



Universidade de Brasília - UnB
Instituto de Ciências Humanas - ICH
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGEA/UNB

Tese de Doutorado

DINÂMICAS DA FRONTEIRA DO DESMATAMENTO NO ARCO
AMAZÔNICO (2010-2021): UMA ANÁLISE ESPACIAL DA INTERAÇÃO
ENTRE PADRÕES URBANOS, INDICADORES SOCIOECONÔMICOS E
DESPESAS COM GESTÃO AMBIENTAL

Fernanda Jaqueline Lopes

Brasília
2025



Universidade de Brasília - UnB
Instituto de Ciências Humanas - ICH
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGEA/UNB

Fernanda Jaqueline Lopes

**DINÂMICAS DA FRONTEIRA DO DESMATAMENTO NO ARCO
AMAZÔNICO (2010-2021): UMA ANÁLISE ESPACIAL DA INTERAÇÃO
ENTRE PADRÕES URBANOS, INDICADORES SOCIOECONÔMICOS E
DESPESAS COM GESTÃO AMBIENTAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Geografia, do Instituto de Ciências Humanas da
Universidade de Brasília, como requisito para a obtenção
de título de Doutora em Geografia.

Área de Concentração: Gestão Ambiental e Territorial

Linha de Pesquisa: Análise de Sistemas Naturais

Orientador: Prof. Dr. Valdir Adilson Steinke

Brasília
2025



Universidade de Brasília - UnB
Instituto de Ciências Humanas - ICH
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGEA/UNB

**DINÂMICAS DA FRONTEIRA DO DESMATAMENTO NO ARCO
AMAZÔNICO (2010-2021): UMA ANÁLISE ESPACIAL DA INTERAÇÃO
ENTRE PADRÕES URBANOS, INDICADORES SOCIOECONÔMICOS E
DESPESAS COM GESTÃO AMBIENTAL**

Fernanda Jaqueline Lopes

Tese de doutorado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Doutora em Geografia, área de concentração - Gestão Ambiental e Territorial.

Aprovado por:

Prof. Doutor Valdir Adilson Steinke (GEA-UnB)
(Orientador - Membro interno do Programa)

Profª. Doutora Fátima de Sousa Freire (FACE-UnB)
(Membro interno à Instituição)

Prof. Doutor João Mendes da Rocha Neto (MDR)
(Membro externo à Instituição)

Prof. Doutor Edson Soares da Fialho (UFV)
(Membro externo à Instituição)

Prof. Doutor Rafael Rodrigues da Franca (GEA-UnB)
(Suplente)

Brasília, 29 de agosto de 2025.

LOPES, FERNANDA JAQUELINE

Dinâmicas da fronteira do desmatamento no arco amazônico (2010-2021): Uma análise espacial da interação entre padrões urbanos, indicadores socioeconômicos e despesas com gestão ambiental/ Fernanda Jaqueline Lopes – Brasília, 2025. 124f.

Orientador: Prof. Doutor Valdir Adilson Steinke (GEA-UnB)

Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de Brasília. Departamento de Geografia – GEA. Programa de Pós Graduação em Geografia - POSGEA

1. Desmatamento 2. Amazônia Legal 3. Organização urbana 4. Desenvolvimento socioeconômico 5. Gestão Ambiental

I. STEINKE, Valdir Adilson. II. Universidade de Brasília.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Fernanda Jaqueline Lopes

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre iluminar meus caminhos, fortalecer minha jornada e permitir que eu superasse o período mais desafiador da minha trajetória acadêmica.

À minha família, em especial ao meu querido e amado esposo Josimar, aos meus filhos, Lucas e Mateus, aos meus pais, Margarete e Gerson, e à minha irmã, Patrícia. Obrigada pela presença constante em minha vida, por compartilharem alegrias e por serem meu alicerce nos momentos de dificuldade. Não sou nada sem vocês.

Meu profundo reconhecimento e agradecimento ao meu orientador, Prof. Dr. Valdir Steinke, por sua humanidade, dedicação e gentileza. O senhor é uma verdadeira fonte de inspiração pessoal e profissional. Obrigada por toda a orientação, paciência e carinho ao longo desta jornada.

Aos professores e colegas do Programa de Pós-Graduação em Geografia e a todos do LAGIM/UnB, sou grata pelos inúmeros momentos de acolhida sincera e simpatia.

E aos meus amigos, em especial Lorena e Loureine, obrigada por compartilharem comigo angústias, dúvidas e conquistas ao longo desses anos. Vocês são muito especiais.

“Não temas, porque eu sou contigo; não te assombres, porque eu sou o teu Deus; eu te fortaleço, e te ajudo, e te sustento com a destra da minha justiça.”

Isaías 41:10

RESUMO

Esta tese investiga as complexas interações que impulsionam e dificultam o controle do desmatamento nos municípios que compõem o Arco do Desmatamento na Amazônia Legal. Com base em uma abordagem multidimensional, o estudo analisa três vertentes principais em três artigos acadêmicos: a organização urbana, as dinâmicas socioeconômicas e o comportamento espacial das despesas governamentais em gestão ambiental. O primeiro artigo explora a tipologia rural-urbana, a hierarquia e a infraestrutura desses municípios, revelando uma urbanização estendida e difusa, com predomínio de centros locais e disparidades significativas em infraestrutura e conectividade. O segundo artigo avalia a fronteira do desmatamento em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) per capita e ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), evidenciando que o avanço do desmatamento não tem sido acompanhado por melhorias socioeconômicas proporcionais, e que municípios com alto desmatamento frequentemente apresentam baixos indicadores de desenvolvimento, sugerindo a prevalência de atividades ilegais ou insustentáveis. O terceiro artigo, por sua vez, investiga como as despesas com gestão ambiental e o desmatamento se comportam no espaço, revelando um desalinhamento entre a alocação de recursos federais e os principais hotspots de desmatamento, o que compromete a eficácia das políticas de controle. Os achados coletivos desta tese apontam para uma governança ambiental fragmentada e uma ausência de integração estratégica entre as políticas setoriais, destacando a necessidade urgente de abordagens territoriais mais holísticas, que considerem as especificidades locais e articulem efetivamente a organização urbana, o desenvolvimento socioeconômico e a aplicação direcionada de recursos para uma conservação eficaz na Amazônia.

Palavras-chave: Desmatamento. Amazônia Legal. Organização urbana. Desenvolvimento socioeconômico. Gestão Ambiental.

ABSTRACT

This thesis investigates the complex interactions that drive and hinder the control of deforestation in the municipalities that make up the Arc of Deforestation in the Legal Amazon. Based on a multidimensional approach, the study analyzes three main aspects in three academic articles: urban organization, socioeconomic dynamics, and the spatial behavior of government expenditures in environmental management. The first article explores the rural-urban typology, the hierarchy, and the infrastructure of these municipalities, revealing an extended and diffuse urbanization, with a predominance of local centers and significant disparities in infrastructure and connectivity. The second article evaluates the deforestation frontier in relation to per capita Gross Domestic Product (GDP) and the Municipal Human Development Index (MHDI), highlighting that the advance of deforestation has not been accompanied by proportional socioeconomic improvements, and that municipalities with high deforestation often exhibit low development indicators, suggesting the prevalence of illegal or unsustainable activities. The third article, in turn, investigates how environmental management expenditures and deforestation behave in space, revealing a misalignment between the allocation of federal resources and the main deforestation hotspots, which compromises the effectiveness of control policies. The collective findings of this thesis point to fragmented environmental governance and a lack of strategic integration between sectoral policies, highlighting the urgent need for more holistic territorial approaches that consider local specificities and effectively articulate urban organization, socioeconomic development, and targeted resource allocation for effective conservation in the Amazon.

Keywords: Deforestation. Legal Amazon. Urban organization. Socioeconomic development. Environmental Management.

LISTA DE FIGURAS

[Capítulo 2: Artigo 1] Figura 1: Municípios prioritários e monitorados	30
[Capítulo 3: Artigo 2] Figura 1: Mapa de localização da área de estudo.....	55
[Capítulo 3: Artigo 2] Figura 2: Municípios prioritários e monitorados	61
[Capítulo 3: Artigo 2] Figura 3: Classificação das classes de fronteiras (A a G) de acordo com o desmatamento recente.....	62
[Capítulo 3: Artigo 2] Figura 4: Classes de fronteira de acordo com o desmatamento recente (2020).....	64
[Capítulo 3: Artigo 2] Figura 5: Avanço da fronteira do desmatamento em dois períodos distintos.....	66
[Capítulo 3: Artigo 2] Figura 6: Área de floresta X área Agropecuária (2010–2020).....	68
[Capítulo 3: Artigo 2] Figura 7: Área de floresta X área desmatada (2010–2020).....	68
[Capítulo 3: Artigo 2] Figura 8: PIB per capita X desmatamento (2010–2020).....	69
[Capítulo 3: Artigo 2] Figura 9: IDHM dos municípios do arco do desmatamento (2010)..	71
[Capítulo 4: Artigo 3] Figura 1: Municípios prioritários e monitorados	98
[Capítulo 4: Artigo 3] Figura 2: Distribuição espacial do incremento de desmatamento nos municípios da área de estudo	104
[Capítulo 4: Artigo 3] Figura 3: Gastos Ambientais – F18 por município	106
[Capítulo 4: Artigo 3] Figura 4: Adequação das Despesas Públicas frente ao Desmatamento	108
[Capítulo 4: Artigo 3] Figura 5: Autocorrelação espacial para Desmatamento (A) e Despesas Ambientais (B).....	109
[Capítulo 5: Considerações Finais] Figura 1: Mapa mental da tese	119

LISTA DE TABELAS

[Capítulo 2: Artigo 1] Tabela 1: Densidade demográfica	39
[Capítulo 2: Artigo 1] Tabela 2: Média das variáveis da categoria trabalho e rendimento....	39
[Capítulo 2: Artigo 1] Tabela 3: Valores médios PIB per capita e IDH.....	40
[Capítulo 4: Artigo 3] Tabela 1: Estatística descritiva da variável Desmatamento (2011–2021)	103
[Capítulo 4: Artigo 3] Tabela 2: Estatística descritiva da variável Despesas com Gestão Ambiental (2011–2021).....	105

LISTA DE GRÁFICOS

[Capítulo 2: Artigo 1] Gráfico 1: Área territorial.....	34
[Capítulo 2: Artigo 1] Gráfico 2: Tipologia rural-urbana	34
[Capítulo 2: Artigo 1] Gráfico 3: Hierarquia urbana	35
[Capítulo 4: Artigo 3] Gráfico 1: Correlação espacial dos Gastos Ambientais e do Desmatamento	107
[Capítulo 4: Artigo 3] Gráfico 2: Evolução anual (médio e máximo) do desmatamento e dos gastos ambientais	110
[Capítulo 4: Artigo 3] Gráfico 4: Subfunções da Gestão Ambiental	112

LISTA DE QUADROS

[Capítulo 2: Artigo 1] Quadro 1: Matriz conceitual para a tipologia municipal rural-urbana	28
[Capítulo 2: Artigo 1] Quadro 2: Grau de urbanização e suas características	28
[Capítulo 2: Artigo 1] Quadro 3: Municípios Prioritários e Monitorados	30
[Capítulo 2: Artigo 1] Quadro 4: Variáveis e fontes	31
[Capítulo 2: Artigo 1] Quadro 5: Rodovias federais	37
[Capítulo 2: Artigo 1] Quadro 6: Rodovias estaduais	38
[Capítulo 3: Artigo 2] Quadro 1: Municípios Prioritários e Monitorados	60
[Capítulo 3: Artigo 2] Quadro 2: Comparação entre IDHM e PIB das classes de fronteira C, D e E	67
[Capítulo 3: Artigo 2] Quadro 3: IDH por estado e IDHM da amostra (2010)	71
[Capítulo 4: Artigo 3] Quadro 1: Municípios Prioritários e Monitorados	97
[Capítulo 4: Artigo 3] Quadro 2: Variáveis e fontes	98
[Capítulo 4: Artigo 3] Quadro 3: Dimensões do desmatamento nos municípios de Altamira (PA) e Porto Velho (RO)	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD: Arco do Desmatamento

AEDE: Análise Exploratória de Dados Espaciais

CNJ: Conselho Nacional de Justiça

CNT: Confederação Nacional do Transporte

COP: Conferência das Partes

DEM: Modelo Digital de Elevação

DESM: Desmatamento

DNIT: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

EKC: Environmental Kuznets Curve (Curva de Kuznets Ambiental)

FINBRA: Finanças do Brasil

GA: Gastos com Gestão Ambiental

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

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH: Índice de Desenvolvimento Humano

IDHM: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

LISA: Local Indicators of Spatial Association (Indicadores Locais de Associação Espacial)

LM: Lagrange Multiplier (Multiplicador de Lagrange)

MMA: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

MQO: Mínimos Quadrados Ordinários

OCDE: Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PIB: Produto Interno Bruto

PPCDaM: Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia

PRODES: Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite

REGIC: Regiões de Influência das Cidades

SEM: Spatial Error Model (Modelo de Erro Espacial)

SICONFI: Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro

SisTN: Sistema Integrado de Dados Contábeis e Fiscais

SLM: Spatial Lag Model (Modelo Lag Espacial)

SNUC: Sistema Nacional de Unidades de Conservação

STN: Secretaria do Tesouro Nacional

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE GRÁFICOS	11
LISTA DE QUADROS.....	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	13
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	18
1.1. OBJETIVOS.....	19
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	19
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	19
1.2. Definição do problema	19
1.3. Hipótese	19
1.4. Justificativa.....	20
1.5. Resumo dos Capítulos da Tese	20
CAPÍTULO 2: ARTIGO 1	21
TÍTULO: A Organização Urbana dos Municípios no Arco do Desmatamento: Uma Análise Exploratória na Amazônia Legal	21
RESUMO.....	21
1 INTRODUÇÃO.....	22
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.2 Urbanização na Amazônia Legal	26
2.3 Vulnerabilidade Socioambiental e Planejamento Urbano na Amazônia	27
2.4 Hierarquia dos Centros Urbanos.....	27
2.5 Classificação e Caracterização dos Espaços Rurais e Urbanos no Brasil	28
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 Seleção da Amostra.....	30
3.2 Variáveis e Fontes de Dados	31
3.3 Ferramentas / Tecnologias e limitações da análise exploratória.....	34
4 ANÁLISE DOS DADOS.....	34
4.1 Território e Ambiente.....	35

4.2 Dados populacionais	39
4.3 Trabalho e rendimento	40
4.4 Econômico	40
4.5 Discussão dos Resultados	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO 3: ARTIGO 2	49
TÍTULO: Análise Geográfica da Fronteira do Desmatamento na Amazônia Brasileira	49
RESUMO.....	49
1 INTRODUÇÃO	50
2 MATERIAIS E MÉTODOS	54
<i>Amazônia Legal e Arco do Desmatamento</i>	<i>54</i>
<i>Principais marcos legais e programas governamentais na região amazônica</i>	<i>56</i>
<i>Teoria da fronteira e a governança</i>	<i>58</i>
<i>Amostra.....</i>	<i>60</i>
<i>Método</i>	<i>61</i>
<i>Análise da fronteira</i>	<i>62</i>
<i>Análise do desmatamento X PIB per capita X IDHM</i>	<i>63</i>
<i>Fontes dos dados das variáveis utilizadas.....</i>	<i>64</i>
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
REFERÊNCIAS	74
CAPÍTULO 4: ARTIGO 3	81
TÍTULO: Despesas Ambientais, Desmatamento e Efeitos de Transbordamento no Arco do Desmatamento Amazônico: Uma Análise Espacial.....	81
RESUMO.....	81
1 INTRODUÇÃO	82
2 REFERENCIAL TEÓRICO	86
2.1 O Desmatamento Amazônico: Conceitos, Causas e Impactos	86
2.2 Governança Ambiental e Gestão de Recursos Comuns.....	88
2.3 Economia Ambiental, Finanças Públicas e a Eficácia do Gasto Ambiental	90

2.4 Dimensão Espacial: A Geografia do Desmatamento e das Políticas	92
3 METODOLOGIA	93
3.1 Amostra.....	93
3.2 Coleta de dados.....	95
3.3 Análise e Modelagem dos Dados.....	96
3.4 Organização da análise de dados	99
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	99
4.1 Análise Descritiva e espacial das Variáveis: Desmatamento e Gastos com Gestão Ambiental (2011-2021).....	99
4.2 Municípios Outliers: Gastos e Desmatamento	107
4.3 Discussão dos Resultados	111
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
REFERÊNCIAS	114
CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

O desmatamento na Amazônia representa um dos maiores desafios socioambientais do século XXI, com repercussões globais que afetam o clima, a biodiversidade e os sistemas hídricos. A perda de cobertura florestal, especialmente na porção brasileira da Amazônia, intensifica as mudanças climáticas ao liberar grandes volumes de carbono e compromete serviços ecossistêmicos vitais, como a regulação do ciclo da água e a manutenção da fertilidade do solo, impactando diretamente a segurança hídrica e alimentar. Além dos impactos ecológicos, o desmatamento acarreta graves consequências sociais e econômicas, desestruturando comunidades tradicionais, intensificando conflitos por terra e recursos, e expondo o país a restrições comerciais e à perda de investimentos internacionais.

