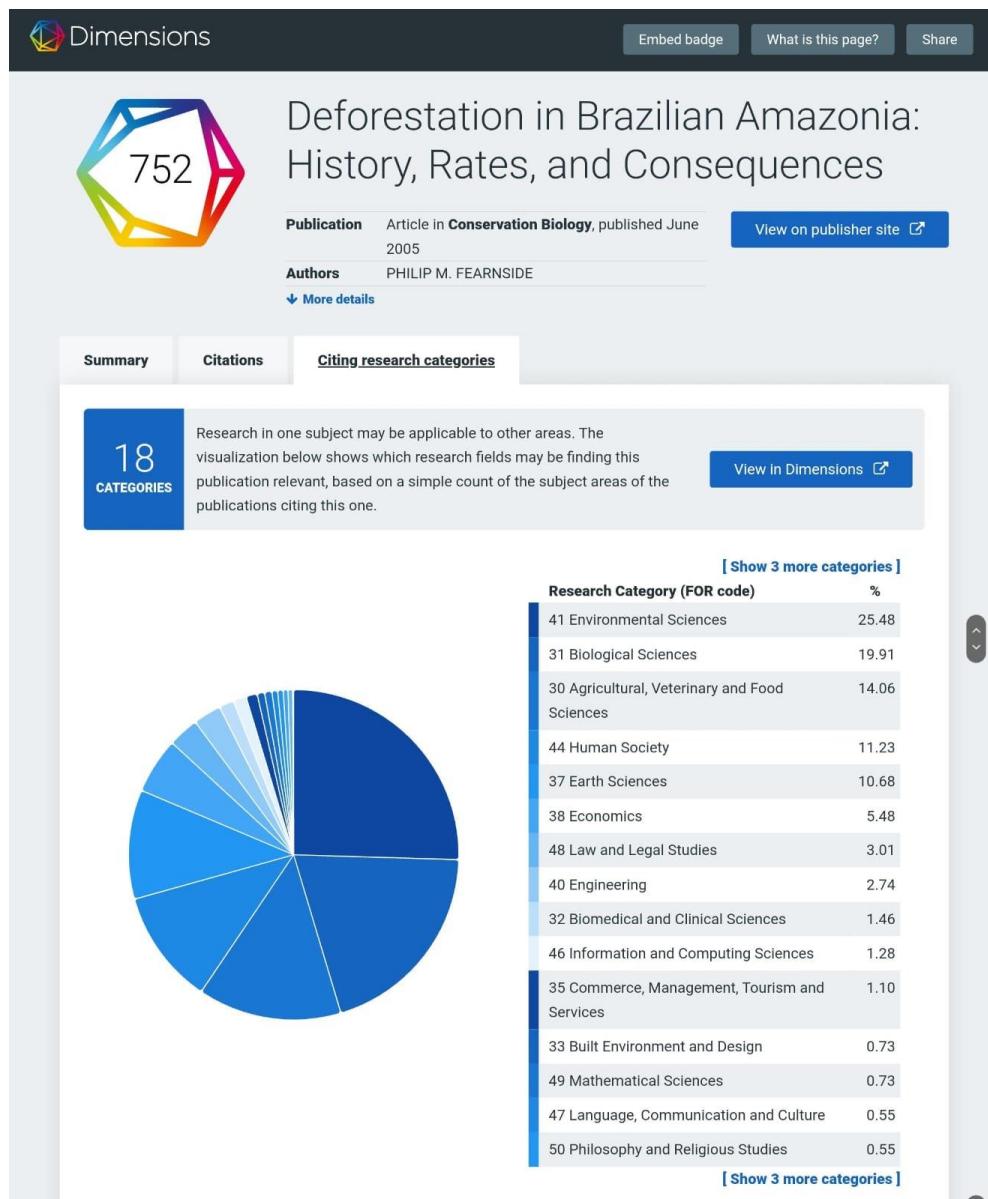


Figura 1. Alcance do artigo *Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences*, de acordo com a plataforma *Dimensions*.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados da plataforma *Dimensions* (2024).

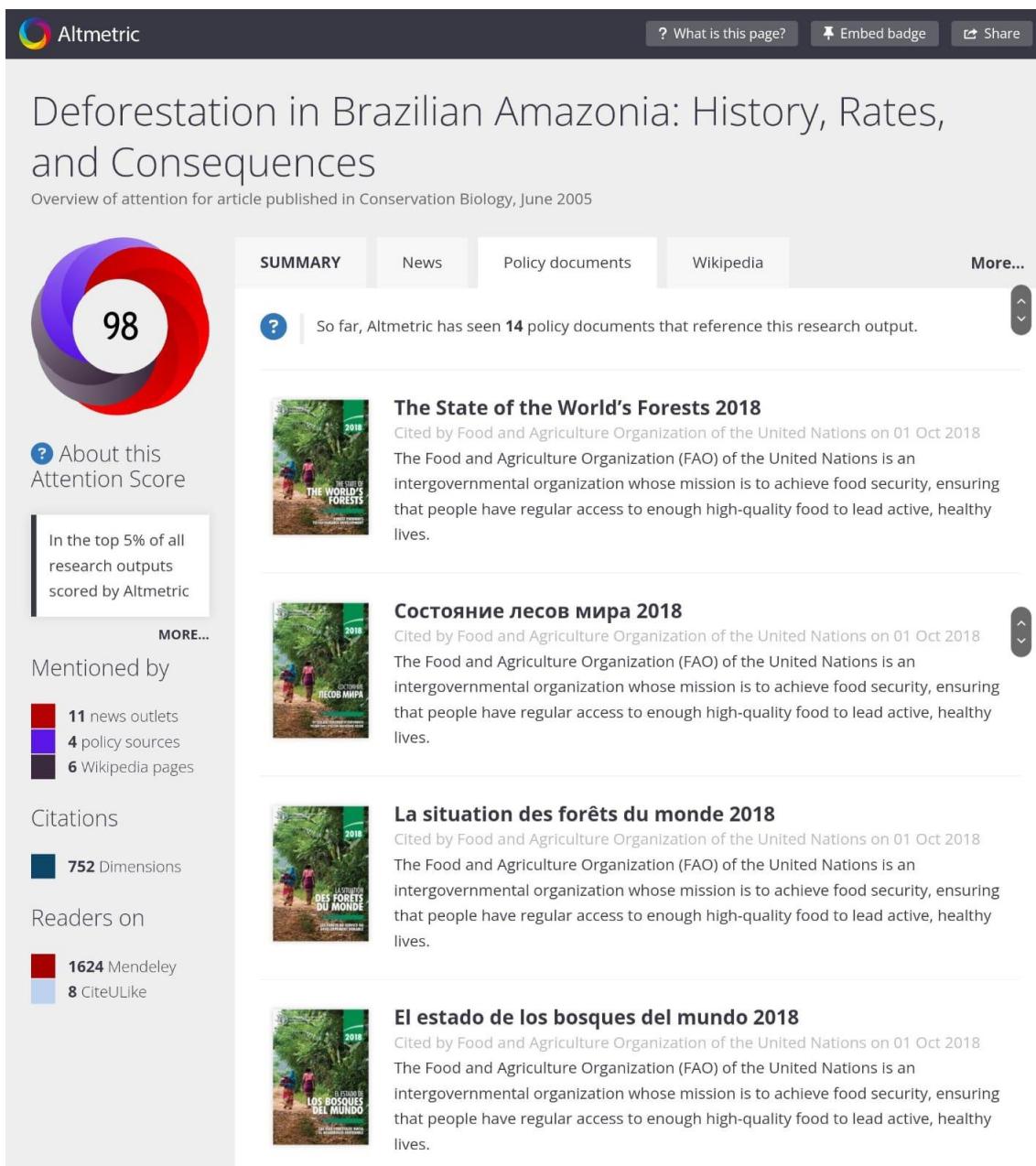


Figura 2. Nível de atenção *on-line* recebido pelo artigo Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences, conforme plataforma *Dimensions*.

Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados da plataforma *Dimensions* (2024).

2. PROTOCOLO DE REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

A revisão sistemática (RS) consiste na busca, identificação e interpretação de publicações relevantes relacionadas a um determinado tópico de pesquisa. Esse método possibilita uma busca abrangente sobre o tema (Kitchenham, 2004).

O desenvolvimento da RS é definido por fases predeterminadas. O primeiro é o planejamento, por meio da criação de um protocolo bem estruturado. Em seguida, a pesquisa é conduzida na forma do protocolo, com o estabelecimento e aplicação de procedimentos de aceitação e rejeição dos trabalhos capturados nas buscas. Por fim, são realizadas a análise e a apresentação dos resultados (Kitchenham, 2007).

Para facilitar esse processo, o Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LAPES), do Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), desenvolveu a ferramenta StArt (*State of the Art through Systematic Review*) (LABORATÓRIO DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE SOFTWARE, 2013).

Desse modo, a pesquisa proposta será realizada com o *StArt*. Para tanto, o trabalho será dividido em quatro etapas: 1) a definição da pergunta; 2) a busca da evidência, com a delimitação de termos ou palavras-chaves, seguidas das estratégias de busca e definição das bases de dados; 3) a revisão e seleção dos estudos, com a avaliação dos títulos e dos resumos (*abstracts*), obedecendo rigorosamente aos critérios de inclusão exclusão definidos no protocolo de pesquisa; e, por fim, 4) a análise da qualidade metodológica dos estudos (Sampaio; Mancini, 2007).

2.1 Objetivo

Este Protocolo de Revisão Sistemática (PRS) da literatura apresenta a estrutura metodológica para a execução da etapa de revisão da literatura sobre como o direito de propriedade e sua imprecisão podem influenciar no uso da terra, bem como nas taxas e localização do desmatamento no Brasil.

2.2 Estratégia de Busca

2.2.1. Pergunta de Pesquisa

a) Questão Principal

As ações institucionais podem influenciar as taxas e localização do desmatamento provocado pelo setor agropecuário na Amazônia Brasileira?

A pergunta de pesquisa desta RS é derivada da definição dos elementos apresentados no Quadro 1:

Critérios	Descrição
População	Produções científicas sobre a atuação das instituições de comando e controle, no caso as de fiscalização ambiental, e o desmatamento na Amazônia Brasileira.
Intervenção	Leitura e separação de trabalhos que tratem da fiscalização ambiental e o desmatamento na Amazônia Brasileira.
Controle	Artigos que versem especificamente sobre a atuação das instituições e o desmatamento no Brasil.
Resultado	Como a atuação das instituições afeta a localização e as taxas de desmatamento no Brasil.
Contexto de Aplicação	Instituições de comando e controle e o desmatamento no Brasil.

Quadro 1: Descrição dos Critérios da Pesquisa.

O quadro 2 apresenta as perguntas de pesquisa desta RS:

Pergunta	Descrição da Pergunta
P1	A atuação das instituições de comando e controle, precisamente as de fiscalização ambiental, pode influenciar o desmatamento na Amazônia Brasileira?
P2	A deficiência na fiscalização ambiental pode estar relacionada com a localização e concentração do desmatamento no Brasil?
P3	A ausência de fiscalização ambiental pode estar dificultando o <i>compliance</i> das normas ambientais nas propriedades rurais brasileiras?
P4	Qual a metodologia utilizada no estudo?

Quadro 2: Perguntas de Pesquisa

2.2.2 Base de Dados

a) Métodos de Pesquisa de Fontes

As fontes deverão estar disponíveis via web, preferencialmente em bases de dados científicas da área. Além das bases tradicionais, algumas bases serão incluídas de acordo com os resultados encontrados no controle.

Poderão ser selecionados também, trabalhos disponíveis em outros meios, desde que atendam aos requisitos da RS.

Este processo será realizado por meio de buscas formadas por palavras-chave. Os trabalhos serão encontrados a partir de pesquisas realizadas em portais de busca de artigos, teses, dissertações e periódicos.

Durante o procedimento de recuperação das informações serão consideradas as *strings* encontradas preferencialmente em Títulos, Resumos e Palavras-chave de cada base de dados.

Após a realização dos resumos, e verificando-se a relevância do trabalho, ele será selecionado para leitura em sua totalidade. Em seguida, serão aceitos ou rejeitados.

Haverá critérios de (I) Inclusão e (E) Exclusão para cada trabalho analisado.

b) Base a Ser Pesquisada

A pesquisa será realizada nas bases de dados do Scopus (<https://www.scopus.com/>), Web of Science (<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>), Scielo (<https://scielo.org/pt/>), Nature (<https://www.nature.com/>), e Science (<https://www.science.org/>). Escolheu-se essas bases porque as referidas plataformas hospedam as principais revistas científicas sobre o tema estudado.

2.2.3 Termos de Busca

Termos	Sinônimos	Tradução
Analysis		Análise
Brazil		Brasil
Deforestation		Desmatamento
Environmental policies	Environmental inspection Environmental oversight	Fiscalização Ambiental
Institutions		
Monitoring		Monitoramento

Quadro 3: Termos de Busca.

a) Idiomas

Artigos em inglês e português.

b) *Strings de Busca*

String genérica de busca (Quadro 4):

(“Environmental policies” OR “Environmental inspection” OR Monitoring) AND Deforestation AND (Methodology OR Analysis) AND (Brazil OR Amazon OR Rainforest)

Quadro 4: *String* Genérica de Busca

Os *Strings* de busca foram adaptados para a Base de Dados pesquisada a fim de otimizar os resultados (Quadro 5):

Base de dados	String Adaptada/Utilizada
<i>Scopus</i>	"environmental policies" AND deforestation AND analysis AND Brazil; "environmental monitoring" AND deforestation AND analysis AND Brazil; e institutions AND deforestation AND analysis AND Brazil.
<i>Web of Science</i>	"environmental policies" AND deforestation AND analysis AND Brazil; "environmental monitoring" AND deforestation AND analysis AND Brazil; e institutions AND deforestation AND analysis AND Brazil.
<i>Scielo</i>	institutions AND deforestation AND Brazil; e monitoring AND deforestation AND Brazil.

Quadro 4: Termos de Busca

2.2.4 Critérios de Inclusão

Os Critérios de Inclusão dos estudos recuperados são apresentados no quadro 6:

Critério	Descrição do Critério de Inclusão
CI1	Serão incluídos trabalhos que tratem especificamente de ações institucionais, no caso, a fiscalização ambiental (monitoramento e sancionamento), e sua relação com o desmatamento e/ou o cumprimento das normas ambientais na Amazônia Brasileira.
CI2	Serão incluídos trabalhos publicados e disponíveis integralmente nas bases científicas buscadas.
CI3	Serão incluídos trabalhos que possuam relevância em sua área, a ser definido pela sua quantidade de citações e/ou referências.

Quadro 6: Critérios de Inclusão

2.2.5 Critérios de Exclusão

Os Critérios de Exclusão dos estudos recuperados são apresentados no quadro 7:

Critério	Descrição do Critério de Exclusão
CE1	Serão excluídos trabalhos que não tratem especificamente de fiscalização ambiental.
CE2	Serão excluídos os trabalhos que não relacionem a fiscalização ambiental (monitoramento ou sancionamento) com o desmatamento na Amazônia Brasileira.
CE3	Serão excluídos trabalhos que não tratem do desmatamento e/ou uso da terra no Brasil.
CE3	Serão excluídos trabalhos que não apresentem resumo/abstract.
CE4	Serão excluídos trabalhos que não apresentem, explicitamente, a metodologia utilizada no estudo.
CE5	Serão excluídos os trabalhos publicados antes de 2004.
CE6	Serão excluídos trabalhos que não estejam publicados no idioma português ou inglês.

Quadro 7: Critérios de Exclusão

2.2.6 Definição de tipos de estudos

Este estudo define os tipos de estudos primários que serão selecionados durante a execução da revisão sistemática: quantitativa ou qualitativa; observação; estudos de viabilidade ou caracterização.

Com base nas palavras-chave, *strings* de busca serão construídas e submetidas nas principais bases. Os artigos encontrados serão listados, terão seus títulos, resumos e palavras chaves lidos para verificação de adequação aos critérios de inclusão e exclusão. Caso atenda aos quesitos do protocolo, o mesmo será selecionado.

2.2.7 Critérios de Qualidade

Os Critérios de Qualidade dos estudos recuperados são apresentados no quadro 8:

Critério	Descrição do Critério de Qualidade
CQ1	O artigo foi escrito com coerência e coesão textual?
CQ2	O estudo tem por escopo a fiscalização ambiental (monitoramento ou sancionamento)?
CQ3	As correlações entre fiscalização ambiental e uso da terra e/ou desmatamento foram explicitamente citadas?

Quadro 8: Critérios de Qualidade.

2.2.8 Campos do Formulário de Qualidade

Campo	Lista para escolha
Coerência do texto.	Sim, Não
Coesão textual.	Sim, Não
Forma objetiva de correlacionar fiscalização ambiental com uso da terra e/ou desmatamento.	Sim, Não
O objeto de estudo foi o território brasileiro?	Sim, Não
Apresenta explicitamente a metodologia utilizado no estudo	Sim, Não

Quadro 8: Campos de critérios de qualidade.

2.2.9 Processo de Seleção das Publicações

Cumpre destacar que os procedimentos adotados, na fase de seleção, serão baseados nas recomendações de Sales (2020). Desse modo, em primeiro lugar, as *Strings* de busca adaptadas serão executadas em cada uma das bases de dados. A partir da lista de estudos retornados, serão exportados os resultados em formato *BIBtex*, para importação na ferramenta auxiliar, no caso o *StArt*.

Em seguida, a etapa de seleção será realizada da seguinte forma:

- 1) será executada a análise de cada título de cada um dos estudos, descartando aqueles que claramente não estejam relacionados à estratégia de busca;
- 2) serão excluídos também os que não preencham os Critérios de Inclusão, Critérios de Qualidade ou estejam relacionados aos Critérios de Exclusão definidos; e
- 3) os trabalhos excluídos nesta fase são armazenados e não passaram as fases seguintes.

Depois, a lista de trabalhos selecionados é submetida a etapa de Extração. Neste segundo passo, são analisados o resumo e as conclusões de cada estudo. A partir desta leitura, são avaliados os critérios de Inclusão, Exclusão e Qualidade novamente. Como resultado se obtém a lista completa dos estudos.

Superada a fase de extração, será efetuada a leitura por completo dos estudos que foram alocados, avaliando-se a qualidade dos estudos. Em seguida serão extraídos os dados básicos de caracterização do estudo, bem como os dados específicos relacionados

às perguntas de pesquisa, atualizando campos de comentário e anexando os arquivos completos do trabalho.

Finalizada a extração dos dados, os passos seguintes correspondem à análise, interpretação e documentação dos resultados, com a redação de artigo de revisão com apresentação dos resultados, métodos e técnicas, adotadas da RS.

REFERÊNCIAS

Kitchenham, B. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering, v. 2.3. EBSE Technical Report (EBSE-01), 2007.

Kitchenham, B. Procedures for Performing Systematic Reviews. Joint Technical Report SE Group, Depart. Computer Science Keele University, United King and Empirical Software Engineering, National ICT, Australia, 2004.

Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES). State of the Art through Systematic Review - StArt, 2013. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, São Carlos (SP). Disponível em: <https://www.lapes.ufscar.br/resources/tools-1/start-1>. Acessado em: 31 ago. 2023.

Sales, Valdick. Start: Revisão Sistemática de Literatura, Palestra no Zoom, Vídeo 1. Youtube, 24 jul. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UOkXmV206xg&t=2012s>. Acessado em: 18 out. 2022.

Sampaio, R. F.; Mancini, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. Rev. Brasileira de Fisioterapia, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 83-89, fev. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfis/a/79nG9Vk3syHhnSgY7VsB6jG/?lang=pt>. Acessado em: 31 ago. 2023.