No Brasil, o desmatamento não é um fenômeno recente, mas a continuação de um modelo de desenvolvimento histórico que priorizou a exploração de recursos e a expansão territorial. Particularmente, o Arco do Desmatamento da Amazônia, uma faixa que se estende por diversos estados da Amazônia Legal, concentra as maiores taxas de supressão florestal, impulsionado por atividades como a agropecuária extensiva, grilagem de terras, mineração ilegal e construção de infraestrutura. Apesar de um robusto arcabouço legal e institucional de proteção ambiental e do volume considerável de recursos públicos destinados à gestão ambiental, as taxas de desmatamento persistem em níveis preocupantes, levantando questões sobre a efetividade da aplicação dessas políticas e a transparência na alocação dos recursos.

A complexidade do problema exige uma compreensão aprofundada dos múltiplos fatores que o determinam. A urbanização, embora muitas vezes percebida como um fenômeno isolado, interage de maneira complexa com as dinâmicas de desmatamento, especialmente em regiões de fronteira. Cidades e assentamentos no Arco do Desmatamento são tanto vetores quanto receptores dos impactos da atividade extrativista, redefinindo a relação entre o urbano e o rural. Adicionalmente, as dinâmicas socioeconômicas locais, expressas por indicadores como PIB per capita e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), podem revelar se o crescimento econômico resultante das atividades que causam desmatamento se traduz em melhorias de qualidade de vida para as populações locais ou se, ao contrário, perpetua ciclos de "boom-colapso" sem desenvolvimento sustentável. Por fim, a eficácia do gasto público em gestão ambiental é um ponto crucial, pois a simples alocação de recursos não garante resultados positivos se o direcionamento geográfico, a funcionalidade e a governança local não estiverem alinhados com a realidade da pressão sobre a floresta.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a interação entre as características da organização urbana, as dinâmicas socioeconômicas e a efetividade das despesas em gestão ambiental na compreensão dos padrões de desmatamento nos municípios do Arco do Desmatamento na Amazônia Legal.

1.1.2 Objetivos Específicos

i. Analisar de forma exploratória e comparativa as características da organização urbana dos municípios situados no arco do desmatamento.

ii. Verificar como está a fronteira do desmatamento dos municípios que compõem o arco do desmatamento na Amazônia brasileira no período de 2010 a 2020, e a relação com o desenvolvimento socioeconômico local.

iii. Investigar espacialmente se as despesas do governo em gestão ambiental exercem alguma influência sobre o desmatamento dos municípios situados no arco do desmatamento da Amazônia, considerando seus padrões espaciais e a eficácia funcional do gasto público.

1.2. Definição do problema

Diante da persistência do desmatamento na Amazônia Legal, especialmente no Arco do Desmatamento, e da complexidade de seus fatores determinantes, como as características da organização urbana, as dinâmicas socioeconômicas e a alocação de recursos públicos para gestão ambiental influenciam e interagem na progressão e contenção do desmatamento nesta região?

1.3. Hipótese

A persistência do desmatamento nos municípios do Arco do Desmatamento é explicada pela desarticulação entre as características da organização urbana, que fomenta atividades extrativistas e de baixa complexidade econômica; por modelos de desenvolvimento socioeconômico que não traduzem ganhos econômicos em melhoria do desenvolvimento humano e que incentivam a expansão da fronteira; e pela ineficácia e desvio na alocação geográfica das despesas públicas ambientais, resultando em uma governança ambiental fragmentada e insuficiente para conter a pressão sobre a floresta.

1.4. Justificativa

Esta pesquisa se justifica pela urgência em compreender a dinâmica multifacetada do desmatamento em uma das regiões mais críticas da Amazônia. Apesar dos esforços governamentais e do aparato legal existente, a supressão florestal continua, indicando que a solução não reside apenas em mais legislação ou mais recursos, mas na forma como esses elementos interagem e são aplicados no território. A análise integrada da organização urbana, das variáveis socioeconômicas e da efetividade do gasto ambiental preenche uma lacuna na literatura, fornecendo subsídios empíricos cruciais para a formulação de políticas públicas mais eficientes e adaptadas às realidades locais. Ao identificar a desarticulação entre os diferentes vetores de desenvolvimento e conservação, o estudo visa contribuir para um planejamento territorial mais eficaz, que promova o desenvolvimento sustentável e a resiliência socioambiental na Amazônia, especialmente em um contexto de eventos globais como a COP 30, que demandam estratégias claras e baseadas em evidências para o futuro da região.

1.5. Resumo dos Capítulos da Tese

Este documento está estruturado em cinco capítulos principais. O Capítulo 1, esta introdução, apresenta a contextualização do problema do desmatamento no Arco do Desmatamento, os objetivos geral e específicos da pesquisa, a problemática central, a hipótese de trabalho e a justificativa para o estudo. O Capítulo 2 integra o Artigo 1, focando na organização urbana dos municípios do Arco do Desmatamento, explorando suas tipologias, hierarquias e infraestruturas urbanas. O Capítulo 3 corresponde ao Artigo 2, já publicado, que analisa a dinâmica da fronteira do desmatamento e sua relação com indicadores socioeconômicos como o PIB per capita e o IDHM. O Capítulo 4 apresenta o Artigo 3, dedicado à análise espacial das despesas governamentais em gestão ambiental e sua influência na redução do desmatamento. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais, sintetizando os principais achados dos três artigos, avaliando a hipótese da pesquisa e propondo implicações para políticas públicas futuras. As referências bibliográficas utilizadas nesta introdução são listadas ao final deste capítulo.

CAPÍTULO 2: ARTIGO 1

TÍTULO: A Organização Urbana dos Municípios no Arco do Desmatamento: Uma Análise Exploratória na Amazônia Legal

The Urban Organization of Municipalities in the Deforestation Arc: An Exploratory Analysis in the Legal Amazon

Fernanda Jaqueline Lopes
Universidade de Brasília – UnB

RESUMO

Este artigo apresenta uma análise exploratória da organização urbana em 70 municípios localizados no arco do desmatamento da Amazônia. O objetivo principal do estudo é caracterizar a dinâmica municipal sob uma perspectiva territorial e ambiental, classificar os municípios de acordo com a tipologia rural-urbana e a hierarquia urbana, e analisar suas semelhanças e diferenças. Fundamentada em conceitos teóricos de urbanização estendida e planetária, a pesquisa investiga os fenômenos urbanos singulares nesta região, fortemente influenciados pela expansão da fronteira agrícola e pela extração de recursos. Utilizando dados de fontes oficiais brasileiras (p. ex., Censo do IBGE e REGIC), os achados revelam que, apesar de uma alta população urbana, 80% dos municípios da amostra são classificados como "Centros Locais" com vastas extensões territoriais, indicando uma urbanização difusa e heterogênea. Além disso, a infraestrutura urbana e a conectividade rodoviária exibem disparidades significativas e desafios de qualidade, respectivamente. Indicadores socioeconômicos destacam vulnerabilidades prevalentes, com uma parcela substancial da força de trabalho recebendo baixos salários. O estudo conclui que a urbanização amazônica é um processo multifacetado, exigindo políticas públicas adaptativas que reconheçam as especificidades locais para fomentar um planejamento regional eficaz e a resiliência socioambiental.

Palavras-chave: Organização urbana, Desenvolvimento territorial, Vulnerabilidade socioeconômica, Arco do desmatamento, Amazônia Legal.

ABSTRACT

This article presents an exploratory analysis of urban organization in 70 municipalities located in the Amazon deforestation arc. The main objective of the study is to characterize the municipal dynamics from a territorial and environmental perspective, classify the

municipalities according to rural-urban typology and urban hierarchy, and analyze their similarities and differences. Based on theoretical concepts of extended and planetary urbanization, the research investigates the unique urban phenomena in this region, strongly influenced by the expansion of the agricultural frontier and resource extraction. Using data from official Brazilian sources (e.g., IBGE Census and REGIC), the findings reveal that, despite a high urban population, 80% of the sampled municipalities are classified as "Local Centers" with vast territorial extensions, indicating diffuse and heterogeneous urbanization. Moreover, urban infrastructure and road connectivity exhibit significant disparities and quality challenges, respectively. Socioeconomic indicators highlight prevalent vulnerabilities, with a substantial portion of the workforce receiving low wages. The study concludes that Amazonian urbanization is a multifaceted process, requiring adaptive public policies that recognize local specificities to foster effective regional planning and socio-environmental resilience.

Keywords: Urban organization, Territorial development, Socioeconomic vulnerability, Deforestation arc, Legal Amazon.

1 INTRODUÇÃO

A complexidade e diversidade das redes urbanas são intrínsecas à divisão territorial do trabalho, onde cada centro e rede se insere distintamente nos processos de produção, distribuição, circulação e consumo (Bastos & Casaril, 2016). No Brasil, a evolução da rede urbana tem sido objeto de estudo desde a década de 1930, caracterizada inicialmente pela instabilidade de pequenas aglomerações com potencial de crescimento (Deffontaines, 1944; 1945). O papel das cidades como pilares da atividade industrial regional e a estruturação de classificações funcionais dos centros urbanos foram temas centrais no Congresso da União Geográfica Internacional (UGI) de 1956, e posteriormente aprofundados por pesquisadores como Pedro Geiger, que em 1963 já correlacionava a urbanização com a industrialização. Em uma perspectiva global, o processo de urbanização passou por profundas transformações a partir dos anos 1960, impulsionado pela crise do fordismo e culminando em novas configurações socioespaciais (Benko, 1996; Sposito, 2015).

A compreensão da organização urbana municipal contemporânea transcende a simples análise de densidade demográfica ou limites administrativos convencionais. Em contextos de rápida transformação e fronteira, o fenômeno urbano se manifesta de maneiras difusas e

complexas. Conceitos como "urbanização estendida" e "urbanização planetária" (Brenner & Schmid, 2015; Côrtes, D'Antona & Ojima, 2020; Wilson & Bayón, 2015) demonstram que as características urbanas podem se expandir e influenciar vastas áreas regionais. Essa perspectiva sublinha a necessidade de que as políticas públicas, particularmente em âmbito local, sejam adaptadas às singularidades e potencialidades de cada território, promovendo um desenvolvimento que valorize a diversidade espacial (Santinha, 2014).

A Amazônia Legal ilustra vividamente essa complexidade. Caracterizada historicamente pela expansão da fronteira agrícola e pelo desmatamento (Becker & Egler, 1992; Poccard-Chapuis et al., 2020), a região vivencia um processo de urbanização com características singulares. Embora tradicionalmente percebida como predominantemente rural, mais de 70% de sua população já residia em áreas oficialmente urbanas em 2010 (IBGE, 2010a), uma tendência de acelerada evolução urbana que se consolidou ao longo dos séculos e se intensificou nas últimas décadas (Carvalho, 2023). As expressões contemporâneas do desmatamento estão fortemente ligadas a dinâmicas produtivas e infraestruturais que reconfiguram a urbanização. Estudos apontam que a extração de recursos e as dinâmicas econômicas nessas áreas contribuem para o crescimento urbano, redefinindo a relação entre urbanização e processos socioambientais (Richards & Vanwey, 2015; Ribeiro et al., 2022; Côrtes & Silva Júnior, 2021). Evidências mostram que a abertura de corredores logísticos pode induzir crescimento urbano em cidades próximas aos “campos de recursos” (Richards & Vanwey, 2015), enquanto grandes empreendimentos — como hidrelétricas — geram impactos sociais locais e urbanização rápida e caótica nas cidades do entorno (Schmutz, 2023). De modo similar, rodovias e a intensificação do comércio alteram profundamente o tecido urbano na Amazônia (Pellegrina, 2014). Em escalas sub-regionais, pesquisas recentes têm descrito padrões e métricas de urbanização (Cabrera-Barona et al., 2023) e formas urbanas em pequenos centros do Delta do Amazonas (Carmo & Costa, 2024), ao passo que análises espaciais relacionam urbanização e desmatamento segundo a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (Ribeiro et al., 2022). A pluralidade dos municípios brasileiros, diferenciados por sua posição geográfica, demografia, origem e desenvolvimento econômico, confere-lhes papéis distintos nas redes urbanas e na conformação regional.

Neste cenário, a presente pesquisa busca responder ao seguinte questionamento: Quais são as principais características da organização urbana dos municípios situados no arco do desmatamento?

O objetivo geral é desenvolver uma análise exploratória e comparativa sobre as características da organização urbana dos municípios situados no arco do desmatamento.

A fim de alcançar o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

i. Identificar as principais características da dinâmica municipal dos municípios da amostra sob a perspectiva do território e ambiente.

ii. Classificar e caracterizar os municípios segundo a tipologia rural-urbana e a posição na hierarquia urbana, descrevendo níveis de infraestrutura e conectividade com base em tipologias e critérios institucionais.

iii. Analisar as semelhanças e diferenças entre os municípios.

No Brasil, políticas e ações públicas precisam reconhecer a heterogeneidade territorial e a diversidade de recursos e capacidades locais para promover coesão e resiliência. Essa discussão ganha espessura empírica na Amazônia ocidental: estudos sobre Porto Velho (RO) evidenciam vulnerabilidades socioambientais intraurbanas associadas a queimadas, infraestrutura urbana precária e desigualdades territoriais, apontando para a necessidade de respostas intersetoriais (Gonçalves et al., 2014) e para a importância da estruturação de lugares intraurbanos no entendimento da vulnerabilidade social (Souza, 2017). Esses achados reiteram que a análise urbana na Amazônia deve articular dimensões ambientais, sociais e infraestruturais, mesmo quando o foco empírico recai sobre municípios não metropolitanos.

A relevância deste estudo é multifacetada, contribuindo tanto para o avanço do conhecimento científico quanto para o subsídio ao planejamento territorial. Ao focar nas características da organização urbana de 70 municípios inseridos no arco do desmatamento, a pesquisa investiga uma amostra geográfica particular que justifica sua seleção pelo fato de esses municípios apresentarem dinâmicas específicas de crescimento e desenvolvimento. A análise exploratória proposta oferece uma perspectiva que transcende as abordagens convencionais do urbano, dialogando com as discussões sobre a complexidade da governança em regiões dinâmicas (Harrison & Hoyler, 2014) e a reconfiguração das funções urbanas em diferentes escalas (Scott, 1998; Healey, 2007; Paddison, 2001; Allmendinger & Haughton, 2010). A compreensão das particularidades desses municípios amazônicos, onde a urbanização é frequentemente influenciada por fatores como a exploração de recursos e a implementação de infraestrutura (Schmutz, 2023; Pellegrina, 2014; Sousa et al., 2025), permite identificar padrões de organização urbana que podem divergir daqueles observados em outras regiões.

Tais achados são essenciais para o aprimoramento de políticas públicas e estratégias de planejamento regional, fornecendo aos gestores municipais e à população informações que podem orientar projetos e desafios futuros nas esferas econômica, política, social e ambiental (Gonçalves et al., 2014; Souza, 2017). Ao descrever as particularidades do tecido urbano amazônico (Cabrera-Barona et al., 2023) e as implicações da urbanização na região (Jesus & Bastos, 2024; Júnior et al., 2024; Carmo & Costa, 2024), este estudo visa oferecer uma contribuição significativa para um entendimento mais acurado de como as políticas públicas e o planejamento regional podem ser mais eficazes ao considerar as especificidades da organização urbana nesses territórios.

Este artigo está estruturado em cinco seções. A presente introdução é seguida pela seção de referencial teórico, que explora a formação socioespacial brasileira, a hierarquia dos centros urbanos e a classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos no Brasil. A terceira seção detalha a metodologia adotada para o desenvolvimento da pesquisa. A quarta seção apresenta a análise dos resultados. Finalmente, a última seção sintetiza os principais achados do estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este referencial teórico consolida e articula os conceitos fundamentais para a análise exploratória e comparativa da organização urbana dos municípios situados no arco do desmatamento. Aborda a dinâmica das redes urbanas, a complexidade da urbanização amazônica, as vulnerabilidades socioambientais e a relevância da hierarquia e classificação dos espaços urbanos e rurais brasileiros, fornecendo a base conceitual para o cumprimento dos objetivos da pesquisa, que incluem identificar as características da dinâmica municipal sob a perspectiva de território e ambiente, classificar os municípios segundo a tipologia rural-urbana e a hierarquia urbana, e analisar suas semelhanças e diferenças.

2.1 Dinâmica das Redes Urbanas e Conceitos de Urbanização Estendida e Planetária

A formação das redes urbanas reflete intrinsecamente a divisão territorial do trabalho, com cada centro e sua rede de influência particularizando-se nos processos de produção, distribuição, circulação e consumo (Bastos & Casaril, 2016). No Brasil, a evolução da rede urbana é um campo de estudo consolidado, com pesquisas que datam da década de 1930, descrevendo a instabilidade e o potencial de crescimento de pequenas aglomerações

(Deffontaines, 1944; 1945). O vínculo entre urbanização e industrialização foi central desde meados do século XX, com Pedro Geiger destacando essa correlação em 1963.

A partir dos anos 1960, o processo de urbanização global passou por transformações profundas, marcadas pela crise do Fordismo e pela emergência de novas configurações socioespaciais (Benko, 1996; Sposito, 2015). Essas mudanças impulsionaram uma reavaliação das categorias analíticas do urbano, destacando a complexidade e a fluidez das fronteiras entre o urbano e o rural. Conceitos como "urbanização estendida" e "urbanização planetária" (Brenner & Schmid, 2015; Côrtes, D'Antona & Ojima, 2020; Wilson & Bayón, 2015) demonstram que as características urbanas podem se expandir e influenciar vastas áreas regionais, integrando dinâmicas tradicionalmente não consideradas urbanas.

Essa perspectiva é crucial para compreender a necessidade de políticas públicas adaptadas às singularidades de cada território, promovendo um desenvolvimento que valorize a diversidade espacial (Santinha, 2014). A governança em regiões dinâmicas e a reconfiguração das funções urbanas em diferentes escalas dialogam diretamente com essa complexidade, exigindo uma abordagem que reconheça a articulação entre o global e o local na produção do espaço urbano (Harrison & Hoyler, 2014; Scott, 1998; Healey, 2007; Paddison, 2001; Allmendinger & Haughton, 2010).

2.2 Urbanização na Amazônia Legal

A Amazônia Legal oferece um campo empírico singular para o estudo da urbanização. Embora historicamente associada à expansão da fronteira agrícola e ao desmatamento (Becker & Egler, 1992; Pocard-Chapuis et al., 2020), a região vivencia um processo de urbanização com características próprias e uma evolução acelerada, com mais de 70% de sua população residindo em áreas oficialmente urbanas desde 2010 (IBGE, 2010a; Carvalho, 2023).

A relação entre desmatamento e urbanização na Amazônia é complexa e bidirecional. Estudos recentes apontam que as dinâmicas produtivas e infraestruturais reconfiguram a urbanização, com a extração de recursos e a abertura de corredores logísticos induzindo o crescimento urbano em cidades próximas aos "campos de recursos" (Richards & Vanwey, 2015; Ribeiro et al., 2022; Côrtes & Silva Júnior, 2021). Grandes empreendimentos, como hidrelétricas, também geram impactos sociais locais e uma urbanização rápida e, por vezes, caótica nas cidades do entorno (Schmutz, 2023). De modo similar, a construção de rodovias e a intensificação do comércio alteram profundamente o tecido urbano na região (Pellegrina, 2014; Jesus & Bastos, 2024).

Pesquisas em escalas sub-regionais têm contribuído para a descrição de padrões e métricas de urbanização (Cabrera-Barona et al., 2023) e formas urbanas em pequenos centros (Carmo & Costa, 2024; Júnior et al., 2024). Além disso, a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental tem sido utilizada para analisar a relação entre urbanização e desmatamento, buscando identificar se o aumento da urbanização pode, em certas condições, levar à diminuição da pressão sobre a floresta (Ribeiro et al., 2022). A compreensão desses processos exige a consideração da influência de pressões antropogênicas na mudança de uso e cobertura da terra (Sousa et al., 2025).

2.3 Vulnerabilidade Socioambiental e Planejamento Urbano na Amazônia

A heterogeneidade territorial dos municípios brasileiros, diferenciada por sua posição geográfica, demografia, origem e desenvolvimento econômico, confere-lhes papéis distintos nas redes urbanas e na conformação regional. Na Amazônia ocidental, estudos sobre Porto Velho (RO) evidenciam vulnerabilidades socioambientais intraurbanas associadas a queimadas, infraestrutura urbana precária e desigualdades territoriais, sublinhando a necessidade de respostas intersetoriais (Gonçalves et al., 2014) e a importância da estruturação de lugares intraurbanos para o entendimento da vulnerabilidade social (Souza, 2017).

A análise urbana na Amazônia, portanto, deve articular as dimensões ambiental, social e infraestrutural, mesmo quando o foco empírico recai sobre municípios não metropolitanos. A compreensão das particularidades desses municípios amazônicos, onde a urbanização é influenciada por fatores como a exploração de recursos e a implementação de infraestrutura, permite identificar padrões de organização urbana que podem divergir daqueles observados em outras regiões. Tais achados são essenciais para o aprimoramento de políticas públicas e estratégias de planejamento regional, fornecendo subsídios para gestores e a população orientarem projetos e desafios futuros nas esferas econômica, política, social e ambiental.

2.4 Hierarquia dos Centros Urbanos

Desde 1960, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) publica estudos relacionados à divisão territorial, destacando-se as edições do *Regiões de Influência das Cidades (REGIC)*, como a de 2018. O objetivo do REGIC é analisar a rede urbana brasileira, estabelecendo a hierarquia dos centros urbanos e suas regiões de influência. Este documento constitui um instrumento importante para o planejamento estatal, pois estabelece critérios para a qualificação das cidades e as relações entre elas, revelando eixos de integração no território e padrões diferenciados de distribuição de centralidades urbanas (IBGE, 2018).

A rede urbana é estruturada a partir da hierarquia dos centros urbanos, considerando as funções de gestão que exercem sobre outras cidades, e pela ligação das cidades de menor para as de maior hierarquia. As metrópoles, por exemplo, são os elos finais de cada rede, concentrando as vinculações de todas as cidades do território nacional (IBGE, 2020).

Para essa classificação, são considerados seus respectivos papéis de comando em atividades empresariais e de gestão pública, além da sua atratividade em suprir bens e serviços para outras cidades. A hierarquia é dividida em cinco níveis e regiões de influência: (1) Metrópole (Grande Metrópole Nacional, Metrópole Nacional e Metrópole); (2) Capital Regional (Capital Regional A, B e C); (3) Centro Sub-regional (Centro Sub-regional A e B); (4) Centro de Zona (Centro de Zona A e B); e (5) Centro Local (IBGE, 2020).

A aplicação dessa hierarquia aos municípios no arco do desmatamento permite classificá-los e caracterizá-los segundo sua posição na rede urbana, descrevendo níveis de infraestrutura e conectividade.

2.5 Classificação e Caracterização dos Espaços Rurais e Urbanos no Brasil

As conexões estabelecidas entre espaços urbanos e rurais são sinérgicas e complementares, impactando a configuração espacial brasileira. Os meios rurais e urbanos são distintos, complexos e heterogêneos, e sua classificação é crucial para o planejamento territorial nacional e para ações públicas e privadas. Essa classificação demanda abordagens multidimensionais, dadas as transformações que ocorreram tanto no campo quanto nas cidades nas últimas décadas (IBGE, 2017).

Características marcantes no meio rural incluem o aumento de atividades não agrícolas, mecanização, valorização da biodiversidade, expansão do setor terciário e intensificação de fluxos materiais e imateriais. No meio urbano, a intensa urbanização não se restringe apenas aos processos migratórios, mas também ao desenvolvimento de atividades e estruturas urbanas misturadas com atividades rurais, fenômeno conhecido como periurbanização (IBGE, 2017).

Em 2017, o IBGE publicou uma proposta de classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos no Brasil, baseada em uma matriz conceitual para a tipologia municipal rural-urbana.

Quadro 1: Matriz conceitual para a tipologia municipal rural-urbana

Faixas de população total em áreas de ocupação densa	Distribuição percentual da população em áreas de ocupação densa			
	Maior que 75%	50 a 75%	25 e 50%	Menor que 25%
Unidades Populacionais com mais de 50.000 habitantes em área de ocupação densa	Predominantemente urbano			
Unidades populacionais que possuem entre 25.000 e 50.000 habitantes em área de ocupação densa	Predominantemente urbano	Predominantemente urbano	Intermediário	Predominantemente rural
Unidades populacionais que possuem entre 10.000 e 25.000 habitantes em área de ocupação densa	Predominantemente urbano	Intermediário	Predominante-mente rural	Predominantemente rural
Unidades populacionais que possuem entre 3.000 e 10.000 habitantes em área de ocupação densa	Intermediário	Predominantemente rural	Predominante-mente rural	Predominantemente rural
Unidades populacionais com menos de 3 000 habitantes em área de ocupação densa	Predominantemente rural			

Fontes: 1. IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia. 2. Censo demográfico 2010. Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro, IBGE, 2011. 3. Grade estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

Essa matriz considera a distribuição percentual da população em áreas de ocupação densa e faixas de população total nessas áreas. Municípios são classificados como predominantemente urbanos (mais de 50.000 habitantes em áreas de ocupação densa) ou predominantemente rurais (população inferior a 3.000 habitantes em áreas de ocupação densa) (IBGE, 2017). O quadro 1, abaixo, apresenta a matriz conceitual para a tipologia municipal rural-urbana.

Além disso, o grau de urbanização, como demonstrado no quadro 2, é mensurado por faixas percentuais da população concentrada em áreas de ocupação densa, classificando-se em alto (mais de 75%), moderado (entre 50% e 75%) e baixo (menos de 50%) (IBGE, 2017).

Quadro 2: Grau de urbanização e suas características

Grau de urbanização	Característica
Alto	Unidades populacionais que apresentam mais de 75% da população residente em áreas de ocupação densa.
Moderado	Unidades populacionais que apresentam entre 50 e 75% da população residente em áreas de ocupação densa
Baixo	Unidades populacionais que apresentam menos de 50% da população residente em áreas de ocupação densa.

Fonte: Adaptado de IBGE (2017, p.51).

A aplicação dessas classificações permite identificar as principais características da dinâmica municipal dos municípios da amostra sob a perspectiva do território e ambiente, além de classificar e caracterizar os municípios segundo a tipologia rural-urbana, contribuindo para analisar semelhanças e diferenças entre eles.

A compreensão da organização urbana contemporânea exige uma abordagem multidimensional que transcenda definições tradicionais, especialmente em contextos de

rápida transformação territorial como a Amazônia. Este referencial teórico fundamenta a análise da organização urbana em municípios do arco do desmatamento, articulando conceitos sobre a dinâmica das redes urbanas, a evolução do fenômeno urbano e as especificidades socioespaciais da Amazônia brasileira.

3 METODOLOGIA

Esta seção detalha o percurso metodológico adotado para conduzir a análise exploratória e comparativa sobre a dinâmica municipal e as características da organização urbana dos municípios situados no arco do desmatamento. A abordagem metodológica foi delineada para permitir uma compreensão aprofundada das dinâmicas municipais, sem a pretensão de realizar análises inferenciais ou modelagem preditiva.

3.1 Seleção da Amostra

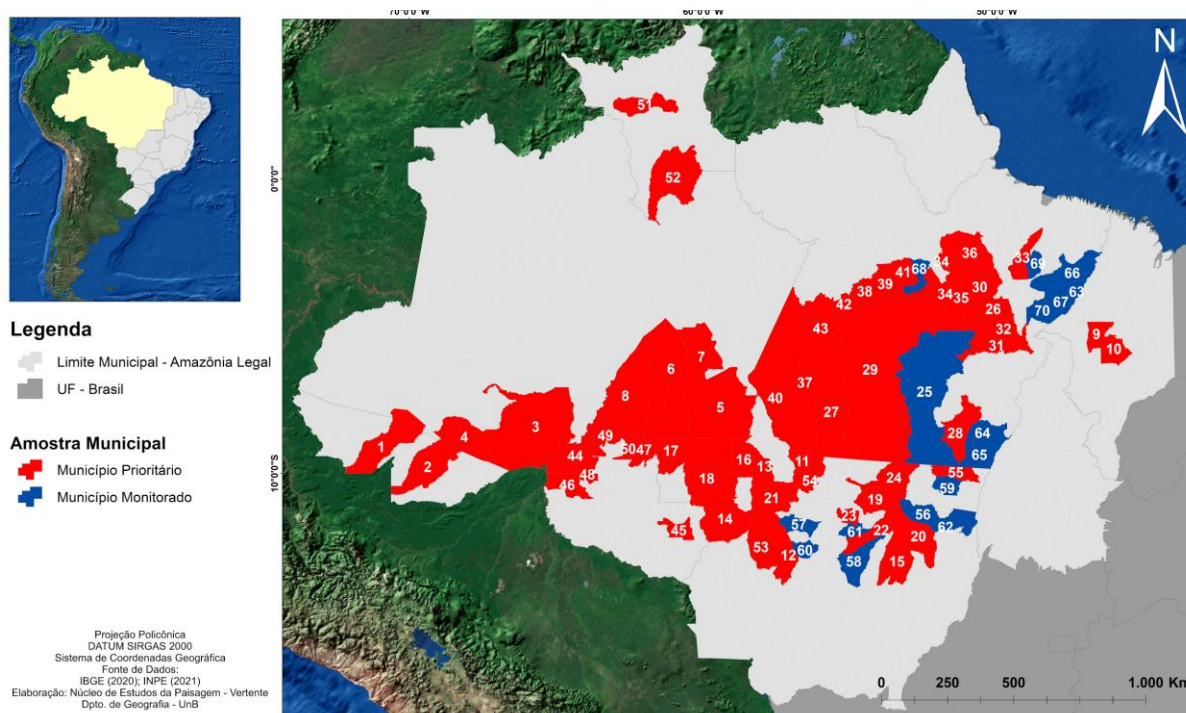
A amostra desta pesquisa é composta por 70 municípios brasileiros localizados no arco do desmatamento, abrangendo os estados do Acre, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Roraima e Rondônia. A seleção desses municípios teve como parâmetro a lista publicada pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA), que os classifica como prioritários (52 municípios) e monitorados (18 municípios) sobre ações de prevenção, monitoramento e controle do desmatamento no Bioma Amazônia (Portaria MMA nº 9 de 11 de janeiro de 2021, fundamentada no Decreto 6.321/2007). Esta seleção justifica-se pela particularidade de suas dinâmicas de crescimento e desenvolvimento, intrinsecamente ligadas aos processos de desmatamento na região.

O quadro 3, abaixo, juntamente com a figura 1, mostram a localização e os municípios que compõem a amostra final deste estudo.

Quadro 3: Municípios Prioritários e Monitorados

UF	Município	UF	Município	UF	Município	UF	Município
1 AC	Feijó	19 MT	Marcelândia	37 PA	Itaituba	3 MT	Vila Rica
2 AC	Sena Madureira	20 MT	Querência	38 PA	Placas	4 MT	São Félix do Araguaia
3 AM	Lábrea	21 MT	Juara	39 PA	Uruará	5 MT	Porto dos Gaúchos
4 AM	Boca do Acre	22 MT	Feliz Natal	40 PA	Jacareacanga	6 MT	Nova Ubitatã
5 AM	Apuí	23 MT	Cláudia	41 PA	Medicilândia	7 MT	Confresa
6 AM	Manicoré	24 MT	Peixoto de Azevedo	42 PA	Rurópolis	8 MT	Tapurah
7 AM	Novo Aripuanã	25 PA	São Felix do Xingu	43 PA	Trairão	9 MT	Santa Carmem
8 AM	Humaitá	26 PA	Novo Repartimento	44 RO	Porto Velho	10 MT	Alto Boa Vista
9 RO	Amarante do Maranhão	27 PA	Novo Progresso	45 RO	Pimenta Bueno	11 PA	Ulianópolis
10 RO	Grajaú	28 PA	Cumaru do Norte	46 RO	Nova Mamoré	12 PA	Santa Maria das Barreiras
11 MT	Paranaita	29 PA	Altamira	47 RO	Machadinho D'Oeste	13 PA	Santana do Araguaia
12 MT	Nova Maringá	30 PA	Pacajá	48 RO	Buritis	14 PA	Paragominas
13 MT	Nova Bandeirantes	31 PA	Marabá	49 RO	Candeias do Jamari	15 PA	Dom Eliseu
14 MT	Juína	32 PA	Itupiranga	50 RO	Cujubim	16 PA	Brasil Novo
15 MT	Gaúcha do Norte	33 PA	Moju	51 RR	Mucajai	17 PA	Tailândia
16 MT	Cotriguaçu	34 PA	Senador José Porfírio	52 RR	Rorainópolis	18 PA	Rondon do Pará
17 MT	Colniza	35 PA	Anapu	1 MT	Brasnorte		
18 MT	Aripuanã	36 PA	Portel	2 MT	Alta Floresta		

Fonte: Portaria MMA nº 9, 2021.