Anexo 2. CONTROLE AMBIENTAL EM CRISE: A RETRAÇÃO INSTITUCIONAL E O DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA

1. FIGURAS COMPLEMENTARES DA ANÁLISE ECONOMÉTRICA

Fixed-effects (within) regression	Number of obs	=	135		
Group variable: Estado_num	Number of groups	=	9		
R-sq: within = 0.1966	Obs per group: min =	15			
between = 0.8082	avg =	15.0			
overall = 0.5298	max =	15			
corr(u_i, Xb) = -0.9485	F(4, 8)	=	.		
	Prob > F	=	.		
	(Std. Err. adjusted for 9 clusters in Estado)				
Area_desm	Robust Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
IBAMA_fiscal	-24.5591	7.853084	-3.13	0.014	-42.66835 -6.449859
Multa_qtde	.484432	.1875224	2.58	0.032	.0520046 .9168594
Focos_incendi	.0138749	.0038696	3.59	0.007	.0049517 .0227981
Prod_reba_bovi	.0000181	.0000248	0.73	0.485	-.0000389 .0000752
PIB_pc_correntes	-5.57e-09	2.00e-09	-2.79	0.024	-1.02e-08 -9.67e-10
_cons	2746.163	953.6033	2.88	0.021	547.1498 4945.176
sigma_u	2081.3871				
sigma_e	502.41348				
rho	.94494181	(fraction of variance due to u_i)			

Figura 1. Resultados e indicadores do modelo de dados em painel com efeitos fixos.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados do modelo gerado no *Stata*.

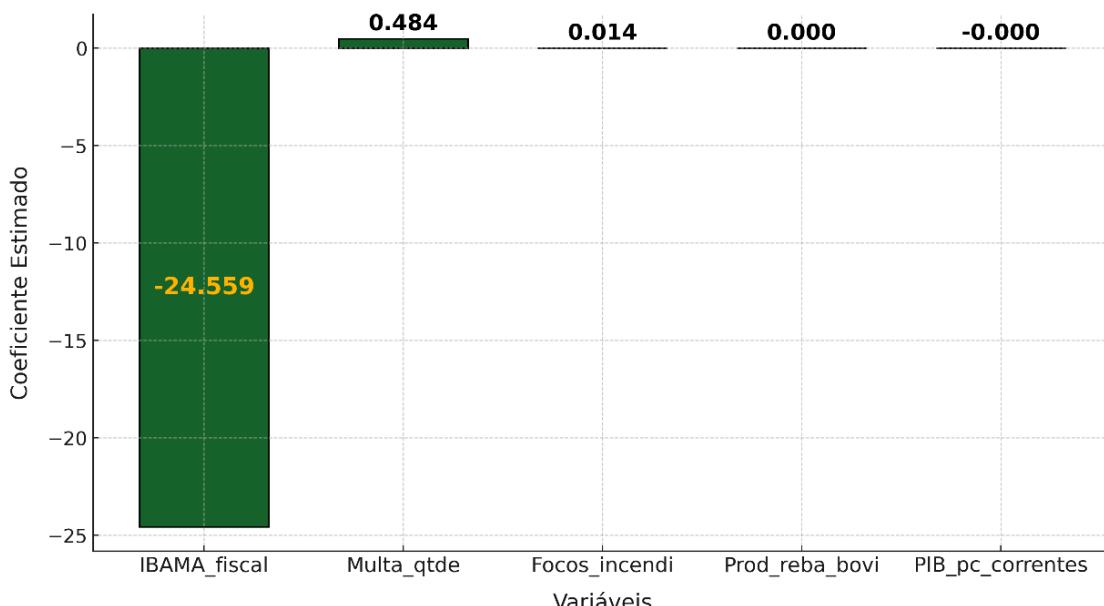


Figura 2. Gráfico de barras dos coeficientes estimados de cada variável.

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados do modelo gerado no *Stata*.

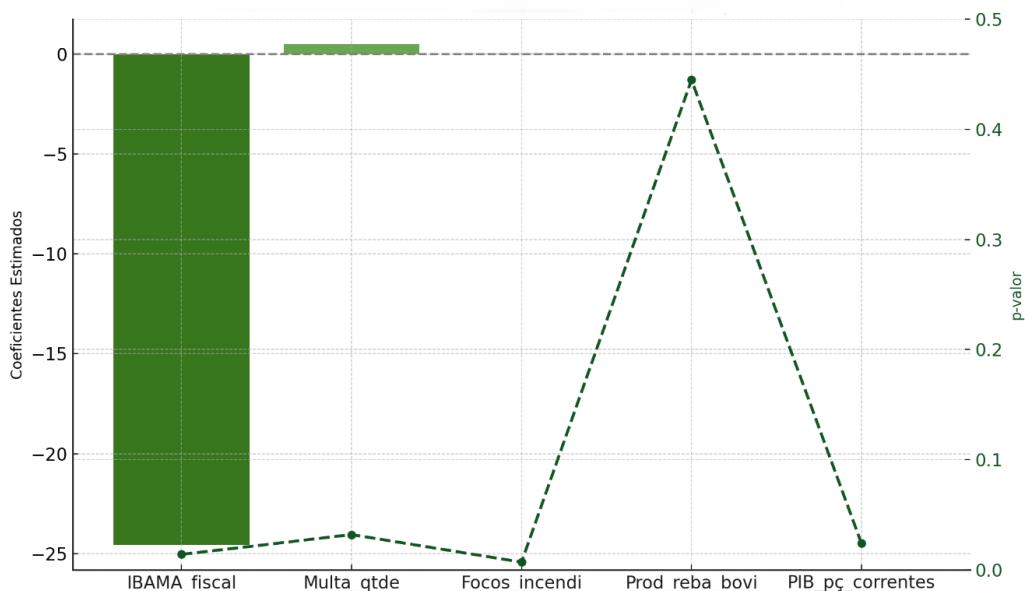


Figura 3. Gráfico de barras com dupla escala, que cruza os coeficientes estimados com seus respectivos p-valores, permitindo uma leitura conjunta do impacto e da significância estatística de cada variável

Fonte: elaborado pelo autor com base nos resultados do modelo gerado no *Stata*.

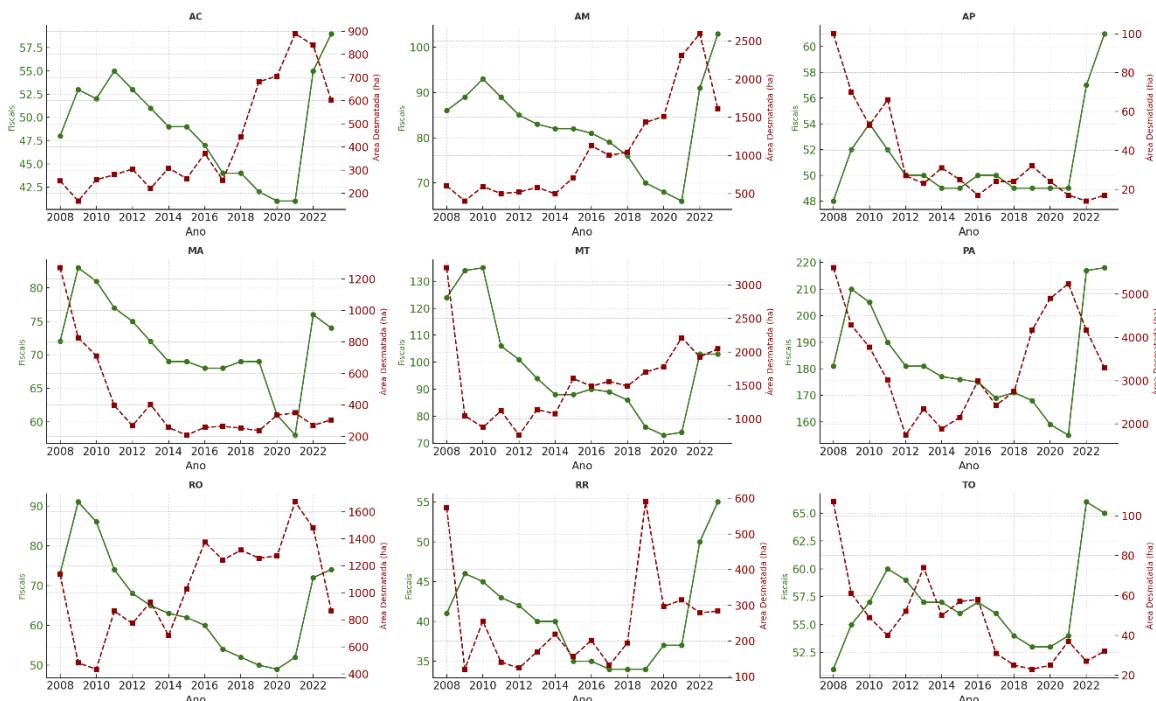


Figura 4. Gráficos da evolução do número de fiscais e área desmatada, de 2008 a 2023, nos estados da AL. Fiscais (linha verde) x desmatamento (linha vermelha).

Fonte: elaborado pelo autor com base nos resultados do modelo gerado no *Stata*.