**Figura 1: Municípios prioritários e monitorados**

Elaboração: Os autores, 2025.

3.2 Variáveis e Fontes de Dados

Para atender aos objetivos específicos da pesquisa, foram levantadas e coletadas diversas variáveis, categorizadas em quatro grupos principais: Território e Ambiente, Dados Populacionais, Trabalho e Rendimento e Econômicos, como demonstrado no quadro 4, abaixo.

As fontes primárias para a coleta desses dados foram plataformas e publicações de órgãos oficiais brasileiros, garantindo a robustez e a credibilidade das informações. Sendo assim, todas estas variáveis foram extraídas no sistema Cidades@ do IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>) o qual agrega informações sobre todos os municípios e estados do Brasil. Para as variáveis referente a extensão das rodovias e pavimentação, será feita busca na pesquisa da Confederação Nacional de Transporte (CNT) de Rodovias 2018 (<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/Downloads/Edicoes//2018/Relat%C3%B3rio%20por%20Unidade%20Federativa/AC.pdf>) e publicações do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) sobre rodovias federais.

Quadro 4: Variáveis e fontes

Categoria	Variável	Descrição	Unidade/Tipo	Fonte
Território e Ambiente	Área territorial	Extensão da área municipal.	Km²	IBGE Cidades@
	Tipologia rural-urbana	Classificação do município com base na distribuição da população em áreas de ocupação densa (predominantemente urbano, intermediário adjacente, intermediário remoto, rural adjacente, rural remoto).	Categórica (5 classes)	IBGE (2017)
	Arborização de vias públicas	Porcentagem de domicílios urbanos em face de quadra com arborização.	%	IBGE Censo Demográfico 2010
	Urbanização de vias públicas	Porcentagem de domicílios urbanos em face de quadra com boca de lobo, pavimentação, meio-fio e calçada.	%	IBGE Censo Demográfico 2010
	Bioma	Bioma predominante no território municipal (informação contextual).	Categórica	IBGE
	Hierarquia urbana e Região de Influência	Classificação do município na rede urbana brasileira (Metrópole, Capital Regional A/B/C, Centro Sub-regional A/B, Centro de Zona A/B, Centro Local) e sua principal região de influência.	Categórica (5 níveis)	IBGE REGIC 2018 (2020)
	Rodovias (situação favorável/isolado)	Classificação da situação geográfica do município em relação às principais rodovias (estaduais e federais).	Categórica (Favorável/Isolado)	Endlich (2009), Google Maps, Pesquisa CNT de Rodovias 2018
Dados Populacionais	População total	Número total de habitantes do município.	Número de habitantes	IBGE Censo Demográfico 2010
	Densidade demográfica	Número de habitantes por quilômetro quadrado.	hab/Km²	IBGE Cidades@ (cálculo próprio)
Trabalho e Rendimento	Salário médio mensal (2018)	Salário médio dos trabalhadores formais.	Salários-Mínimos	IBGE Cadastro Central de Empresas 2018
	Pessoal ocupado	Porcentagem do pessoal ocupado em relação à população total do município.	%	IBGE Cadastro Central de Empresas 2018
	População com até 1/2 salário-mínimo	Porcentagem da população residente em domicílios particulares permanentes com rendimento mensal de até 1/2 salário-mínimo.	%	IBGE
Econômicos	PIB per capita (2018)	Produto Interno Bruto por habitante.	R\$	IBGE Cidades@
	IDH (2010)	Índice de Desenvolvimento Humano.	Escala (0 a 1)	IBGE Cidades@

Fonte: O autor, 2025.

Na primeira categoria, território e ambiente, foram levantadas as informações referentes a área territorial (Km²), tipologia rural-urbana, arborização de vias públicas, urbanização de vias públicas, bioma, hierarquia urbana, região de influência e rodovias que cortam o município (favorável/isolado).

A classificação da tipologia foi feita utilizando a matriz conceitual para a tipologia municipal rural-urbana, desenvolvida pelo IBGE (2017) e exposta no quadro 1. Sendo assim, os municípios são classificados em três classes conforme seu grau de urbanização (baixo-moderado e alto): 1- Predominantemente urbano, 2- Intermediário e 3- Predominantemente rural (IBGE, 2017, p.60).

Sobre a arborização e urbanização de vias públicas são considerados para seus respectivos cálculos: 1. [domicílios urbanos em face de quadra com arborização/domicílios urbanos totais] x100, e 2. [domicílios urbanos em face de quadra com boca de lobo e pavimentação e meio-fio e calçada/domicílios urbanos totais] x 100. Os dados são referentes ao Censo Demográfico 2010 e 2022 do IBGE.

Em relação a hierarquia ocupada na rede urbana, os municípios foram classificados, de acordo com IBGE (2020) em: 1- metrópole (Grande Metrópole Nacional, Metrópole Nacional e Metrópole); 2 - Capital Regional (Capital Regional A, Capital Regional B e Capital Regional C); 3 - Centro Sub-regional (Centro Sub-regional A e Centro Sub-regional B); 4 - Centro de Zona (Centro de Zona A e Centro de Zona B) e 5 - Centro Local. Também serão explícitas as respectivas regiões de influência de cada município.

Sobre as rodovias, primeiramente levantou todas as principais vias (estaduais ou federais) que cortam os municípios e então classificou-se como favorável ou isolado, utilizando os mesmos critérios adotados no estudo de Endlich (2009) considerando o aproveitamento da situação geográfica. Essa busca foi feita pelo Google Maps (<https://www.google.com/maps/?hl=pt-br>) o que possibilitou visualizar quais são as rodovias que cortam ou tangenciam as localidades pesquisadas. Utilizou-se como suporte o endereço eletrônico e pesquisa intitulada *Pesquisa CNT de Rodovias 2018*, desenvolvida pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) para obtenção de informações sobre as rodovias estaduais e federais. É importante ressaltar que as informações sobre estado geral das rodovias consideram apenas os trechos pavimentados e não sua total extensão.

Em relação aos dados populacionais, obteve os dados sobre população total de cada localidade no último censo (2022) e densidade demográfica. No item trabalho e rendimento

foram verificadas informações sobre: salário médio mensal (2022), pessoal ocupado [pessoal ocupado no município/ população total do município) x100], população ocupada %, e % até meio salário-mínimo [(população residente em domicílios particulares permanentes com rendimento mensal de até 1/2 salário-mínimo / População total residente em domicílios particulares permanentes) x 100].

Por fim, sobre os dados econômicos selecionou os valores como Produto Interno Bruto (PIB) per capita de 2021 e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) referente ao ano de 2010.

Com o levantamento de todos os dados necessários, foi possível verificar as semelhanças e diferenças entre os municípios da amostra.

3.3 Ferramentas / Tecnologias e limitações da análise exploratória

Para a seleção e manipulação inicial dos dados, utilizou-se a linguagem de programação Python. Ferramentas de *scripting* em Python foram empregadas para automatizar a extração e a limpeza de informações de diferentes fontes, garantindo a consistência do conjunto de dados. Posteriormente, o software Microsoft Excel foi utilizado para a separação, organização, sumarização e criação de gráficos exploratórios, facilitando a visualização e a compreensão preliminar dos padrões nos dados.

É crucial reconhecer que a análise exploratória de dados, por sua natureza, possui limitações. Este estudo não busca estabelecer relações de causa e efeito, nem construir modelos preditivos. As observações e tendências identificadas são baseadas nas características dos dados disponíveis e servem como um ponto de partida para a formulação de hipóteses e para a condução de estudos futuros mais aprofundado. As conclusões são descritivas e comparativas, restritas à amostra analisada e não se destinam a generalizações para além do contexto explorado. Futuras pesquisas poderiam se aprofundar em análises inferenciais para testar as hipóteses levantadas.

4 ANÁLISE DOS DADOS

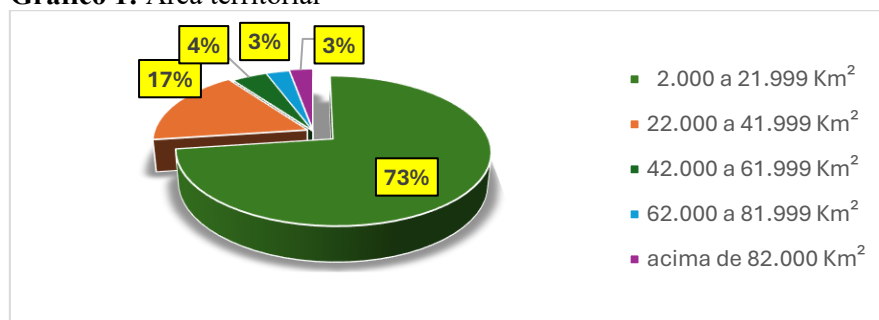
Após a coleta e organização dos dados, foi elaborada uma planilha consolidando todas as variáveis observáveis para esta pesquisa. Este tópico apresenta as principais características dos municípios estudados, seguindo a sequência definida na metodologia.

4.1 Território e Ambiente

Área territorial e tipologia rural-urbana

Ao analisar a área territorial dos municípios, o Gráfico 1, revela que 73% (51) dos municípios estudados possuem entre 2.000 e 21.999 Km². Apenas 3% (2 municípios) apresentam dimensões superiores a 82.000 Km². O menor município da amostra é Alto Boa Vista (MT), com 2.248 Km² de extensão, enquanto o maior é Altamira (PA), com expressivos 159.533 Km².

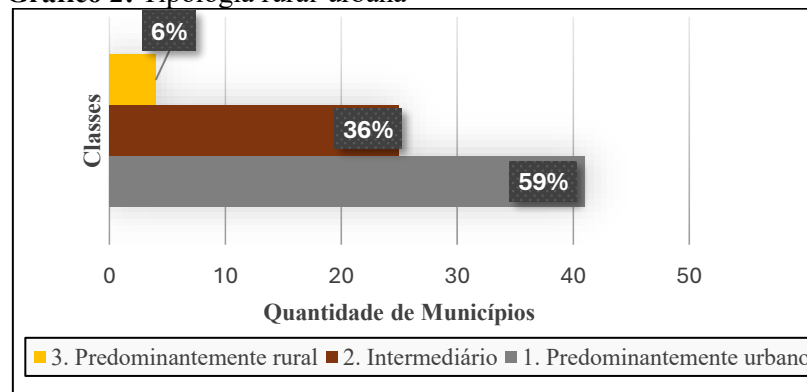
Gráfico 1: Área territorial



Fonte: Dados da pesquisa.

O Gráfico 2, referente à **tipologia rural-urbana**, indica que 6% dos municípios são classificados como predominantemente rurais. Estes incluem Santa Carmem (MT), Porto dos Gaúchos (MT), Alto da Boa Vista (MT) e Nova Maringá (MT). De acordo com a matriz conceitual do IBGE (Quadro 1), esses municípios são unidades populacionais com menos de 7.499 habitantes em áreas de ocupação densa. Observando o conjunto de dados em conjunto com a população e densidade demográfica, verifica-se que estes municípios, embora classificados como rurais, possuem uma população que varia entre 5.374 e 5.846 habitantes. Todos eles se enquadram na categoria de centro local (nível 5 da hierarquia urbana).

Gráfico 2: Tipologia rural-urbana



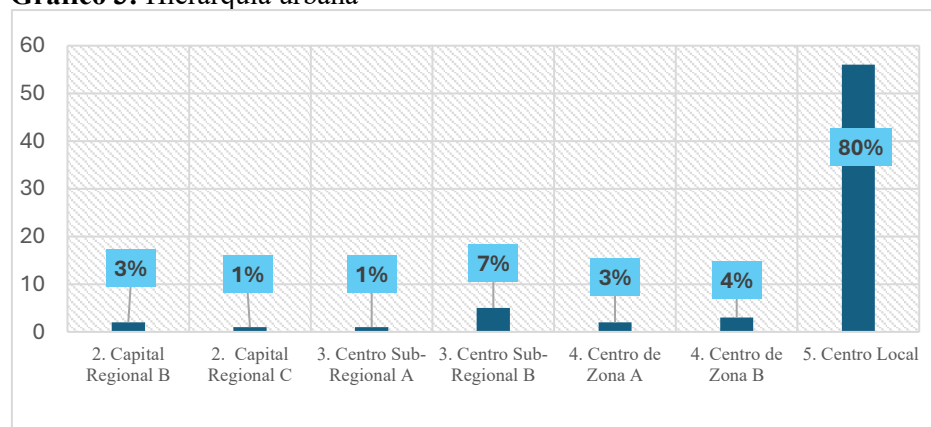
Fonte: Dados da pesquisa.

Por outro lado, os municípios classificados como predominantemente urbanos (59% da amostra) não exibem homogeneidade em relação à hierarquia urbana. Este grupo abrange desde centros sub-regionais e centros locais até capitais regionais. A população desses municípios predominantemente urbanos varia entre 25.444 habitantes em Nova Mamoré (RO) e 460.434 habitantes em Porto Velho (RO).

Hierarquia Urbana

O Gráfico 3 ilustra a classificação da amostra quanto à hierarquia urbana. Do total de 70 municípios, 56 (80%) são classificados como centros locais. O nível hierárquico mais elevado encontrado na amostra (4%) corresponde às Capitais Regionais de nível B (Porto Velho – RO e Candeias do Jamarí – RO) e nível C (Marabá – PA). As respectivas regiões de influência desses municípios são o arranjo populacional de Brasília-DF (Metrópole Nacional) e o arranjo populacional de Belém-PA (Metrópole).

Gráfico 3: Hierarquia urbana



Fonte: Dados da pesquisa.

Na categoria 3, que engloba Centros Sub-regionais A e B, destacam-se os municípios de Altamira (PA) e Paragominas (PA), que possuem como região de influência o arranjo populacional de Belém/PA (Metrópole). Já Juína (MT) e Alta Floresta (MT) estão sob a influência do arranjo populacional de Cuiabá/MT (Capital Regional). Os municípios de Pimenta Bueno (RO) e Itaituba (PA) apresentam regiões de influência distintas, sendo Cacoal (Capital Regional) e Santarém (Capital Regional), respectivamente.

Arborização e urbanização

Nesta categoria, outras variáveis selecionadas foram a arborização e urbanização de vias públicas. Na amostra analisada, não foi verificada uma relação direta entre esses dois indicadores. Os municípios de Paranaíta (MT) e Paragominas (PA) registraram as maiores

porcentagens de urbanização, com 22,7% e 21,7%, respectivamente. Contudo, 35,71% da amostra apresentou valores inferiores a 1% para este quesito.

Em relação à arborização, os municípios de Gaúcha do Norte (MT), Santa Carmem (MT), Itupiranga (PA) e Cujubim (RO) apresentaram valores notavelmente altos, superiores a 90% (96%, 94%, 93% e 92%, respectivamente). Comparando esses valores com os de metrópoles nacionais, observa-se que os índices de urbanização dos municípios da amostra são, no mínimo, 27,6% menores que os de São Paulo (50,3%), Brasília (57%) e Rio de Janeiro (78,4%).

Rodovias

Foram também levantadas informações sobre as principais vias (estaduais ou federais) que cortam cada município, classificando-as em duas categorias: favorável ou isolado, com base em sua situação geográfica. Os critérios utilizados foram semelhantes aos adotados por Endlich (2009).