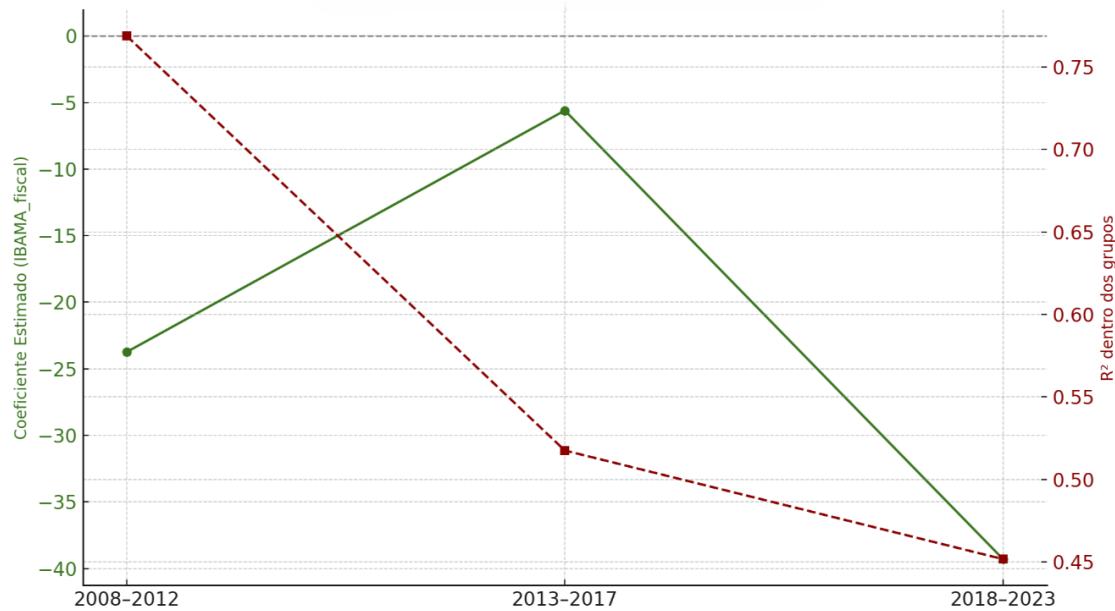


Figura 5. Em verde, a trajetória do coeficiente da variável IBAMA_fiscal. Em vermelho, a evolução do R² dentro dos grupos (within) ao longo dos três períodos analisados (2008-2012, 2013-2017, 2018-2023).

Fonte: elaborado pelo autor com base nos resultados do modelo gerado no *Stata*.

2. CÓDIGO STATA (DO-FILE) PARA ESTIMAÇÃO DOS MODELOS EM PAINEL

O arquivo a seguir contém a sequência de comandos aplicada no *Stata* para estruturar o painel de dados, realizar regressões de efeitos fixos e aleatórios, aplicar defasagens temporais e gerar os resultados interpretados ao longo da tese.

1 FISCALIZAÇÃO no DESMATAMENTO MODELO para ANALISAR o IMPACTO da
 2
 3
 4 Foi importada a nova planilha, com as variáveis, sendo que os valores expressos em reais,
 nesta nova planilha, estão todos deflacionados (1.71 - PLANILHA - Dados STATA - Estados -
 Tese - DEFLACIONADA - 21 02 2025).
 5 Definimos que a modelagem tem por finalidade: "analisar o impacto da diminuição da
 fiscalização e das multas no aumento do desmatamento".
 6 Estabelecemos que o modelo econômétrico de painel é a opção mais viável para alcançar o
 objetivo da pesquisa. Ele pode capturar como a redução no número de fiscais e das multas (fiscalização) influencia o crescimento das variáveis de desmatamento ao longo do tempo.
 7
 8
 9
 10
 11 1. DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS
 12
 13
 14 A) Area_desm (Área Desmatada)
 15 Área, em quilômetros quadrados (km²), desmatada anualmente em cada um dos nove estados que
 compõem a Amazônia Legal.
 16 É a variável dependente central da pesquisa, representando o resultado direto da ação (ou
 omissão) das instituições públicas e pressões socioeconômicas locais sobre o uso da terra.
 17 Sua mensuração contínua em km² permite análises causais e comparativas ao longo do tempo (efeitos temporais) e entre unidades federativas (efeitos espaciais).
 18 Ela permite aferir se variáveis institucionais (como número de fiscais), produtivas (como
 rebanho bovino) e ambientais (como focos de incêndio) contribuem para a variação do
 desmatamento na Amazônia Legal.
 19
 20
 21 B) IBAMA fiscal
 22 Representa o número de fiscais ativos por estado da Amazônia Legal, classificados como
 analistas e técnicos ambientais sob o Regime Jurídico Único (RJU).
 23 É a variável central do modelo, atuando como proxy direta da capacidade de enforcement
 ambiental. Sua inclusão é fundamental para mensurar o efeito dissuasório da presença do
 Estado na contenção do desmatamento.
 24
 25
 26 C) Multa_qtde
 27 Quantidade de multas aplicadas pelo IBAMA por infrações contra a flora nos estados da
 Amazônia Legal.
 28 Reflete a ação punitiva reativa do Estado. Ainda que seu efeito possa ser limitado por
 fragilidade no cumprimento das penalidades, seu uso é relevante para investigar se o
 aumento da repressão formal tem impacto na dinâmica de desmatamento.
 29
 30
 31 D) Focos_incendi
 32 Número total de focos de incêndio ativos por estado, por ano, segundo o Programa Queimadas
 /INPE.
 33 Atua como proxy de pressão agropecuária imediata sobre áreas florestais. Queimadas
 frequentemente antecedem o desmatamento e são práticas recorrentes para "limpeza" de áreas
 abertas.
 34
 35
 36 E) Prod_reba_bovi
 37 Efetivo dos rebanhos bovinos, em número de cabeças, por estado da Amazônia Legal.
 38 A pecuária é o principal vetor da expansão agrícola sobre florestas na região. A variável
 mede a pressão de uso extensivo da terra, funcionando como proxy econômica da demanda por
 novas áreas desmatadas.
 39
 40
 41 F) PIB_pc_correntes
 42 Produto Interno Bruto, a preços correntes, por estado. Mede a riqueza gerada em mil reais.
 43 Controla o efeito da atividade econômica regional sobre o desmatamento. Estados com maior
 PIB tendem a apresentar estruturas produtivas mais consolidadas, o que pode moderar ou
 acentuar o avanço da fronteira agrícola.
 44
 45
 46
 47
 48 2. ESPECIFICAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURA EM PAINEL
 49
 50
 51

Modelo_Do.File_08_09_2025* - Printed on 08/09/2025 19:45:30

52 A escolha por um modelo de efeitos fixos (FE) se justifica pela necessidade de controlar
por características invariantes no tempo nos estados da Amazônia Legal – como cultura
política, topografia, extensão territorial, acesso a infraestrutura e base fundiária
histórica – que afetam o desmatamento, mas não são observáveis diretamente.

53

54

55 Matematicamente, o modelo assume a seguinte forma:

56

57

58 $\text{Area_desmit} = \beta_0 + \beta_1.\text{IBAMA_fiscalit} + \beta_2.\text{Multa_qtdeit} + \beta_3.\text{Focos_incendiit} +$
 $\beta_4.\text{Prod_reba_boviit} + \beta_5.\text{PIB_pc_correntesit} + ui + sit$

59 Onde:

60

61 i = representa o estado;
62 t = representa o ano;
63 ui = efeito fixo específico de cada estado; e
64 sit = são os erros aleatórios.

65

66

67

68 1.4 HIPÓTESES TEÓRICAS ASSOCIADAS AOS COEFICIENTES

69

70 Variável	Justificativa teórica
71 IBAMA_fiscal	Sinal esperado
72 Multa_qtde	Instrumento de enforcement. Fiscalização direta atua como dissuasor.
73 resposta tardia.	Negativo
74 Focos_incendi	Representa punição formal. Pode ser preventiva ou indicativo de
75 iminente.	Ambíguo
76 Prod_reba_bovi	Proxy operacional de pressão antrópica. Indica conversão fundiária
77	Positivo
78 PIB_pc_correntes	Pecuária extensiva como vetor clássico de desmatamento.
79 pressão.	Positivo
80	Desenvolvimento econômico. Pode refletir capacidade institucional ou
81 IBAMA_fiscal	Ambíguo
82 Multa_qtde	Justificativa teórica fundamentada
83 Focos_incendi	Negativo ($\beta_0 < 0$)
84 Prod_reba_bovi	Aumento do número de fiscais ambientais tende a reduzir o desmatamento, pois amplia a capacidade de dissuasão e monitoramento direto do poder público. Representa a eficácia do enforcement institucional (Ostrom, 1990; Hargrave & Kis-Katos, 2013).
85 PIB_pc_correntes	Ambíguo (esperado: negativo)
86 _cons (constante)	Funcionar como instrumento de punição e contenção. Espera-se que sua elevação reduza o desmatamento. Contudo, na prática, podem refletir ação reativa do Estado, sendo registradas após o desmate já ocorrido. Isso pode inverter o sinal.
87	Positivo ($\beta_3 > 0$)
88	Queimadas são
89 1.5 INTERPRETAÇÃO ESPERADA DOS COEFICIENTES	frequentemente utilizadas como etapa preparatória da conversão florestal. A presença de focos de calor indica pressão imediata ou concomitante ao desmatamento (INPE, 2021).
90 Este modelo permite avaliar empiricamente a eficácia do aparato fiscalizatório estatal, além de quantificar o peso relativo de outros fatores clássicos como fogo e atividade pecuária.	A pecuária extensiva é
91 A inclusão de Focos_incendi e Prod_reba_bovi agrega sensibilidade à dinâmica operacional do desmate e sua vinculação com o uso do solo.	históricamente o principal vetor de desmatamento na Amazônia. O aumento no número de cabeças de gado exige expansão da área de pastagem, favorecendo a supressão de vegetação nativa.
92 Já o PIB_pc_correntes permite testar se há correlação entre dinamismo econômico e preservação, ou degradação ambiental.	Estados com maior PIB tendem a ter estrutura produtiva mais consolidada e capacidade institucional fortalecida, o que pode reduzir a dependência da expansão territorial desordenada. Por outro lado, se o crescimento for agroexpansionista, pode elevar o desmatamento.
93	Representa o desmatamento médio anual mesmo na ausência das efeitos das variáveis explicativas, refletindo fatores não observados como grilagem, informalidade fundiária, conivência política ou ausência de governança territorial.
94	

87

88

89 1.6 CONTRIBUIÇÃO DO MODELO

90 Este modelo permite avaliar empiricamente a eficácia do aparato fiscalizatório estatal, além de quantificar o peso relativo de outros fatores clássicos como fogo e atividade pecuária.

91 A inclusão de Focos_incendi e Prod_reba_bovi agrega sensibilidade à dinâmica operacional do desmate e sua vinculação com o uso do solo.

92 Já o PIB_pc_correntes permite testar se há correlação entre dinamismo econômico e preservação, ou degradação ambiental.

Modelo_Do.File_08_09_2025* - Printed on 08/09/2025 19:45:30

```

95
96
97 2. ESCOLHA DO MODELO
98
99
100 2.1 JUSTIFICATIVA DO MODELO DE PAINEL
101
102 Optamos por um modelo de painel porque os dados são observados ao longo do tempo para
diferentes estados.
103 Isso nos permite:
104 Controlar por fatores inobserváveis constantes (exemplo: características geográficas e
culturais de cada estado).
105 Capturar a variação no tempo (exemplo: mudanças nas políticas ambientais).
106
107
108 2.2 CONFIGURANDO OS DADOS COMO PAINEL
109
110 Desse modo, inicialmente definimos os dados como Painel.
111 Como temos dados estatísticos ao longo do tempo, precisamos definir a estrutura de painel:
112
113     xtset Estado Ano
114
115 Ocorreu um erro, porque a variável Estado está no formato string, mas o comando xtset
exige que ela seja numérica. Para corrigir isso, siga estes passos:
116 Passo 1: Converter a variável Estado para numérica
117
118     encode Estado, generate(Estado_num)
119
120 Isso cria uma nova variável numérica chamada Estado_num.
121 Passo 2: Definir a estrutura de painel
122
123     xtset Estado_num Ano
124
125
126
127
128                                     TESTES e AJUSTES DO
129 MODELO
130
131
132
133 1. ANÁLISE DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO
134
135 A matriz de correlação mostra a relação linear entre as variáveis do modelo. Valores
próximos de 1 ou -1 indicam forte correlação, o que pode gerar problemas de
multicolinearidade.
136
137     correlate Area_desm IBAMA_fiscal Multa_qtde Focos_incendi Prod_reba_bovi
PIB_pc_correntes
138
139 A multicolinearidade ocorre quando variáveis explicativas estão altamente correlacionadas,
tornando difícil distinguir seus efeitos individuais na regressão.
140 Principais Correlações Elevadas ( $|r| > 0.8$ )
141 Variáveis Correlação Interpretação
142 IBAMA_fiscal x Area_desm 0.8118 Correlação alta e negativa esperada
no coeficiente da regressão. Confirma forte associação (inversa) entre o número de fiscais
e o desmatamento.
143 Multa_qtde x Area_desm 0.7432 Correlação alta. Pode refletir
simultaneidade: quanto mais desmate, mais multas. Pode haver endogeneidade reversa.
144 Focos_incendi x Area_desm 0.6692 Correlação moderada a forte.
Coerente: focos de calor são precursores do desmate.
145 Prod_reba_bovi x Area_desm 0.5957 Correlação moderada. Indica que
crescimento do rebanho bovino acompanha expansão da área desmatada.
146 PIB_pc_correntes x Area_desm 0.6214 Correlação moderada. Possível
relação estrutural com atividade econômica estadual.
147 IBAMA_fiscal x Multa_qtde 0.7805 Muito alta. Indica que fiscalizações
e multas tendem a crescer juntas. Risco de colinearidade que pode inflar erros-padrão.
148 Focos_incendi x Prod_reba_bovi 0.7104 Forte correlação. Pode indicar
convergência de áreas com incêndios e presença de pecuária extensiva.
149 Focos_incendi x IBAMA_fiscal 0.7709 Pode indicar atuação fiscal
concentrada em áreas de pressão, mas pode gerar ambiguidade na estimativa se ambos forem
reativos ao desmatamento.
150
151

```

Modelo_Do.File_08_09_2025* - Printed on 08/09/2025 19:45:30

```

152 Conforme matriz de dispersão visual:
153
154     graph matrix Area_desm IBAMA_fiscal Multa_qtde Focos_incendi Prod_reba_bovi
155     PIB_pç_correntes
156
157
158
159
160 2. EXECUÇÃO DO TESTE DE VARIANCE INFLATION FACTOR (VIF) (Colinearidade)
161
162 Primeiro, foi executada uma regressão simples.
163
164     reg Area_desm IBAMA_fiscal Multa_qtde Focos_incendi Prod_reba_bovi PIB_pç_correntes
165
166 Para verificar a severidade da multicolinearidade das principais variáveis do estudo
167 rodamos o VIF.
168
169     vif
170
171 Interpretação do VIF:
172
173     VIF > 10 → Problema sério de multicolinearidade (variável deve ser removida ou
174 transformada).
175     VIF entre 5 e 10 → Multicolinearidade moderada (avaliar impacto na regressão).
176     VIF < 5 → Nenhum problema crítico.
177
178 2.1 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS
179
180     Variável          VIF          1/VIF          Interpretação
181     IBAMA_fiscal      4.54         0.2203        Valor elevado, mas aceitável (
182 abaiixo do limite de 5). Indica que a variável tem intercorrelação moderada com as demais,
183 mas sem comprometer a robustez do modelo.
184     Focos_incendi     3.48         0.2877        Nível moderado de correlação com
185 outras variáveis. Não configura colinearidade preocupante.
186     Multa_qtde        3.20         0.3125        Valor estável. Pode haver
187 correlação com IBAMA_fiscal, mas dentro dos limites estatísticos toleráveis.
188     Prod_reba_bovi   2.68         0.3727        Sem riscos de colinearidade.
189     PIB_pç_correntes  2.30         0.4340        Valor baixo. Interpretação segura
190 e estável no modelo.
191     VIF Médio        3.24         -             Indica que não há
192 multicolinearidade preocupante. O modelo é estatisticamente estável nesse aspecto.
193
194 2.2 CONCLUSÃO
195 O diagnóstico do VIF respalda a adequação técnica da estrutura do modelo, sugerindo que a
196 inclusão simultânea das variáveis IBAMA_fiscal, Multa_qtde, Focos_incendi, Prod_reba_bovi
197 e PIB_pç_correntes não compromete a interpretação estatística nem causa distorções nos
198 parâmetros. O modelo está econometricamente bem especificado e apto para gerar inferências
199 confiáveis.
200
201 2.3 RECOMENDAÇÃO PARA REDAÇÃO DA TESE: VIF
202 A análise dos fatores de inflação da variância (VIF) confirmou a robustez estatística do
203 modelo quanto à ausência de multicolinearidade severa entre as variáveis explicativas.
204 Nenhuma variável ultrapassou o limite convencional de VIF = 5, sendo o valor mais elevado
205 registrado para IBAMA_fiscal (VIF = 4.54), ainda assim considerado aceitável à luz da
206 literatura econometrífica aplicada a dados em painel (Wooldridge, 2010).
207
208 A média geral de VIF (3.24) reforça a estabilidade do modelo e valida a interpretação
209 isolada dos coeficientes. A inclusão simultânea de IBAMA_fiscal, Multa_qtde e
210 Focos_incendi – ainda que correlacionadas em nível substantivo – não compromete a precisão
211 estatística das estimativas, especialmente em razão da robustez do método de variância-
212 clusterizada por unidade federativa.
213
214
215
216
217
218
219
220 3. TESTE de HETEROCEDASTICIDADE (Teste de Wald)
221
222 3.1 TESTAMOS AS RESTRIÇÕES SOBRE COEFICIENTES
223
224

```

Modelo_Do.File_08_09_2025* - Printed on 08/09/2025 19:45:30

```

205 O comando .test no Stata avalia se um conjunto de coeficientes é simultaneamente igual a
206 zero.
207 Ou seja, testa se as variáveis analisadas têm impacto conjunto significativo sobre a
variável dependente.
208 Para testar uma hipótese sobre os coeficientes da regressão, como se eles são
simultaneamente iguais a zero, usamos:
209      test IBAMA_fiscal
210      test Multa_qtde
211
212 Isso testa a hipótese conjunta: $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ 
213
214  $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ 
215
216 Se o p-valor for pequeno, rejeitamos  $H_0$ , ou seja, ao menos um coeficiente é
estatisticamente diferente de zero.
217
218
219 3.1.1 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DA VARIÁVEL: IBAMA_fiscal
220
221      Item          Valor          Interpretação
222 Hipótese nula ( $H_0$ )       $\beta = 0$       A variável não tem efeito sobre Area_desm.
223 Estatística F            24,63       Muito elevada. Forte evidência contra  $H_0$ .
224 Prob > F               0.0000     Altamente significativa (nível 0,01%).
225
226
227
228 3.1.2 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DA VARIÁVEL: Multa_qtde
229
230      Item          Valor          Interpretação
231 Hipótese nula ( $H_0$ )       $\beta = 0$       A variável não tem efeito sobre Area_desm.
232 Estatística F            7,98        Significativa. Forte evidência contra  $H_0$ .
233 Prob > F               0.0055     Altamente significativa (nível 0,01%).
234
235
236
237
238 4. TESTE de WALD para HETEROCEDASTICIDADE em MODELOS DE PAINEL
239
240 Inicialmente, rodamos uma regressão de efeitos fixos
241
242      xtreg Area_desm IBAMA_fiscal Multa_qtde Focos_incendi Prod_reba_bovi
PIB_pc_correntes, fe
243
244 Depois demos o comando:
245
246      xttest3
247
248 O Modified Wald Test para heterocedasticidade em modelos de efeitos fixos testa a seguinte
hipótese nula:
249
250       $H_0 : \sigma(i)^2 = \sigma^2$  (Homocedasticidade: variância constante)
251
252 Ou seja, o teste verifica se os erros têm a mesma variância em todos os grupos.
253
254
255
256 4.1 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS
257
258      Elemento          Valor          Significado
259 Hipótese nula ( $H_0$ )       $\sigma^2_i = \sigma^2$  para todos os i      Homocedasticidade (variância
constante dos resíduos).
260 Estatística chi2 (9)      18.908,37      Extremamente elevada.
261 p-valor (Prob > chi2)  0.0000      Rejeita  $H_0$  com confiança total.
262
263
264
265 4.2 AJUSTES DO MODELO
266
267 Nas regressões será utilizado o método de efeitos fixos com erros padrão robustos (cluster
), ajustados para os 9 grupos (estados).
268 Isso corrige, satisfatoriamente para o estudo proposto, potenciais problemas de
heterocedasticidade e autocorrelação dentro dos grupos.
269 Foi utilizado: vce(robust) ou vce(cluster Estado), para corrigir o problema.
270