Do total da amostra, 94% dos municípios apresentam uma situação geográfica favorável em relação às rodovias, enquanto apenas 3% se encontram no grupo isolado. Estes últimos são Portel (PA) e Manicoré (AM), ambos centros locais. Portel (PA) está localizado a 263 Km da capital Belém (PA), e seu principal meio de transporte para chegada e saída é o hidroviário, com uma duração média de 16 horas. Manicoré (AM), situado às margens do rio Madeira, está a 613 Km da capital Manaus. Após décadas de isolamento devido à interdição da BR-174, esta foi reativada em 2015, possibilitando o deslocamento rodoviário até e para o município. O acesso a Manicoré também pode ser feito via transporte hidroviário (14 horas de Manaus) ou rodoviário (pelas BRs 174 e 319, com balsas para travessia de rios), embora as rodovias apresentem longos trechos precários. Outra opção é o táxi aéreo, também saindo de Manaus.

É importante ressaltar que a classificação como "favorável" não implica necessariamente proximidade intensa com rodovias federais ou estaduais, nem se relaciona com a qualidade dessas vias. Entre os municípios classificados neste grupo, alguns, como Jacareacanga (PA), ainda apresentam difícil acesso às rodovias principais (radiais, longitudinais, transversais, diagonais ou de ligação).

Muitos municípios são cortados ou tangenciam rodovias federais importantes, como as listadas na Quadro 5.

Quadro 5: Rodovias federais

Tipo	Rodovia	Ligação/ Localidade	Extensão (KM)	Estado	Pesquisa CNT - 2018	
					Extensão total (KM)	Estado Geral
Radial	BR-010	Brasília - Paranã - Carolina - Porto Franco - São Miguel do Guamã - Belém	1.954,10	MA	344	BOM
				PA	469	BOM
Longitudinal	BR-155	Redenção e Marabá (antes era a PA-150)	344,5	PA	345	RUIM
	BR-158	Altamira - São Félix do Araguaia - Xavantina - Aragarças - Jataí - Parnaíba - Três Lagoas - Panorama - Dracena - Presidente Venceslau - Porto Marcondes - Paranavai - Campo Mourão - Laranjeiras do Sul - Campo Êre - Iraí - Cruz Alta - Santa Maria - Rosário do Sul - Santana do Livramento	3.955,00	MT PA	656 288	REGULAR RUIM
	BR-163	Tenente Portela - Itapiranga - São Miguel D'Oeste - Barracão - Guaiara - Dourados - Rio Brilhante - Campo Grande - Rondonópolis - Cuiabá - Cachimbo - Santarém - Alenquer - Óbidos - Tiriós - Fronteira com o Suriname	4,426,7	MT PA	1147 843	BOM REGULAR
	BR-174	Cáceres - Vilhena - Canumã - Manaus - Caracará - Boa Vista - Fronteira com a Venezuela	2.798,40	AM MT RO RR	480 611 31 739	RUIM REGULAR REGULAR REGULAR
Transversal	BR-222	Fortaleza - Piripiri - Itapeturu-Mrim - Santa Inês - Açailândia - Marabá - Entroncamento com a BR-158	1.819,80	MA PA	665 247	BOM RUIM
	BR-226	Natal - Santa Cruz - Currais Novos - Augusto Severo - Pau dos Ferros - Jaguaribe - Crateús - Teresina - Presidente Dutra - Grajaú - Porto Franco - Entroncamento com a BR-153	1.673,00	MA	599	RUIM
	BR-230	Cabedelo - João Pessoa - Campina Grande - Patos - Cajazeiras - Lavras da Mangabeira - Picos - Floriano - Pastos Bons - Balsas - Carolina - Estreito - Marabá - Altamira - Itaituba - Jacareacanga - Humaitá - Lábrea - Benjamin Constant	4.965,10	AM MA PA	33 670 729	REGULAR REGULAR REGULAR
	BR-242	São Roque - Seabra - Ibotirama - Barreiras - Paranã - São Félix do Araguaia - Vale do Xingu - Porto Artur (BR-163)	2.295,50	MT	65	BOM
Diagonal	BR-317	Lábrea - Boca do Acre - Rio Branco - Xapuri - Brasília - Assis Brasil	931,7	AC AM	409 116	REGULAR RUIM
	BR-319	Manaus - Careiro - Humaitá - Porto Velho - Limeira - Matão - Frutal - Campina Verde - São Simão - Jataí - Rondonópolis - Cuiabá - Vilhena - Porto Velho - Abunã - Rio Branco - Sena Madureira - Feijó - Tarauacá - Cruzeiro do Sul - Mâncio Lima - Fronteira com o Peru	880,4	AM RO	417 65	RUIM REGULAR
	BR-364		4.141,50	AC	732	RUIM
				MT RO	1385 1116	REGULAR REGULAR
Ligação	BR-425	Abunã - Guajará-Mirim	136	RO	157	BOM
	BR-433	Pacaraima-Uiramutã- Normandia	191	-	-	-

Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/rodovias-federais/nomeclatura-das-rodovias-federais> e Confederação Nacional do Transporte (CNT).

Observando esses dados, percebe-se que há rodovias com trechos em bom estado de conservação em alguns estados (ex: BR-163 no Mato Grosso), enquanto em outros a situação é regular ou ruim (ex: BR-163 no Pará, ou BR-222 no Pará, que é boa no Maranhão e ruim no Pará). Esta pesquisa não detalhou o estado específico da pavimentação nos trechos que cortam

cada município, mas é fundamental considerar que a existência de trechos pavimentados não garante qualidade suficiente para facilitar o transporte de cargas e pessoas.

As rodovias estaduais, conforme apresentado no Quadro 6, são listadas por estado.

Quadro 6: Rodovias estaduais

Estado	Rodovias		Estado	Rodovias	
Amazônas	AM-174	-	Pará	PA-125	PA-425
Maranhão	MA-122	-		PA-167	PA-463
Mato Grosso	MT-010	MT-220		PA-252	
	MT-109	MT-225		PA-256	
	MT-129	MT-243		PA-268	
	MT-130	MT-320		PA-279	
	MT-140	MT-325		PA-287	
	MT-160	MT-338	Rondônia	RO-010	
	MT-170	MT-417		RO-133	
	MT-183	MT-418		RO-205	
	MT-206	MT-423		RO-420	
	MT-208	MT-430		RO-460	

Fonte: Confederação Nacional do Transporte (CNT).

A situação geográfica considerada boa/favorável é efetiva apenas se houver seu aproveitamento. Da mesma forma, o isolamento nem sempre é um fator negativo. Pelo contrário, se um município isolado possui uma densidade demográfica razoável e uma rede local de comércios capaz de atender às necessidades básicas da população, esse fator não impactará negativamente o desenvolvimento urbano e econômico (ENDLICH, 2009). Comparando com o estudo de Endlich (2009) em quatro municípios do Paraná, verificou-se que a posição geográfica favorável isoladamente não refletia em desenvolvimento urbano e local, e que municípios isolados podiam, sim, se desenvolver.

4.2 Dados populacionais

Divididos por grupos (Tabela 1), 79% dos municípios apresentam densidade demográfica entre 0,1 e 5 habitantes/Km², e apenas 4% possuem valores superiores a 10 habitantes/Km². Marabá (PA) é o município com a maior densidade demográfica (17,62 habitantes/Km²), enquanto Apuí (AM) registra o menor valor (0,38 habitantes/Km²).

Tabela 1: Densidade demográfica

Faixas	Municípios	%
0,1 a 5 hab/km ²	55	79%
de 5,01 a 10 hab/km ²	11	16%
de 10,01 a 20 hab/km ²	4	6%

Fonte: Dados da pesquisa.

Comparando esta variável aos valores da densidade demográfica das capitais dos estados da amostra, é possível observar o quão diferentes são os perfis destes municípios. Belém/PA e São Luís/MA possuem valores de 1.230,25 e 1.779,87 hab/Km² respectivamente. Rio Branco/AC tem a menor densidade (41,28 hab/km²). Comparando essa variável com os valores de densidade demográfica das capitais dos estados da amostra, é possível observar o quão diferentes são os perfis desses municípios. Belém (PA) e São Luís (MA) possuem densidades de 1.230,25 e 1.779,87 habitantes/Km², respectivamente. Rio Branco (AC) tem a menor densidade entre as capitais, com 41,28 habitantes/Km².

4.3 Trabalho e rendimento

Em termos percentuais, os municípios com maior quantidade de pessoal ocupado são Porto Velho (RO), com 40,73%, seguido por Querência (MT), com 30,72%. No outro extremo, apenas Amarante do Maranhão (MA) apresenta um valor abaixo de 5% de sua população ocupada (3,12%).

Sobre o salário médio mensal dos trabalhadores formais em 2022, na amostra estudada, os valores variam de 1,4 a 3,3 salários-mínimos. Porto Velho (RO) registra o maior valor (3,3), enquanto Boca do Acre (AC) tem o menor, com 1,4.

Comparando a média por estado para as variáveis desta categoria (Tabela 2), percebe-se que as maiores médias percentuais de pessoal ocupado são observadas nos estados do Mato Grosso e Rondônia. As maiores médias salariais são percebidas em Mato Grosso e Pará, com salários médios mensais de 2,38 e 2,22 salários-mínimos, respectivamente. Outro ponto a ser observado é que em todos os municípios desses estados, mais de 38% da população ocupada recebe até meio salário-mínimo.

Tabela 2: Média das variáveis da categoria trabalho e rendimento

UF	População ocupada %	Salário médio mensal	% até 1/2 sal. Mínimo
AC	10,30%	1,65	48,7%
AM	7,56%	1,80	50,0%
MA	7,57%	1,25	49,5%
MT	21,86%	2,38	38,3%
PA	12,95%	2,22	46,9%
RO	20,49%	2,14	39,2%
RR	9,24%	1,9	48,5%

Fonte: Dados da pesquisa

4.4 Econômico

Nesta última categoria, foram verificadas as variáveis PIB per capita (2021) e IDH (2010). O grupo dos municípios do estado do Mato Grosso apresenta o maior PIB médio per

capita (2021), no valor de R\$ 92.343,38 e um IDH médio (2010) de 0,67. O Amazonas possui o menor valor de PIB médio per capita (R\$ 10.702,49), mas seu IDH médio (2010) é igual aos estados do Maranhão e Pará (0,58). Esses valores estão detalhados na Tabela 3.

Tabela 3: Valores médios PIB per capita e IDH

UF	PIB per capita (2021)	IDH (2010)
	Média	Média
AC	16.033,93	0,57
AM	10.702,49	0,58
MA	12.758,16	0,58
MT	92.343,38	0,67
PA	24.292,55	0,58
RO	30.160,07	0,64
RR	22.321,56	0,64

Fonte: Dados da pesquisa.

Aprofundando a informação, os maiores PIBs per capita são dos municípios do estado do Mato Grosso: Nova Ubiratã (R\$ 261.783,61), Porto dos Gaúchos (R\$ 246.782,25), Querência (R\$ 231.667,59) e Santa Carmem (R\$ 224.418,59), o que justifica a maior média do estado em relação aos demais. Os menores valores são percebidos nos estados do Maranhão (Amarante do Maranhão – R\$ 9.250,86), Pará (Rurópolis –R\$ 9.468,44) e Amazonas (Novo Aripuanã – R\$ 9.545,89).

Quanto ao IDH, Porto Velho (RO) apresenta o maior valor (0,736), seguido pelos municípios mato-grossenses de Juína (0,716), Santa Carmem (0,715), Tapurah (0,714) e Alta Floresta (0,714), além de Marcelândia (0,701). Pimenta Bueno (RO) também compõe esse grupo com os maiores IDHs. Os menores valores são observados nos municípios do estado do Pará: Portel (0,483) e Jacareacanga (0,505).

4.5 Discussão dos Resultados

Os resultados referentes ao território e ambiente, abordados no objetivo específico (i) – "Identificar as principais características da dinâmica municipal dos municípios da amostra sob a perspectiva do território e ambiente" –, revelam um cenário que corrobora a discussão sobre "urbanização estendida" e "urbanização planetária" (Brenner & Schmid, 2015; Côrtes, D'Antona & Ojima, 2020; Wilson & Bayón, 2015). A vasta área territorial da maioria dos municípios analisados, com 73% situando-se entre 2.000 e 21.999 Km², e casos extremos como Altamira (PA) com mais de 159.000 Km², sublinha que a influência urbana não se restringe a limites densamente construídos. Pelo contrário, as características urbanas podem se expandir por vastas áreas regionais, integrando dinâmicas tradicionalmente não consideradas urbanas, como as relacionadas à exploração de recursos e à expansão da fronteira agrícola.

A tipologia rural-urbana e a hierarquia urbana dos municípios amostrais ilustram essa complexidade. Embora a Amazônia Legal tenha mais de 70% de sua população residindo em áreas oficialmente urbanas (IBGE, 2010a; Carvalho, 2023), nossa análise mostra que 80% dos municípios são classificados como "Centros Locais" na hierarquia urbana do IBGE (REGIC 2018). Essa predominância de centros de menor hierarquia, mesmo em um contexto de urbanização acelerada, sugere que o fenômeno urbano na região muitas vezes se manifesta em aglomerações com menor capacidade de gestão e oferta de serviços, mas que, contudo, são cruciais para a dinâmica territorial local. A presença de poucas Capitais Regionais (Porto Velho-RO, Candeias do Jamarí- RO, Marabá-PA) e de Centros Sub-regionais (Altamira-PA, Paragominas-PA, Juína-MT, Alta Floresta- MT, Pimenta Bueno-RO, Itaituba-PA) em uma amostra de 70 municípios reafirma a estrutura de rede concentradora de funções em poucos polos, enquanto a grande maioria atua como "Centros Locais" dispersos em um território de intensas transformações.

A infraestrutura urbana, avaliada pela arborização e urbanização das vias públicas, apresenta padrões desiguais. A ausência de uma relação direta entre esses dois itens e a discrepância significativa em comparação com grandes metrópoles nacionais (como São Paulo ou Rio de Janeiro) indicam que a urbanização no arco do desmatamento, mesmo quando presente em altos percentuais de domicílios com alguma urbanização, não se traduz necessariamente em qualidade infraestrutural comparável a outros centros urbanos brasileiros. A alta porcentagem de arborização em alguns municípios, como Gaúcha do Norte-MT e Santa Carmem-MT, enquanto a urbanização de vias é baixa em 35,71% da amostra, ressalta a heterogeneidade e a possível informalidade no crescimento de alguns desses centros urbanos.

No que tange à conectividade, a situação "favorável" para 94% dos municípios em relação a rodovias não deve ser interpretada isoladamente. Conforme observado, essa classificação não garante boa qualidade ou fácil acesso, como exemplificado por Jacareacanga/PA ou a precariedade de longos trechos de rodovias federais como a BR-163 no Pará. Este achado se alinha à perspectiva de Pellegrina (2014) sobre o impacto das rodovias na transformação do tecido urbano amazônico, mas adiciona a nuance de que a mera existência de uma via não é sinônimo de integração ou desenvolvimento efetivo. Os casos de Portel/PA e Manicoré/AM, classificados como isolados, evidenciam a persistência de desafios logísticos severos, com grande dependência do transporte hidroviário e infraestrutura rodoviária deficitária, reforçando a "heterogeneidade territorial" mencionada no referencial teórico.

A análise dos dados populacionais, de trabalho e rendimento, e econômicos contribui diretamente para o objetivo específico (ii) – "Classificar e caracterizar os municípios segundo a tipologia rural-urbana e a posição na hierarquia urbana, descrevendo níveis de infraestrutura e conectividade com base em tipologias e critérios institucionais" – e (iii) – "Analisar as semelhanças e diferenças entre os municípios". A baixa densidade demográfica predominante na amostra (79% com 0,1 a 5 hab./Km²), em contraste com as capitais estaduais, destaca a natureza dispersa da ocupação humana no arco do desmatamento, mesmo em áreas designadas como urbanas. Essa característica é fundamental para compreender as demandas por políticas públicas e infraestrutura, que precisam ser adaptadas a um contexto de baixa densidade e grandes distâncias.

A capacidade de geração de trabalho e renda é variada, com Porto Velho-RO e Querência-MT destacando-se em pessoal ocupado, enquanto Amarante do Maranhão- MA apresenta um percentual muito baixo. A prevalência de mais de 38% da população ocupada recebendo até meio salário-mínimo em todos os estados da amostra (Tabela 2) é um indicador crucial de vulnerabilidade socioeconômica. Essa realidade se conecta diretamente com as discussões sobre vulnerabilidades socioambientais intraurbanas (Gonçalves et al., 2014; Souza, 2017), uma vez que a precariedade econômica pode exacerbar problemas relacionados à infraestrutura, acesso a serviços e degradação ambiental. Os salários médios, que variam de 1,4 a 3,3 salários-mínimos, reforçam a ideia de que, mesmo em municípios com maior índice de ocupação, a qualidade do emprego e a distribuição de renda ainda são desafios significativos.

Economicamente, os municípios do Mato Grosso apresentam o maior PIB médio per capita e um IDH médio superior aos demais estados, o que justifica a maior média salarial e percentual de pessoal ocupado. Isso pode ser atribuído à forte influência do agronegócio e da extração de recursos na economia desses municípios, o que, conforme Richards & Vanwey (2015) e Côrtes & Silva Júnior (2021), pode induzir crescimento urbano. No entanto, a disparidade é notável quando comparamos com municípios do Amazonas, Maranhão e Pará, que apresentam PIBs per capita significativamente menores e IDHs mais baixos, como Portel-PA e Jacareacanga-PA. Essa dicotomia ressalta que o processo de urbanização na Amazônia é heterogêneo, impulsionado por diferentes vetores econômicos e resultando em distintos níveis de desenvolvimento humano.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo geral desenvolver uma análise exploratória e comparativa sobre as características da organização urbana dos municípios situados no arco do desmatamento. Com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que esse objetivo foi alcançado, uma vez que o estudo conseguiu caracterizar a dinâmica territorial e socioeconômica desses municípios, bem como identificar suas especificidades em relação à tipologia rural-urbana, hierarquia urbana, infraestrutura, conectividade e indicadores sociais e econômicos.

Os principais achados evidenciam que a compreensão da organização urbana municipal no arco do desmatamento exige uma abordagem que articule as dimensões ambiental, social e infraestrutural. A predominância de centros locais (80% da amostra), mesmo em um contexto de expressiva população urbana, revela a fragilidade da rede urbana regional, marcada por aglomerações de menor porte, com baixa capacidade de gestão e de oferta de serviços. Essa condição reforça a noção de urbanização estendida e heterogênea, alinhada ao referencial teórico adotado.

Outro achado relevante refere-se às desigualdades infraestruturais e de conectividade. Embora 94% dos municípios estejam em situação geográfica considerada “favorável” em relação às rodovias, essa condição não se traduz em integração efetiva, dada a precariedade da malha viária e a dependência de transportes hidroviários em alguns casos. Do mesmo modo, a infraestrutura urbana apresenta padrões desiguais: alguns municípios registram altos índices de arborização, mas níveis muito baixos de urbanização de vias, refletindo uma urbanização parcial, fragmentada e muitas vezes informal.

No campo socioeconômico, verificou-se a persistência de vulnerabilidades significativas, expressas tanto nos baixos salários médios (variando entre 1,4 e 3,3 salários-mínimos) quanto na elevada proporção da população ocupada que recebe até meio salário-mínimo (acima de 38% em todos os estados da amostra). O PIB per capita e o IDH também revelaram disparidades importantes: enquanto municípios de Mato Grosso se destacam por valores mais elevados, localidades do Pará, Maranhão e Amazonas apresentam baixos indicadores de desenvolvimento humano. Esses contrastes reiteram que a urbanização amazônica é moldada por vetores econômicos distintos — notadamente o agronegócio e a exploração de recursos naturais — que produzem diferentes níveis de inserção socioeconômica.

Embora o estudo tenha sua relevância e tenha alcançado seu objetivo, algumas limitações devem ser reconhecidas. A análise exploratória, por sua natureza, não estabelece relações de causalidade, restringindo-se a descrições e comparações. Ademais, parte das bases de dados utilizadas, como o IDH (2010) e o Censo Demográfico (2010/2022), pode não refletir plenamente a realidade atualizada de todos os municípios. Também não houve avaliação detalhada da qualidade das rodovias pavimentadas, o que poderia alterar a interpretação da variável conectividade.

Apesar das limitações, os insights derivados são claros: a urbanização no arco do desmatamento é um fenômeno multifacetado, com particularidades que divergem dos modelos urbanos convencionais. A predominância de "Centros Locais" e a vasta extensão territorial dos municípios desafiam a noção de urbanização densa e compacta, apontando para a "urbanização estendida". A inter-relação entre exploração de recursos, infraestrutura (ou sua ausência) e indicadores socioeconômicos molda profundamente a organização urbana. Para o planejamento territorial e a formulação de políticas públicas eficazes, é fundamental que se reconheçam e se abordem as especificidades de cada território, promovendo um desenvolvimento que valorize a diversidade espacial e a resiliência socioambiental. Futuras pesquisas poderiam aprofundar-se em análises inferenciais para testar as hipóteses levantadas e investigar as relações de causalidade entre as dinâmicas de desmatamento e urbanização, bem como o impacto das políticas de desenvolvimento regional.

REFERÊNCIAS

- Allmendinger, P., & Haughton, G. (2010). The futures of spatial planning: From governance to governmentality? *European Planning Studies*, 18(1), 1–19.
- Almeida, R. S. de. (2004). O pensamento geográfico do IBGE no contexto do planejamento estatal brasileiro. In R. A. Martins, L. A. C. P. Martins, C. C. Silva, & J. M. H. Ferreira (Eds.), *Filosofia e história da ciência no Cone Sul: 3º Encontro* (pp. 410–415). AFHIC.
- Bastos, J. M., & Casaril, C. (2016). Formação sócio-espacial como categoria de análise aos estudos sobre rede urbana: Ampliando a discussão teórica. *Geosul*, 31(62), 271–298.
- Becker, B. K., & Egler, C. (1992). Por que a participação tardia da Amazônia na formação econômica do Brasil? In B. Becker & C. Egler, *Brasil: Uma nova potência regional na economia-mundo*. Bertrand Brasil.
- Benko, G. (1996). *Economias e territórios em mutação*. Hucitec.
- Brenner, N., & Schmid, C. (2015). Towards a new epistemology of the urban? *City*, 19(2-3), 151–182. [doi:doi.org](https://doi.org/10.1080/09500804.2015.1055555)

- Cabrera-Barona, P., Albán, D., & Durán, G. (2023). Describing the Urban Jungle: A Multicriteria Urbanization Index for the Amazon. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(10), Artigo 430. [doi:doi.org](https://doi.org/10.3390/ijgi12100430)
- Carmo, M. B., & Costa, S. M. (2024). The process of urbanization and urban patterns in the Delta of the Amazon River: An axial analysis. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, 13(2), 318–344. [doi:doi.org](https://doi.org/10.3390/rppc13020180)
- Carvalho, R. M. de. (2023, 6 de novembro). A Evolução Urbana da Amazônia: Quinhentos anos em Cinquenta. *Legal Amazônia*. legal-amazonia.org
- Corrêa, R. L. (1997). *Trajetórias geográficas*. Bertrand Brasil.
- Corrêa, R. L. (2011). As pequenas cidades na confluência do urbano e do rural. *Geosp – Espaço e Tempo*, (30), 5–12.
- Costa, A. (2018). Contexto espacial: uma alternativa para estudos sobre cidades. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)*, (13), 109–123. [doi:doi.org](https://doi.org/10.3390/geot1301009)
- Confederação Nacional de Transporte (CNT) (2018). Rodovias. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/Downloads/Edicoes//2018/Relat%C3%B3rio%20por%20Unidade%20Federativa/AC.pdf>
- Côrtes, J. C., D'Antona, Á. D., & Ojima, R. (2020). Extended urbanization and rural reconfiguration in the Amazon: A theoretical-methodological proposal based on demographic and spatial indicators. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 22. [doi:doi.org](https://doi.org/10.3390/rber2201001)
- Côrtes, J. C., & Silva Júnior, R. D. (2021). The interface between deforestation and urbanization in the Brazilian Amazon. *Ambiente & Sociedade*, 24, e0182r1vu2021. [doi:doi.org](https://doi.org/10.3390/amb2401001)
- Deffontaines, P. (1944). Como se constituiu no Brasil a Rede das Cidades. *Boletim Geográfico*, 2(14), 141–148.
- Deffontaines, P. (1945). Como se constituiu no Brasil a Rede das Cidades II. *Boletim Geográfico*, 2(15), 299–308.
- Endlich, A. M. (2009). *Pensando os papéis e significados das pequenas cidades*. Editora UNESP.
- Gonçalves, K. D., Siqueira, A. S., Castro, H. A., & Hacon, S. D. (2014). Indicador de vulnerabilidade socioambiental na Amazônia Ocidental: o caso do município de Porto Velho, Rondônia, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 19(9), 3809–3818. <https://doi.org/10.1590/1413-81232014199.14272013>
- Gregoletto, D., Ribeiro, B. M. G., Schöffel, D. G., Friedrich, B. da S., Kiefer, B. R., & Farias, E. P. (2023). A methodology for urban and regional planning: application in Cachoeira do Sul, Brazil. *Ciência E Natura*, 45(esp. 1), e84072. [doi.org](https://doi.org/10.3390/cn4501001)
- Harrison, J., & Hoyler, M. (2014). Governing the new metropolis. *Urban Studies*, 51(11), 2249–2266. <https://doi.org/10.1177/0042098013500699>
- Healey, P. (2007). Urban complexity and spatial strategy making: From polycentricity to poly-scalar governance? *European Planning Studies*, 15(7), 883–899.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). População no último censo: IBGE, Censo Demográfico 2022.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2020). *Cadastro Central de Empresas 2018: Pessoal ocupado*. IBGE.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2020). *Cadastro Central de Empresas 2018: Salário médio mensal dos trabalhadores formais*. IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2020). *Regiões de influência das cidades: 2018*. IBGE, Coordenação de Geografia.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2017). *Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: Uma primeira aproximação*. IBGE, Coordenação de Geografia.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2010). Censo Demográfico 2010: Sinopse. IBGE.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2008). Regiões de influência das cidades 2007. IBGE.
- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES). (2004). *Leituras regionais: mesorregiões geográficas paranaenses*. IPARDES.
- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), & Núcleo de Economia Social e Urbana (NESUR/UNICAMP). (2002). *Caracterização e tendências da rede urbana do Brasil: Redes urbanas regionais: Norte, Nordeste e Centro-Oeste* (Vol. 4). IPEA.
- Jesus, F. S., & Bastos, J. M. (2024). Inserção da Amazon Inc. no Brasil: Operações logísticas, disputas e estratégias territoriais. *GEOUSP Espaço e Tempo* (Online). [doi.org](#)
- Júnior, A. P., Piratoba, G., Morales, N. E., Da Silva, M. P., De Jesus, E. D., & Pereira, L. C. (2024). The Effects of Urbanization and Economic Growth on The Igarapes of the Legal Amazon. *Archives of Business Research*, 12(5). [doi.org](#)
- Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). (2021). *Lista de municípios prioritários para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal*. MMA. www.gov.br
- Paddison, R. (2001). Rethinking the fragmented metropolis: The governance of new urban regions. *Urban Studies*, 38(13), 2327–2342.
- Pellegrina, H. S. (2014). *Roads, trade and urbanization in the tropics: Theory and evidence from the Brazilian Amazon*. [Working paper].
- Poccard-Chapuis, R., Thalès, M. C., Peçanha, J. D. C., & Piketty, M. G. (2020). Os territórios de desmatamento na Amazônia. Uma análise geográfica no Estado do Pará. *Confins. Revue Franco-Brésilienne de Géographie/Revista Franco-Brasileira de Geografia*, (48), Artigo 34636. [doi.org](#)
- Richards, P., & Vanwey, L. K. (2015). Where deforestation leads to urbanization: How resource extraction is leading to urban growth in the Brazilian Amazon. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(4), 806–823. [doi.org](#)
- Ribeiro, R. M., Amaral, S., Monteiro, A. M., & dal'Asta, A. P. (2022). “Cities in the forest” and “cities of the forest”: An environmental Kuznets curve (EKC) spatial approach to analyzing the urbanization–deforestation relationship in a Brazilian Amazon state. *Ecology and Society*, 27(2),
- Rochefort, M. (1959). Determination des types de villes d’un réseau urbain – méthode d’analyse de la population active. In UGI. Union Géographique Internationale, *Les comptes*

rendus du XVIIIe Congrès International de Géographie (Vol. 3, pp. 426–431). UGI, Comité do Brasil.

Santinha, G. (2014). O princípio de coesão territorial enquanto novo paradigma de desenvolvimento na formulação de políticas públicas: (re) construindo ideias dominantes. *Revista Eure*, 40(119), 75–97.

Santos, M., & Silveira, M. L. (2001). *O Brasil: Território e sociedade no início do século XXI*. Editora Record.

Schmutz, R. (2023). Infrastructure-driven development: The local social impact of a large hydropower plant in the Amazon. *The Journal of Development Studies*, 59(7), 1123–1143. [doi.org](https://doi.org/10.1080/00220466.2023.2214444)

Scott, A. J. (1998). From statistical to functional regions: The future of urban and regional planning. *International Journal of Urban and Regional Research*, 22(4), 589–601.

Souza, R. D. (2017). A estruturação de lugares intraurbanos e a vulnerabilidade social de Porto Velho, Rondônia. *Caminhos de Geografia*, 18(63). [doi.org](https://doi.org/10.1590/000835712017000630000000000000000)

Sousa, A. M., Rodrigues, P. P., Ferreira, L. C., Santos, G. A., Medeiros, A. D., Machado, N. A., Marques, J., Sousa, W. D., Leite, P., & Almeida, E. I. (2025). Influência das pressões antropogênicas na mudança de uso e cobertura da terra na região de transição Amazônia-Cerrado, Brasil (1986-2034). *Caminhos de Geografia*, 26(1), 47–4961. [doi.org](https://doi.org/10.1590/000835712025000010000000000000000)

Sposito, M. E. B. (2015). Metropolização do espaço: Cidades médias, lógicas econômicas e consumo. In Á. Ferreira, J. Rua, & R. C. Mattos (Orgs.), *Desafios da metropolização do espaço*. Editora Consequência.

Wilson, J., & Bayón, M. (2015). Concrete jungle: The planetary urbanization of the Ecuadorian Amazon. *Human Geography*, 8(3), 1–23. [doi.org](https://doi.org/10.1080/17445019.2015.1055555)

CAPÍTULO 3: ARTIGO 2

TÍTULO: Análise Geográfica da Fronteira do Desmatamento na Amazônia Brasileira

Geographic Analysis of the Deforestation Frontier in the Brazilian Amazon

Fernanda Jaqueline Lopes¹, Valdir Adilson Steinke²

*Revista Brasileira de Geografia Física v.17, n.05 (2024) 3524-3545.

DOI: 10.26848/rbgf.v17.5.p3524-3545

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a fronteira de desmatamento de 70 municípios que compõem o arco do desmatamento na Amazônia brasileira entre 2010 e 2020. Além do objetivo principal, foi examinado, de forma exploratória, as variações percentuais entre as variáveis desmatamento, PIB *per capita* e IDHM de cada município da amostra buscando encontrar possíveis relações entre elas. Como resultado, para a amostra em questão, mais de 80% dos municípios possuem fronteiras intermediárias, sendo suas áreas progressivamente desmatadas. Em relação à análise dos indicadores, percebe-se que o aumento do desmatamento, ocasionado pela expansão das áreas destinadas a agropecuária não foi acompanhado por um aumento na capacidade de geração de riqueza daqueles municípios. Os municípios que mais desmataram foram os que apresentaram os menores valores de PIB per capita e IDHM, indicando que a situação econômica e social destas localidades não apresentou melhoras.

Palavras-chave: Desflorestamento. Floresta Tropical. Arco do Desmatamento. PIB per capita. IDHM.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the deforestation frontier of 70 municipalities that make up the deforestation arc in the Brazilian Amazon between 2010 and 2020. In addition to the main objective, it was examined, in an exploratory way, the percentage variations between the variables deforestation, PIB per capita and IDHM of each municipality in the sample, seeking to find possible relationships between them. As a result, for the sample in question, more than 80% of the municipalities have intermediate borders, and their areas are progressively

deforested. Regarding the analysis of the indicators, it is clear that the increase in deforestation, caused by the expansion of areas destined for agriculture and livestock, was not accompanied by an increase in the capacity to generate wealth in those municipalities. The municipalities that deforested the most were those with the lowest values of PIB *per capita* and IDH, indicating that the economic and social situation of these localities did not show improvements.

Keywords: Clearing trees, Tropical Forest, Arch of Deforestation, PIB per capita, IDHM.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças no território brasileiro e na região amazônica, causadas por diversas ações humanas, são constantes. Essas transformações resultam dos padrões espaciais de uso da terra, que se modificam ao longo do tempo e provocam alterações na cobertura vegetal. Estudos como os de Soares Filho, Cerqueira e Pennachin (2002), Serra e Oliveira (2020) e Montalván-Burbano (2021) ressaltam a complexidade e a interconexão dos fatores que influenciam a transformação territorial, evidenciando a necessidade de políticas de uso da terra mais sustentáveis e eficazes.