```

Modelo_Do.File_08_09_2025* - Printed on 08/09/2025 19:45:30

```

271      xtreg Area_desm IBAMA_fiscal Multa_qtde Focos_incendi Prod_reba_bovi
272          PIB_pc_correntes, fe vce(cluster Estado)
273
274
275
276
277
278      ESCOLHA do MODELO DE EFEITOS FIXOS (FE) ou do
279      MODELO DE EFEITOS ALEATÓRIOS (RE)
280
281
282      1. EXECUÇÃO DA REGRESSÃO DE EFEITOS FIXOS (FE)
283
284 Este modelo estima o impacto de fiscais do IBAMA e quantidade de multas sobre a área
285 desmatada (Area_desm), utilizando efeitos fixos por estado com erros padrão clusterizados.
286
287 Suposição: As características não observadas dos estados são correlacionadas com as
288 variáveis explicativas.
289 Uso: Ideal para analisar variação dentro dos estados ao longo do tempo.
290 Interpretação: Foca no impacto das variáveis dentro de cada estado ao longo do tempo.
291
292      xtreg Area_desm IBAMA_fiscal Multa_qtde Focos_incendi Prod_reba_bovi
293          PIB_pc_correntes, fe vce(cluster Estado)
294
295 1.2 DIAGNÓSTICO DO MODELO:
296
297      Indicador          Valor          Interpretação
298      R² (within)        0.1966        Moderado. Explica cerca de 20% da variação intraestado
299          no tempo, o que é aceitável em análises ambientais com alta heterogeneidade espacial.
300      R² (between)       0.8082        Forte aderência às diferenças estruturais entre os
301          estados. Indica estabilidade e coerência do modelo com o perfil federativo.
302      R² (overall)       0.5298        Boa qualidade geral de ajuste. O modelo é
303          razoavelmente robusto em termos globais.
304      rho                0.9449        Elevada variância explicada pelos efeitos fixos dos
305          estados. Justifica fortemente o uso do modelo de efeitos fixos.
306      Prob > F           -            Informação ausente na saída. No entanto, os testes
307          individuais apontam que as variáveis IBAMA_fiscal, Multa_qtde, Focos_incendi e
308          PIB_pc_correntes são estatisticamente significativas, o que sustenta a relevância do
309          modelo..
310
311
312
313 1.3 INTERPRETAÇÃO DOS COEFICIENTES
314
315      Variável          Coeficiente     P-valor      Significância
316          Interpretiação
317      IBAMA_fiscal      -24.5591       0.014       Significativo      Redução no número
318          de fiscais aumenta o desmatamento. O coeficiente negativo e estatisticamente significativo
319          reforça a hipótese de que a fiscalização ambiental tem efeito dissuasório direto e
320          relevante. A ausência de fiscalização amplia a impunidade e facilita a conversão de áreas
321          florestais, conforme a teoria do enforcement (Ostrom, 1990).
322      Multa_qtde          0.4844        0.032       Significativo      Maior quantidade de
323          multas está associada a mais desmatamento. Aparenta refletir ação reativa, ou seja, o
324          Estado multa após o dano ambiental. A ausência de efeito preventivo indica fragilidade na
325          capacidade de dissuasão por meio de sanções administrativas.
326      Focos_incendi      0.0138        0.007       Significativo      Focos de calor
327          antecipam o desmatamento. O coeficiente positivo e robusto aponta que as queimadas operam
328          como etapa preparatória da supressão florestal, funcionando como proxy do desmate iminente
329          (INPE, 2021).
330      Prod_reba_bovi     0.000001      0.485       Não significativo    Sem influência
331          estatística direta. Embora a produção de bovinos seja relevante na literatura sobre
332          desmatamento, neste modelo ela não apresentou relação estatisticamente válida, podendo já
333          estar absorvida por variáveis mais diretamente relacionadas à expansão agropecuária.
334      PIB_pc_correntes   -5.57e-09      0.024       Significativo      PIB maior está
335          associado à redução no desmatamento. Sugere que estados com maior capacidade econômica e
336          institucional dispõem de alternativas de renda ou melhor enforcement local, o que
337          contribui para a redução da pressão sobre a floresta.
338      _cons              2746.163      0.021       Significativo      Há desmatamento
339          mesmo na ausência dos fatores explanatórios. Representa um nível estrutural médio de
340          supressão florestal, não explicado diretamente pelas variáveis do modelo, possivelmente
341          vinculado a fatores históricos ou informais.

```

Modelo_Do.File_08_09_2025* - Printed on 08/09/2025 19:45:30

Modelo_Do.File_08_09_2025* - Printed on 08/09/2025 19:45:30

```

361
362      hausman fe re
363
364  Pode ocorrer um erro.
365      . hausman fe re
366      hausman cannot be used with vce(robust), vce(cluster cvar), or p-weighted data
367 r(198);
368
369  Isso acontece porque o Teste de Hausman não pode ser aplicado diretamente em modelos
estimados com vce(robust) ou vce(cluster).
370 SOLUÇÃO:
371 Rodar os Modelos da seguinte forma.
372 Primeiro, rode efeitos fixos (FE) novamente:
373
374      xtreg Area_desm IBAMA_fiscal Multa_qtde Focos_incendi Prod_reba_bovi PIB_pg_correntes
, fe
375
376 Em seguida, salve os resultados:
377
378      estimates store fe
379
380 Depois, rode o modelo de efeitos aleatórios (RE) novamente:
381
382      xtreg Area_desm IBAMA_fiscal Multa_qtde Focos_incendi Prod_reba_bovi PIB_pg_correntes
, re
383
384 Salve os resultados de RE:
385
386      estimates store re
387
388 Rode o teste de Hausman:
389
390      hausman fe re
391
392
393
394 3.2 INTERPRETAÇÃO DO TESTE DE HAUSMAN
395
396 O Teste de Hausman foi realizado para comparar os modelos de Efeitos Fixos (fe) e Efeitos
Aleatórios (re).
397 Os resultados indicam:
398
399 Hipótese Nula (H0): Os coeficientes do modelo de efeitos aleatórios (re) são eficientes e
não há correlação entre os efeitos individuais e as variáveis explicativas.
400 Hipótese Alternativa (Ha): Os coeficientes do modelo de efeitos aleatórios são
inconsistentes devido à correlação com os efeitos individuais.
401 Se rejeitarmos H0, devemos usar efeitos fixos (fe).
402
403 O teste de Hausman foi executado corretamente e nos dá um resultado decisivo:
404
405      Estatística  $\chi^2(3) = 35,19 \rightarrow$  Valor alto. Extremamente significativo.
406      Prob >  $\chi^2 = 0.0000$  (p-valor muito menor que 0.05), indicando rejeição da hipótese
nula.
407
408
409
410 3.3 CONCLUSÃO
411 O Teste de Hausman confirma que Efeitos Fixos (fe) são mais apropriados.
412 Os coeficientes de re são enviesados devido à correlação com efeitos individuais.
413 O teste de Hausman final indicou que efeitos fixos são a escolha correta para modelar a
área desmatada.
414 O aviso "V_b-V_B not positive definite" apenas indica que algumas variâncias diferenciais
são próximas de zero (normal em painéis pequenos ou clusterizados), não invalida o teste
quando o p-valor é tão claro.
415 O teste de Hausman revelou a rejeição da hipótese nula de equivalência entre efeitos fixos
e aleatórios. Assim, adota-se formalmente o modelo de efeitos fixos para a análise do
impacto da fiscalização e das multas sobre o desmatamento.
416
417
418
419
420
421
422
423
```