A exploração ilegal de madeira, a atividade mineradora, a criação de estradas e suas posteriores pavimentações, provocam mudanças significativas na paisagem e nas organizações urbanas no ambiente. A exploração ilegal de madeira, por exemplo, não apenas resulta na perda de cobertura florestal, mas também na degradação de habitats naturais e na redução da biodiversidade. A atividade mineradora contribui para a contaminação de solos e cursos d'água, além de gerar impactos visuais negativos e alterações na topografia local. As estradas, por sua vez, facilitam o acesso a áreas remotas, promovendo a expansão urbana e agrícola, mas também fragmentando habitats e facilitando a entrada de agentes perturbadores.

Assim, o espaço geográfico sofre modificações por meio dessas distintas relações existentes entre a paisagem originária e as ações antrópicas resultantes das interações combinadas entre fatores de cunho econômico, político, cultural e tecnológico. Esses elementos definem, de modo geral, as paisagens antropogênicas, ou seja, aquelas moldadas pelas atividades humanas. Schellnhuber (1999) discute a importância de compreender essas interações para melhor gerenciar os impactos ambientais. Steffen et al. (2004, 2011, 2016) exploram como a acelerada transformação das paisagens naturais, impulsionada pela

globalização e pelo desenvolvimento tecnológico, tem contribuído para a crise ambiental contemporânea.

Waters et al. (2016) analisam a proposta do Antropoceno, uma nova época geológica caracterizada pela influência dominante dos seres humanos nos processos terrestres, enquanto Ellis e Haff (2009) e Ellis (2011, 2015) argumentam que a gestão sustentável das paisagens antropogênicas requer uma integração das ciências naturais e sociais. Ellis et al. (2016) destacam a necessidade de novas abordagens políticas e institucionais para lidar com os desafios ambientais globais. Young (2015) enfatiza a importância da participação comunitária na gestão ambiental, enquanto Steinke et al. (2022) e Gabriele (2023) discutem casos específicos de intervenções bem-sucedidas em diferentes regiões.

Coppola e D'Ambrosio (2024) verificaram os impactos socioeconômicos das mudanças paisagísticas, destacando a importância de políticas públicas que promovam o desenvolvimento sustentável. Danelon e Barcelos (2023) investigam as dinâmicas regionais e locais das transformações ambientais, propondo estratégias para a conservação dos ecossistemas e a mitigação dos impactos das atividades humanas.

Esses estudos enfatizam a complexidade e a multidimensionalidade das paisagens antropogênicas, ressaltando a necessidade de uma abordagem integrada e holística para a gestão dos recursos naturais.

As características dos municípios brasileiros são distintas. Essa pluralidade se relaciona com fatores como posição geográfica, dimensão demográfica, origem e desenvolvimento econômico e cada qual cumpre papéis distintos dentro das redes urbanas. A economia dos municípios Amazonenses, segundo Schneider et al. (2000), tendem a seguir o ciclo econômico “*boom*-colapso” em que nos primeiros anos ocorre um crescimento rápido, chamado de *boom*, seguido de um declínio acentuado na renda e emprego, aparecendo então o colapso. Esta segunda parte depende da capacidade ou não do município em substituir a economia madeireira pela economia agrícola que tenha capacidade em gerar empregos e renda nos níveis anteriores. Neste sentido, a não atuação governamental incentiva o avanço das fronteiras de exploração desta natureza (*boom*) e não permite a criação e instalação de comunidades e economias sustentáveis. Para tanto, a atuação do governo, conciliando os interesses sociais (curto e longo prazo) e dos diversos atores da sociedade em escalas local, estadual, nacional e global é fundamental para a qualidade do desenvolvimento econômico sustentável na Amazônia

(Rodrigues et al., 2016; Melo et al., 2018; De Freitas e Lima, 2020; Coelho e Gontijo, 2022). Cabe ressaltar também que, a compreensão das diversas interações que ocorrem no meio ambiente e social e suas consequências é crucial para promover um equilíbrio entre desenvolvimento humano e preservação ambiental, garantindo a sustentabilidade das paisagens para as futuras gerações. Sendo assim, apenas através de um esforço conjunto e multidisciplinar será possível mitigar os impactos negativos das ações humanas e garantir um futuro mais equilibrado para o território brasileiro e a região amazônica.

Os municípios da Amazônia, segundo Rodrigues et al. (2009), encontram-se em estágios diferentes do desmatamento ao longo de suas fronteiras. Não diferente, os aspectos relacionados a riqueza gerada economicamente e ao desenvolvimento humano (expectativa de vida e alfabetização) sofrem variações à medida que os estágios do desmatamento avançam, ou seja, aumenta quando o desmatamento começa e reduz com a evolução da fronteira tendo que os níveis do início e fim são igualmente baixos (Rodrigues et al., 2009).

Considerando a temática aqui citada, esta pesquisa teve como objetivo central verificar como está a fronteira do desmatamento dos municípios que compõem o arco do desmatamento na Amazônia brasileira no período de 2010 a 2020. Além do objetivo principal, foi examinada, para esta mesma amostra, se há relação entre o desmatamento, Produto Interno Bruto per capita (PIB per capita) e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

Há vários aspectos que evidenciam a importância da floresta Amazônica, como a regulação de ciclos biogeoquímicos, a modulação do clima e a conservação da biodiversidade. Ela atua como um sumidouro de carbono, desempenhando um papel crucial na mitigação das mudanças climáticas globais ao absorver grandes quantidades de dióxido de carbono da atmosfera. Além disso, é um reservatório de recursos genéticos inestimáveis, que podem ser essenciais para a medicina, agricultura e outros setores.

A biodiversidade da Amazônia é excepcional, abrigando milhares de espécies de plantas, animais e microorganismos, muitas das quais ainda não foram descritas pela ciência. Este ecossistema complexo sustenta não apenas a vida selvagem, mas também milhões de pessoas, incluindo comunidades indígenas que dependem diretamente dos recursos florestais para sua sobrevivência e manutenção de suas culturas tradicionais.

Dada sua importância multifacetada, a Amazônia tem sido o foco de inúmeras pesquisas científicas. Estudos como os de Soares Filho, Cerqueira e Pennachin (2002) e Soares Filho et

al. (2005) exploram os mecanismos e impactos do desmatamento, utilizando modelos espaciais para prever futuras mudanças na cobertura florestal. Asner et al. (2005) e Garcia, Soares Filho e Sawyer (2007) utilizam tecnologias de sensoriamento remoto para monitorar a extensão e a dinâmica do desmatamento, enquanto Broadbent et al. (2008) e Rudel et al. (2009) investigam as causas subjacentes e os padrões espaciais dessa degradação ambiental.

Pesquisas como as de Loarie, Asner e Field (2009) e Asner e Alencar (2010) avaliam o impacto das mudanças de uso da terra sobre a biodiversidade e o clima regional, destacando a interconexão entre desmatamento e eventos climáticos extremos. Hahn et al. (2014) e Miranda et al. (2016) focam nos efeitos das áreas protegidas e das políticas de conservação na mitigação do desmatamento, enquanto Lima et al. (2018) e Anderson, Asner e Lambin (2019) examinam os impactos socioeconômicos dessas práticas.

Thaler, Viana e Toni (2019) e Siqueira-Gay et al. (2020) analisam a influência das fronteiras agrícolas e das infraestruturas de transporte na expansão do desmatamento, enfatizando a necessidade de uma gestão territorial integrada. Leite Filho et al. (2021) e Oliveira et al. (2021) estudam os efeitos do desmatamento como vetores de enfermidades, ligando a degradação florestal à saúde pública. Pacheco et al. (2021) e Covey (2021) discutem a emissão de carbono resultante da destruição florestal e suas implicações globais, enquanto Borma (2022) destaca o papel das comunidades locais na conservação da floresta. Esses trabalhos coletivamente sublinham a complexidade das dinâmicas ecológicas, sociais e econômicas na Amazônia, ressaltando a necessidade de abordagens interdisciplinares e políticas públicas robustas para assegurar a sustentabilidade deste ecossistema vital. A conservação da Amazônia é essencial não apenas para o Brasil, mas para o equilíbrio ambiental do planeta como um todo.

Entre as pesquisas que fazem uso de metodologias que buscam testar a causalidade entre variáveis distintas, se pode citar os resultados apresentados por: Chiou-wei, Chen, Zhu (2008); Pao e Tsai (2011); Aydin (2018); Pradhan, Arvin, Bahmani (2018); McGraw, Barnes (2018); Li, Zhang, Yuan (2019); Zhao, Wen, Wang (2020); Antonietti, Franco (2021).

Os autores Pao e Tsai (2011), por exemplo, analisaram o impacto do crescimento econômico e do desenvolvimento financeiro na degradação ambiental e obtiveram como resultado a indicação de uma significativa causalidade bidirecional. Já Chiou-wei, Chen e Zhu (2008) verificaram a relação entre o consumo de energia e o crescimento econômico para uma

amostra de países asiáticos recém industrializados e os EUA. Aydin (2018) utilizou a comparação entre o consumo de energia de gás natural e o crescimento econômico para os principais países consumidores, demonstrando, que há uma relação de longo prazo entre essas variáveis.

Neste contexto, a presente pesquisa reveste-se de grande relevância, dado que inexistem estudos que adotem esta abordagem específica para o grupo de municípios listados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) dentro deste recorte territorial. A obtenção de um panorama detalhado das fronteiras de desmatamento pode ser crucial para a eficácia dos programas governamentais destinados ao combate ao desmatamento e à recuperação ambiental de áreas degradadas.

Dessa forma, avaliar as possíveis correlações entre os indicadores de PIB per capita e IDHM com o desmatamento pode fornecer uma análise mais ampla e acurada da área em questão. A hipótese central desta investigação postula que municípios com maiores valores de PIB per capita e IDHM apresentam taxas de desmatamento reduzidas, em virtude de uma maior capacidade de investimento em tecnologias sustentáveis e na implementação de políticas ambientais eficazes. A confirmação desta hipótese poderá oferecer insights valiosos sobre como o desenvolvimento econômico e social influencia a preservação ambiental, orientando a formulação de estratégias de desenvolvimento sustentável e políticas públicas que conciliem crescimento econômico e conservação dos recursos naturais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Amazônia Legal e Arco do Desmatamento

A região geoeconômica do Brasil, denominada como Região Norte (Figura 1-A) é notadamente rica em biodiversidade por abarcar a maior floresta tropical do mundo e um dos maiores patrimônios biológicos do planeta (Malhi *et al.*, 2008). Em termos de área é a maior região do Brasil com aproximadamente 3,8 mi km² e possui a menor densidade demográfica, com 4,11 habitantes por km², considerando a estimativa populacional de 2021 (IBGE, 2021).

Em 1953, com a Lei 1.806 foi criada a Amazônia Legal (Figura 1-B) com o intuito de planejar e promover o desenvolvimento econômico e social da região amazônica (estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins) que apresentam características semelhantes entre si, mas distintas em comparação com outros

estados brasileiros. Abrange uma área de 59% do território brasileiro e 772 municípios dos quais 52 se destacam por apresentarem altos índices de desmatamento.

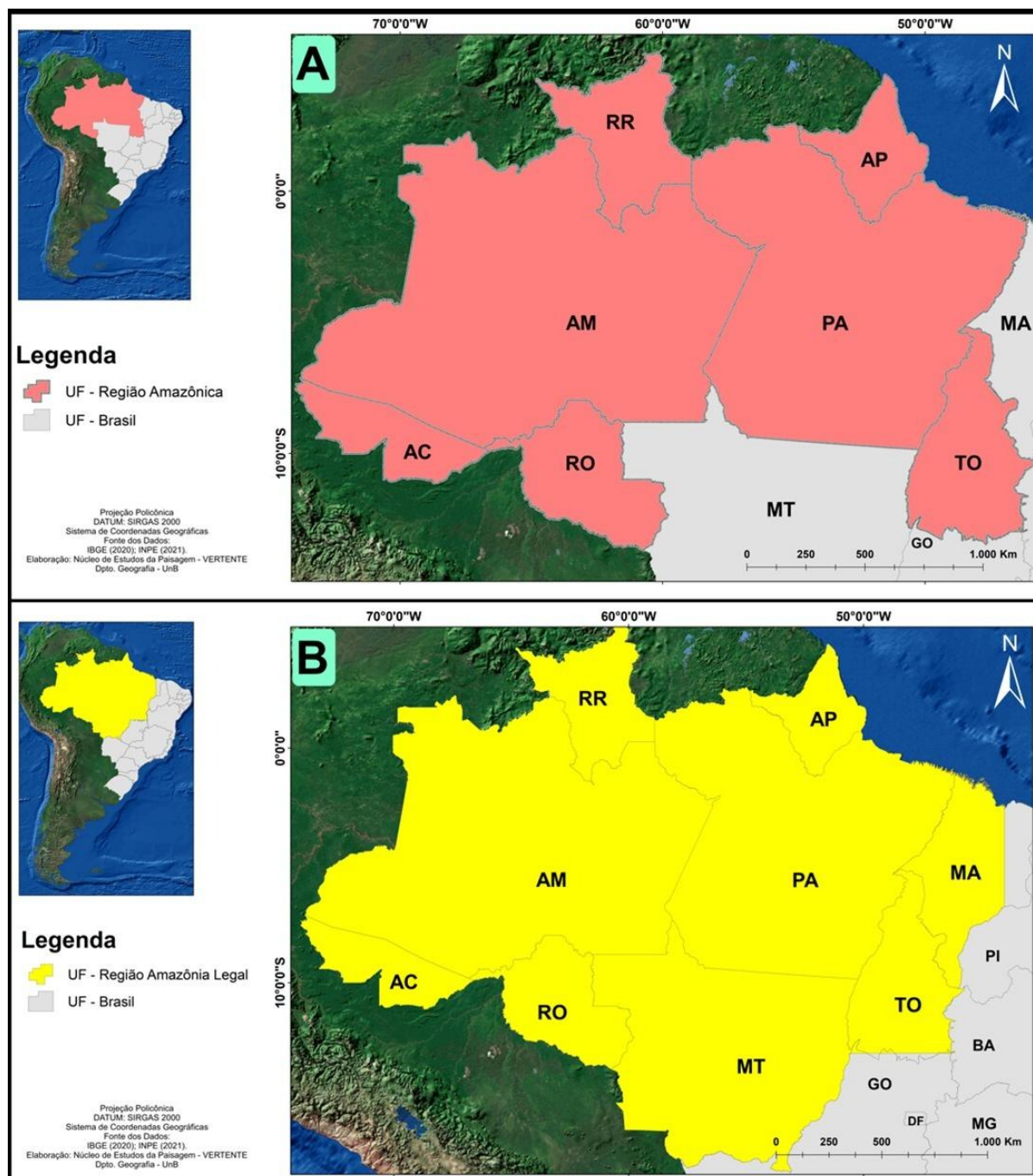


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. Em A) Região geoeconômica da Amazônia e em B) Região da Amazônia Legal.

Fonte: Os Autores a partir de dados do IBGE (2020) e INPE (2021).

A integração econômica da região ao restante do país ocorreu em virtude da execução de projetos de infraestrutura (construção de rodovias, usinas hidrelétricas, portos e ferrovias), o que permitiu a partir da colonização rural e concretização de grandes empreendimentos agrícolas que houvesse o crescimento da população, economia e em consequência do

desmatamento (Fearside, 2008; Domingues et al., 2020; Feng et al., 2022). Segundo Amaral e Smeraldi (2010) regiões com topografia plana e que possuem fronteiras agrícolas consolidadas que permitem acesso a infraestrutura, o desmatamento tende a ser maior.

Estas transformações provocadas gradualmente na floresta amazônica, em detrimento de sua ocupação e desenvolvimento, apresenta um formato de um grande arco que se estende desde o extremo oeste do Estado do Acre, sul do Amazonas e Pará, Norte de Rondônia e Mato Grosso até a divisa do Pará com os Estados do Tocantins e Maranhão.

Conhecida como Arco do Desmatamento (AD) esta área foi definida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) no início da década de 1990, com o mapeamento dos municípios com maiores atividades de desmatamento. Nessa época, havia uma concentração de 75% do desmatamento na Amazônia no AD e reflete a expansão da fronteira agrícola, da pecuária e da exploração madeireira e caça (Gomez et al., 2015; e Malhi et al., 2008).