DEFASAGENS TEMPORAIS

```

424
425
426 1. DEFASAGENS TEMPORARIAS (1 ANO)
427
428 Testamos as defasagens para verificar se a fiscalização, multas e crédito rural tiverem
     impacto com atraso:
429
430      xtreg Area_desm L1.IBAMA_fiscal L1.Multa_qtde L1.Focos_incendi L1.Prod_reba_bovi L1.
     PIB_pc_correntes, fe vce(cluster Estado)
431
432 Este modelo inclui a defasagem de 1 ano (L1) para as variáveis fiscais (L1.IBAMA_fiscal) e
     quantidade de multas (L1.Multa_qtde), permitindo avaliar efeitos retardados sobre o
     desmatamento.
433
434
435
436 1.1 DIAGNÓSTICO DO MODELO:
437
438 Indicador          Valor          Interpretação
439 R2 (within)      0.3345        Excelente. O modelo explica aproximadamente 33% da
     variação intraestado no tempo, desempenho muito superior ao modelo sem defasagens.
     Demonstra boa capacidade explicativa sobre o comportamento do desmatamento ano a ano.
440 R2 (between)      0.8628        Altíssima aderência ao perfil dos estados. Confirma
     que as diferenças estruturais entre unidades federativas estão muito bem capturadas pelos
     efeitos fixos.
441 R2 (overall)      0.5548        Boa capacidade explicativa geral. O modelo consegue
     representar com consistência tanto as variações temporais quanto as estruturais.
442 rho                0.9637        Muito elevado. Quase toda a variância é explicada
     pelos efeitos fixos dos estados. Justifica e reforça a escolha pelo modelo de efeitos
     fixos.
443 Prob > F          -           Informação ausente na saída.
444
445
446 1.2 INTERPRETAÇÃO DOS COEFICIENTES
447
448 Variável          Coeficiente    P-valor      Significância
     Interpretação
449 L1.IBAMA_fiscal   -27.6994      0.012        Significativo      Sinal negativo e
     estatisticamente robusto. Indica que a redução no número de fiscais no ano anterior está
     fortemente associada ao aumento do desmatamento no ano seguinte, reforçando o caráter
     dissuasório institucional da presença fiscalizatória. Representa ação preventiva com
     efeito diferido.
450 L1.Multa_qtde      0.006763     0.964        Não significativo  Total ausência de
     significância. O número de multas no ano anterior não influencia o desmatamento
     subsequente, o que pode evidenciar um padrão de atuação reativa do Estado, incapaz de
     conter a supressão vegetal futura.
451 L1.Focos_incendi   0.0188427    0.005        Significativo      Forte relação
     positiva. Os focos de calor no ano anterior antecipam o desmatamento no ano seguinte,
     corroborando a tese de que as queimadas funcionam como etapas preparatórias da conversão
     florestal.
452 L1.Prod_reba_bovi  0.0000271    0.332        Não significativo  Apesar do sinal
     positivo, a produção de rebanho bovino não apresentou relação estatisticamente robusta com
     o desmatamento futuro. Pode haver defasagem maior ou atuação indireta por meio de outras
     variáveis estruturais.
453 L1.PIB_pc_correntes -3.09e-09    0.036        Significativo      O PIB per capita
     estadual do ano anterior está negativamente associado ao desmatamento. Indica que maior
     nível de renda tende a reduzir a pressão sobre a floresta, provavelmente por ampliar
     alternativas de renda e institucionalidade local.
454 _cons              2793.982     0.011        Significativo      Mesmo na ausência
     dos fatores explicativos, há um nível estrutural elevado de desmatamento, sinalizando que
     há outros determinantes não mensurados neste modelo.
455
456
457
458
459
460 2. DEFASAGENS TEMPORARIAS (2 ANOS)
461
462 Testamos as defasagens para verificar se a fiscalização, multas e crédito rural tiverem
     impacto com atraso:
463
464      xtreg Area_desm L2.IBAMA_fiscal L2.Multa_qtde L2.Focos_incendi L2.Prod_reba_bovi L2.
     PIB_pc_correntes, fe vce(cluster Estado)
465
466

```

Modelo_Do.File_08_09_2025* - Printed on 08/09/2025 19:45:30

467 Este modelo inclui a defasagem de 1 ano (L2) para as variáveis fiscais (L2.IBAMA_fiscal) e
468 quantidade de multas (L2.Multa_qtde), permitindo avaliar efeitos retardados sobre o
469 desmatamento.

470 2.1 DIAGNÓSTICO DO MODELO:

471 Indicador Valor Interpretação

472 R² (within) 0.3607 Muito bom. O modelo explica ~36% da variação
473 intraestado ao longo do tempo, resultado sólido para fenômenos socioambientais com alta
heterogeneidade.

474 R² (between) 0.8665 Excelente. A aderência ao perfil dos estados é forte e
reforça a estabilidade da estrutura federativa capturada pelo modelo.

475 R² (overall) 0.6057 Muito boa capacidade explicativa geral, compatível com
476 os melhores ajustes já observados nos modelos anteriores.

477 rho 0.9779 Quase 98% da variância é explicada pelos efeitos fixos
dos estados, o que justifica com folga a escolha do modelo de efeitos fixos (FE).
Prob > F 0.0000 O modelo como um todo é estatisticamente altamente
significativo. As variáveis, em conjunto, explicam o fenômeno de forma robusta.

478

479

480 2.2 INTERPRETAÇÃO DOS COEFICIENTES

481 Variável Coeficiente P-valor Significância
Interpretação

482 L2.IBAMA_fiscal -27.6994 0.020 Significativo Efeito dissuasório
persistente. Redução de fiscais ambientais dois anos antes aumenta o desmatamento atual.
Confirma a robustez temporal da fiscalização como instrumento de controle.

483 L2.Multa_qtde -0.0187 0.900 Não significativo Ausência de efeito
significativo. Multas não influenciam o desmatamento mesmo com dois anos de defasagem,
reforçando sua ineeficácia como medida preventiva.

484 L2.Focos_incendi 0.0019 0.725 Não significativo Sinal esperado (positivo),
porém estatisticamente irrelevante. Indica que a intensidade do fogo deixa de ser um preditor válido após dois anos.

485 L2.Prod_reba_bovi 0.0000303 0.703 Não significativo Sem evidência de
que a produção de gado afete o desmatamento com defasagem de dois anos. Pode refletir uso
consolidado da terra ou variáveis omitidas.

486 L2.PIB_pc_correntes -5.50e-09 0.237 Não significativo O PIB estadual per
capita não exerce influência estatisticamente válida sobre o desmatamento nesse horizonte.
O efeito institucional se dilui.

487 _cons 3663.693 0.026 Significativo Desmatamento
estrutural elevado, mesmo na ausência das variáveis explicativas. Sugere presença de
fatores omitidos ou latentes não observados.

488

489

490

491

492

493 2.4 COMPARAÇÃO COM MODELO L1

494 Variável Modelo L1 Modelo L2
Interpretação técnica comparada

495 IBAMA_fiscal -27.69936 (p = 0.012) -32.40189 (p = 0.020) Impacto
496 aumentou. O efeito dissuasório da fiscalização se intensifica no segundo ano, sustentando
a tese de persistência institucional.

497 Multa_qtde 0.0067634 (p = 0.964) -0.0187051 (p = 0.900) Continua
irrelevante. Mesmo com sinal invertido, a variável não possui impacto estatisticamente
confiável sobre o desmatamento.

498 Focos_incendi 0.0188427 (p = 0.005) 0.0019128 (p = 0.725) Impacto
desaparece após dois anos. A antecipação do desmatamento por focos de calor ocorre no
curto prazo. Não é persistente.

499 Prod_reba_bovi 0.0000271 (p = 0.332) 0.0000303 (p = 0.703) Permanece
irrelevante. Sem influência direta detectável, mesmo com defasagem.

500 PIB_pc_correntes -3.09e-09 (p = 0.036) -5.50e-09 (p = 0.237)
Significância perdida. O impacto do PIB per capita é imediato e não se sustenta após dois
anos.

501

502 2.5 RECOMENDAÇÃO PARA A REDAÇÃO DA TESE

503 "A variável 'número de fiscais do IBAMA' manteve-se significativa mesmo após duas
defasagens temporais, evidenciando a persistência do efeito dissuasório da fiscalização
sobre o desmatamento.

504 Os demais indicadores, embora teoricamente relevantes, perdem robustez explicativa nesse
horizonte, sugerindo que o tempo é fator crucial para a efetividade de instrumentos
institucionais.

505 Assim, a **fiscalização contínua e sistemática se revela como eixo central de combate ao
desmatamento na Amazônia Legal."

Modelo_Do.File_08_09_2025* - Printed on 08/09/2025 19:45:30

```

506
507
508
509
510
511 3. DEFASAGENS TEMPORARIAS (3 ANOS)
512
513 Testamos as defasagens de 3 anos para verificar se os efeitos de fiscalização e multas são
      ainda mais retardados:
514
515      xtreg Area_desm L3.IBAMA_fiscal L3.Multa_qtde L3.Focos_incendi L3.Prod_reba_bovi L3
      .PIB_pc_correntes, fe vce(cluster Estado)
516
517
518 3.1 DIAGNÓSTICO DO MODELO:
519
520 Indicador          Valor          Interpretação
521 R² (within)        0.3699      Boa explicação da variação temporal do desmatamento (~
      37%) entre os estados.
522 R² (between)       0.1197      Aderência fraca ao perfil estadual fixo - pode indicar
      variabilidade interestadual não explicada.
523 R² (overall)       0.0474      MBaixa capacidade explicativa total - alerta para
      possível perda de robustez com defasagem longa.
524 rho                0.9443      Alta variância capturada pelos efeitos fixos estaduais
      - justifica uso do modelo FE.
525 Prob > F           --          Não informado.
526
527
528 3.2 INTERPRETAÇÃO DOS COEFICIENTES
529
530 Variável          Coeficiente    P-valor      Significância
531                           Interpretiação
531 L3.IBAMA_fiscal     -25.25805   0.037       Significativo      A redução no número
      de fiscais ambientais três anos antes ainda apresenta efeito negativo sobre o
      desmatamento atual. Isso reforça a persistência do efeito dissuasório da fiscalização ao
      longo do tempo.
532 L3.Multa_qtde        0.2086907   0.413       Não significativo  O número de multas
      aplicadas três anos antes não influencia estatisticamente o desmatamento atual, sugerindo
      ausência de impacto punitivo ou preventivo de longo prazo.
533 L3.Focos_incendi    0.0018034   0.802       Não significativo  O efeito dos focos
      de calor se esvazia após três anos. A variável não antecipa o desmatamento com defasagem
      longa, indicando efeito apenas imediato ou de curto prazo.
534 L3.Prod_reba_bovi   0.0001112   0.371       Não significativo  A produção de
      bovinos não se relaciona estatisticamente com o desmatamento depois de três anos. O
      coeficiente positivo não tem robustez analítica.
535 L3.PIB_pc_correntes -1.83e-09    0.719       Não significativo  A renda per capita
      de três anos antes não tem efeito robusto sobre a área desmatada atual. Possivelmente, a
      influência se dilui com o tempo ou é mediada por outras variáveis.
536 _cons              1880.118    0.075       Marginal        Sugere a presença
      de nível estrutural de desmatamento, mesmo na ausência dos fatores mensurados. Valor
      marginalmente significativo.
537
538
539 3.3 INTERPRETAÇÃO TÉCNICA
540 O modelo de defasagem L3 mantém o efeito negativo e estatisticamente significativo da
      fiscalização ambiental (IBAMA fiscal) sobre o desmatamento, confirmando persistência do
      efeito dissuasório por até três anos. As demais variáveis - multas, focos de calor,
      produção bovina e PIB per capita - não apresentam significância estatística, o que sugere
      que seu impacto se concentra em horizontes mais curtos ou é absorvido por efeitos não
      mensurados.
541 A performance explicativa temporal (R² within) é sólida, mas a queda nos valores de R²
      between e overall sinaliza perda de capacidade explicativa global com o aumento da
      defasagem.
542
543
544 3.4 COMPARAÇÃO COM MODELO L1
545
546 Variável          Modelo L1          Modelo L2          Modelo
547 L3                  Interpretiação técnica comparada
547 IBAMA_fiscal      -27.69936 (p = 0.012)    -32.40189 (p = 0.020)    -25.25805
      (p = 0.037)          Efeito dissuasório forte e persistente. Redução de fiscais impacta
      negativamente o desmatamento por até 3 anos.
548 Multa_qtde         0.0067634 (p = 0.964)    -0.0187051 (p = 0.900)    0.2086907
      (p = 0.413)          Sem efeito significativo em nenhuma defasagem. Reforça a ideia de
      atuação reativa das multas.

```

Modelo_Do.File_08_09_2025* - Printed on 08/09/2025 19:45:30

549	Focos_incendi	0.0188427 (p = 0.005)	0.0019128 (p = 0.725)	0.0018034
	(p = 0.802)	Efeito significativo apenas no ano seguinte. Indica ação imediata, não persistente.		
550	Prod_reba_bovi	0.0000271 (p = 0.332)	0.0000303 (p = 0.703)	0.0000112
	(p = 0.371)	Irrelevante em todos os períodos. Produção bovina não influencia diretamente o desmatamento.		
551	PIB_pc_correntes	-3.09e-09 (p = 0.036)	-5.50e-09 (p = 0.237)	-1.83e-09 (p = 0.719)
		PIB tem efeito curto e moderado. Quanto maior a renda per capita, menor o desmatamento, mas efeito se perde.		
552				
553				
554				
555				
556	4. CONCLUSÃO COMPARATIVA DOS MODELOS FE COM DEFASAGENS (L1, L2 e L3)			
557	A análise dos modelos de efeitos fixos com defasagens temporais permitiu identificar diferenças relevantes na magnitude, direção e significância estatística dos coeficientes associados às variáveis explicativas do desmatamento. A seguir, apresentam-se os principais achados comparativos:			
558				
559	A) Fiscalização Ambiental (IBAMA_fiscal)			
560	A variável apresentou coeficientes negativos e estatisticamente significativos em todas as defasagens (L1, L2 e L3), confirmando de forma robusta seu efeito dissuasório sobre o desmatamento. O impacto é mais intenso em L2 (-32,40 hectares por fiscal a menos), sugerindo que os efeitos da fiscalização federal possuem persistência temporal. Trata-se de uma evidência empírica consistente do papel central da presença do Estado na repressão ao desmate ilegal.			
561				
562	B) Multas Ambientais (Multa_qtde)			
563	Em nenhuma das defasagens testadas (L1, L2 e L3), a variável se mostrou estatisticamente significativa. Os sinais oscilaram entre negativo e positivo, com p-valores elevados. Isso reforça a hipótese de que as multas funcionam de forma reativa, sendo aplicadas após a ocorrência do desmatamento, sem produzir efeitos preventivos mensuráveis no ano seguinte			
564				
565	C) Focos de Incêndio (Focos_incendi)			
566	A significância estatística foi identificada apenas no modelo L1 (coef. = +0,0188; p = 0,005), indicando que os focos de calor operam como indicadores de pressão imediata sobre a floresta, antecipando desmatamentos no ano seguinte. A perda de significância em L2 e L3 demonstra que o efeito é pontual e não persistente, o que reforça seu uso como instrumento de alerta e monitoramento em tempo real.			
567				
568	D) Produção Bovina (Prod_reba_bovi)			
569	Em todas as defasagens, a variável apresentou coeficientes positivos, mas não significativos. Isso sugere que a produção de bovinos, embora relevante na literatura como vetor de desmatamento, não exerce influência estatisticamente isolada sobre a variável dependente, possivelmente por estar correlacionada a outros fatores estruturais não mensurados.			
570				
571	E) PIB per capita (PIB_pc_correntes)			
572	O PIB estadual per capita apresentou significância negativa apenas em L1 (p = 0,036), perdendo força nas defasagens posteriores. Esse comportamento sugere que o crescimento econômico pode contribuir para a redução do desmatamento em períodos de curto prazo, ao ampliar a capacidade institucional e a geração de alternativas de renda. Contudo, o efeito não é sustentado no tempo.			
573				
574	F) Desempenho Comparado dos Modelos			
575	O modelo com defasagem de 1 ano (L1) apresentou o melhor desempenho no que se refere à significância das variáveis chave e ao R ² dentro do painel (0,3345). O modelo L2 manteve a significância da fiscalização, mas perdeu poder explicativo (R ² = 0,3607), enquanto o modelo L3 apresentou redução na significância das variáveis e desempenho inferior (R ² within = 0,3699; overall = 0,0474).			
576				
577	G) Recomendação Final			
578	Com base nas evidências apresentadas, recomenda-se à tese adotar o modelo de efeitos fixos com defasagem de 1 ano (L1) como padrão de interpretação dos resultados. Esse modelo oferece robustez empírica, coerência teórica e maior aderência à dinâmica de política pública, permitindo afirmar que o desmatamento na Amazônia Legal é fortemente influenciado pela presença institucional do Estado no período imediatamente anterior.			
579	Trata-se de um resultado que subsidia propostas de reforço à fiscalização ambiental, ampliação do efetivo de campo e manutenção de capacidade operacional nas frentes de repressão ao desmatamento.			
580				
581				

ANEXO 3. INSTRUMENTOS JURÍDICO-INSTITUCIONAIS PARA A COOPERAÇÃO NA FISCALIZAÇÃO AMBIENTAL DA AMAZÔNIA LEGAL

1. FIGURAS COMPLEMENTARES DA SUGESTÃO JURÍDICO-INSTITUCIONAL

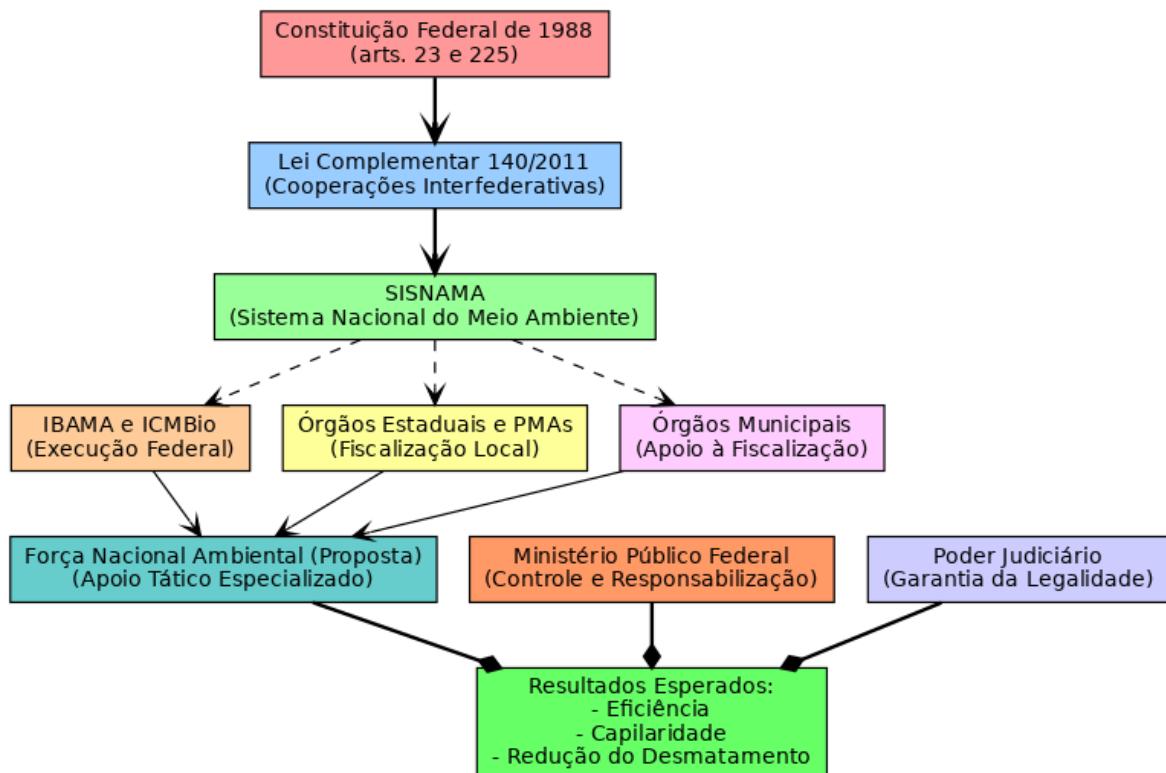


Figura 1. Instrumentos jurídico-institucionais para a cooperação na fiscalização ambiental da Amazônia Legal.

Fonte: elaborado pelo autor.

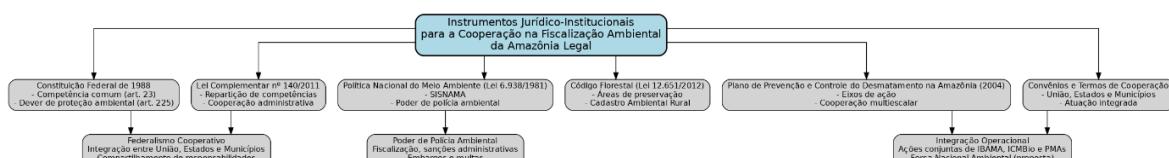


Figura 2. Instrumentos jurídico-institucionais para a cooperação na fiscalização ambiental da Amazônia Legal.

Fonte: elaborado pelo autor.