Os padrões temporais e espaciais das atividades de desmatamento não possuem uma distribuição homogênea dentro do arco e se apresenta como um fenômeno cíclico (períodos de aumento e redução) (Gomez et al., 2015). Nas décadas de 1970 e 1980, por exemplo, ocorreram aumentos nas taxas de desmatamento na região em virtude das atividades de mineração, extração madeireira, expansão de pequenos agricultores (Thaler, Viana e Toni, 2019) e a expansão do cultivo de soja e da pecuária industrial (Rudel et al., 2009).

Após 2004, as taxas apresentaram uma redução expressiva, devido a adoção de medidas de governança ambiental (Nepstad et al., 2014), criação de áreas novas áreas de conservação e territórios indígenas, aplicação do novo Código Florestal Brasileiro.

O menor valor de desmatamento ocorreu em 2012, mesmo com a produção agrícola em crescimento (Macedo et al., 2012). Até 2021, segundo dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite - PRODES para a Amazônia Legal, as taxas de desmatamento aumentaram, porém em escala menor em comparação com períodos anteriores, mas a economia agrícola continua a se intensificar (Pacheco e Pocard-Chapuis, 2012; Zu Ermgassen et al., 2018).

Principais marcos legais e programas governamentais na região amazônica

É vasto o volume dos dispositivos legais relacionados ao tema. Na esfera federal tem-se o Decreto nº 6.321/2007, Lei de proteção da Vegetação Nativa Brasileira (NVP - Lei nº 12.187/2009), Lei nº 12.651/12 (Novo Código Florestal Brasileiro - CFB), NBC T 15 e NBC

TE e PPCDAm (Plano Nacional de prevenção e controle do desmatamento na Amazônia). Em relação a essas normas nacionais, elas se referem a ações de prevenção, controle e desmatamento, mudanças do clima, código florestal, procedimentos para evidenciação de informações de cunho ambiental e social e um plano voltado para redução das taxas de desmatamento baseado no ordenamento fundiário e territorial, monitoramento, controle ambiental e fomento às atividades de produção sustentáveis.

Nas esferas estaduais, todos os estados dessa região apresentam dispositivos legais que tratam sobre programas de incentivo por serviços ambientais e produtos ecossistêmicos e planos de prevenção e combate ao desmatamento e queimadas. Porém, para que sejam efetivos esses programas direcionados à recuperação ambiental faz-se necessário a ação conjunta de quatro fatores: vontade política, incentivo governamental, participação dos proprietários e das organizações de apoio e fomento ao meio ambiente.

Considerando que os pequenos proprietários detêm a maior parte dos imóveis no Brasil, Pires-Luiz e Steinke (2019), explicitam a necessidade de apoio técnico e financeiro a esse perfil de produtor rural para viabilizar o sucesso da recuperação ambiental, sendo necessário a presença de mecanismos governamentais que apoiem esses pequenos proprietários.

Neste sentido, a redução da degradação ambiental pode ser alcançada por meio da utilização de mecanismos trazidos pela nova versão do Código Florestal Brasileiro, já que são lançadas ferramentas como o CAR que permitem analisar e validar as informações prestadas pelos proprietários por meio de ferramentas de geoprocessamento, possibilitando análise macro das propriedades do país quanto a regularidade dos imóveis. Se tratando do desmatamento ilegal, segundo Pires-Luiz e Steinke (2019), o CAR pode contribuir para a redução dessa atividade, já que a existência de um banco de dados nacional que contenha a declaração dos limites de propriedades viabiliza a vinculação do desmatamento a proprietários específicos.

O comportamento dos proprietários de terras quanto a aplicabilidade legal oscila em função das revisões da legislação e as frequentes mudanças de política. Sendo assim, de acordo com Pacheco et al. (2021), é importante que órgãos ambientais de controle e fiscalização exerçam seus papéis e que os agricultores também busquem se envolver no processo de conformidade, buscando compreender os benefícios que a conservação pode trazer para suas propriedades.

Teoria da fronteira e a governança

A transição amazônica é descrita como uma ecologia e a fronteira denota a borda de um sistema e uma zona de contato (Nepstad et al., 2002). Embora o termo seja usado em várias abordagens diferentes (fronteiras de commodities, recursos, fronteira de governança etc.), para esta região há que se considerar duas perspectivas de fronteira, sendo: A) Fronteira de desmatamento e B) Fronteira de intensificação (Thaler, Viana e Toni, 2019).

A primeira caracteriza-se pela floresta desmatada principalmente para pastagens extensivas de gado, com baixas taxas de lotação (Pacheco e Pocard-Chapuis, 2012); (Lustosa Filho et al., 2024). Já a segunda se relaciona a pecuária intensiva e o cultivo industrial da soja que se expande pelas áreas já desmatadas, com altos níveis de produtividade agrícola e investimentos de capital (Arvor et al., 2012); (De Melo Benites et al., 2023). Nesta dinâmica, Thaler, Viana e Toni (2019) citam que o desmatamento em um momento inicial atua como uma fronteira extensiva e posteriormente, frente a intensificação e investimentos na área, ela se caracteriza por uma fronteira intensiva.

A expansão e contração dos sistemas político-econômicos particulares de produção rural são responsáveis pelas mudanças que ocorrem nas fronteiras. Nesta perspectiva, Thaler, Viana e Toni (2019) citam duas teorias da fronteira político-econômica sendo uma estruturalista e a outra pós-estruturalista.

A primeira possui ênfase nas dimensões políticas do desenvolvimento da fronteira em que a Amazônia é percebida como uma contínua periferia que experimenta ciclos extrativos contínuos de subdesenvolvimento. Enquanto partes da região podem apresentar desenvolvimento industrial a fronteira de desmatamento é empurrada para o interior.

Já a teoria pós estruturalista tem ênfase em múltiplas dimensões como uso da terra, instituições políticas e narrativas culturais. Aqui a paisagem amazônica é percebida como algo mais variável e as fronteiras surgem e são moldadas em detrimento das relações socioecológicas considerando diferentes escalas temporais e espaciais.

A governança tem como significado o ato de governar, ou seja, exercício da autoridade por diferentes figuras, como organizações intergovernamentais, não governamentais e corporações em contraponto com o ‘governo’ que atuam como autoridade pelo estado. Se tratando de assuntos relacionados ao meio ambiente, tem-se a governança ambiental que busca melhorar a gestão ambiental (Dietz, Ostrom & Stern, 2003) e em uma escala multinível ela

explora como diferentes instituições e atores se relacionam em níveis e escalas para determinar a mudança ambiental (Ravikumar et al., 2015).

Na perspectiva da Amazônia brasileira, a governança ambiental busca visualizar como as políticas em suas diversas escalas e níveis interagem buscando redução do desmatamento conectando as intervenções como Moratória da Soja, Acordo do Gado e Desmatamento Zero com políticas municipais, estaduais e federais para criação e proteção de áreas, regularização fundiária e então aplicação do Código Florestal (Nepstad et al., 2014).

Sendo assim, estudos sobre governança nesta região, trazem que os pecuaristas e produtores de soja usam o cumprimento de algumas regulamentações com intuito de aperfeiçoar suas respectivas credenciais ambientais e então legitimar a expansão do agronegócio (Azevedo et al., 2017; Brannstrom, 2009).

Seguindo esta temática, trabalhos como os de Rodrigues et al. (2009) e Tritscha e Arvor (2016) tratam dessa temática de fronteira e governança de fronteira. Rodrigues et al. (2009) investigaram como o desenvolvimento humano varia ao longo da fronteira de desmatamento. Como resultados, não foi possível visualizar uma melhora nos municípios que desmataram suas florestas em relação àqueles que não o fizeram e destacaram que o desafio está em como garantir que o desenvolvimento futuro seja sustentado equilibrando bem-estar humano e conservação da natureza e serviços que a natureza oferece.

Tritscha e Arvor (2016) buscaram testar se o aumento do desenvolvimento socioeconômico associado à diminuição da atividade de desmatamento enfatiza mudanças profundas na fronteira de uso da terra e atesta o surgimento de uma curva ambiental de kuznets (EKC). Os autores verificaram que áreas com desmatamento ativo em 2010 apresentaram indicadores socioeconômicos mais baixos do que áreas estabilizadas, o que indica a precariedade da situação econômica das áreas que ainda apresentam desmatamento ativo.

O espaço amazônico ocupado pela pecuária especulativa e extrativista e a agricultura familiar é contencioso e violento. Em diversos momentos o Estado se faz ausente no território, contudo é importante ressaltar que a economia extensiva foi estruturada tendo como base as relações político-econômicas em que grandes proprietários de terra exercem o patrocínio e a autoridade para extrair recursos com auxílio de políticas fiscais estaduais e incentivos fiscais e distribuição de terras (Thaler, Viana e Toni, 2019).

Há também movimentos sociais que têm impedido a conversão de grandes áreas de floresta, principalmente pela criação de unidades de conservação e territórios indígenas.

Sob essas perspectivas, considerando as teorias da fronteira e da governança, Thaler, Viana e Toni (2019) propuseram o conceito de fronteira de governança a qual busca capturar as relações espaciais particulares através das quais as formações de governança se expandem e desenvolvem sendo um componente da fronteira político econômica intensiva multidimensional. Sendo assim, a governança se torna um produto das interações entre o governo, organizações pecuaristas e de agricultores, organizações não governamentais (ONGs), movimentos sociais e corporações.

Amostra

A amostra é composta por 70 municípios brasileiros localizados nos estados do Acre (2), Amazonas (6), Maranhão (2), Mato Grosso (24), Pará (27), Rondônia (7) e Roraima (2), todos situados no arco do desmatamento na Amazônia. A escolha se deu por meio do documento divulgado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), em 2021, o qual edita e atualiza uma listagem de municípios prioritários (52) e com desmatamento monitorado e sob controle (18) (Decreto 6.321/2007). A inclusão nesta listagem se dá a partir da dinâmica histórica do desmatamento verificada pelo INPE com base nos critérios: I- área total desmatada; II – área total de floresta desmatada nos últimos três anos, e III- aumento da taxa de desmatamento em pelo menos três, dos últimos cinco anos.

O quadro 1, abaixo, juntamente com a figura 2, mostram a localização e os municípios que compõem a amostra.

Quadro 1: Municípios Prioritários e Monitorados

UF	Município	UF	Município	UF	Município	UF	Município
1 AC.	Feijó	19 MT.	Marcelândia	37 PA.	Itaituba	55 MT.	Vila Rica
2 AC.	Sena Madureira	20 MT.	Querência	38 PA.	Placas	56 MT.	São Félix do Araguaia
3 AM.	Lábrea	21 MT.	Juara	39 PA.	Uruará	57 MT.	Porto dos Gaúchos
4 AM.	Boca do Acre	22 MT.	Feliz Natal	40 PA.	Jacareacanga	58 MT.	Nova Ubiratã
5 AM.	Apuí	23 MT.	Cláudia	41 PA.	Medicilândia	59 MT.	Confresa
6 AM.	Manicoré	24 MT.	Peixoto de Azevedo	42 PA.	Rurópolis	60 MT.	Tapurah
7 AM.	Novo Aripuanã	25 PA.	São Félix do Xingu	43 PA.	Trairão	61 MT.	Santa Carmem
8 AM.	Humaitá	26 PA.	Novo Repartimento	44 RO.	Porto Velho	62 MT.	Alto Boa Vista
9 MA.	Amarante do Maranhão	27 PA.	Novo Progresso	45 RO.	Pimenta Bueno	63 PA.	Ulianópolis
10 MA.	Grajaú	28 PA.	Cumaru do Norte	46 RO.	Nova Mamoré	64 PA.	Sta Mª das Barreiras
11 MT.	Paranaíta	29 PA.	Altamira	47 RO.	Machadinho D' oeste	65 PA.	Santana do Araguaia
12 MT.	Nova Maringá	30 PA.	Pacajá	48 RO.	Buritis	66 PA.	Paragominas
13 MT.	Nova Bandeirantes	31 PA.	Marabá	49 RO.	Candeias do Jamari	67 PA.	Dom Eliseu
14 MT.	Juína	32 PA.	Itupiranga	50 RO.	Cujubim	68 PA.	Brasil Novo
15 MT.	Gaúcha do Norte	33 PA.	Moju	51 RR.	Mucajá	69 PA.	Tailândia
16 MT.	Cotriguaçu	34 PA.	Senador José Porfírio	52 RR.	Rorainópolis	70 PA.	Rondon do Pará
17 MT.	Colniza	35 PA.	Anapu	53 MT.	Brasnorte		
18 MT.	Aripuanã	36 PA.	Portel	54 MT.	Alta Floresta		

Fonte: Brasil, 2021.

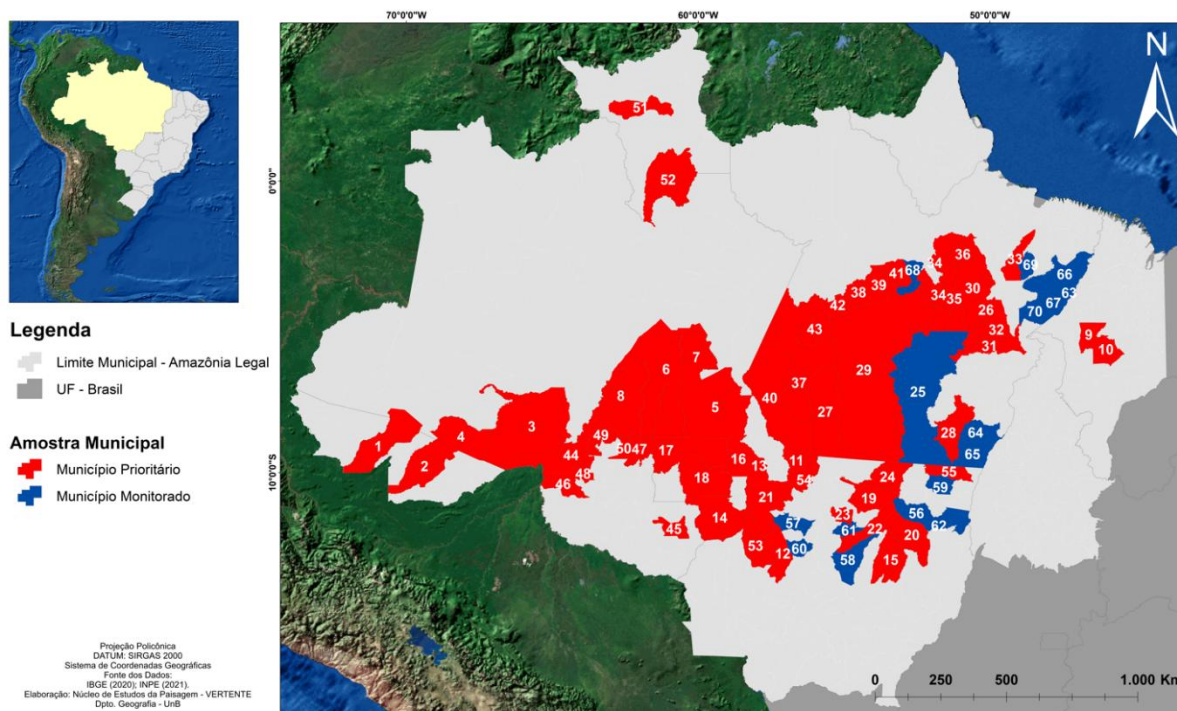


Figura 2: Municípios prioritários e monitorados

Elaboração: Os autores, 2023.

É importante ressaltar que cada município da amostra possui suas particularidades e características próprias, como por exemplo tamanho (área), posição geográfica em relação aos demais municípios do estado, infraestrutura disponível ao redor da localidade como estradas e rodovias.

Método

Este estudo é exploratório e descritivo e tem como objetivo principal verificar como está a fronteira do desmatamento dos municípios que compõem o arco do desmatamento na Amazônia brasileira no período de 2010 a 2020. Para contribuir com o objetivo principal, foi examinada, para esta mesma amostra, se há relação entre o desmatamento e as variáveis PIB per capita e o IDHM.

Para a escolha do período de análise neste trabalho (2010 a 2020) foi levado em consideração a disponibilidade de dados até o momento do desenvolvimento da pesquisa além de que trabalhos anteriores abrangiam períodos posteriores a 2010. A escolha dos indicadores PIB per capita e IDHM foi intencional considerando a relevância deles como medida do crescimento da economia e grau de desenvolvimento econômico e a qualidade de vida daquelas localidades, respectivamente. Também foi levado em consideração a disponibilidade de dados para os municípios desta região.

Para operacionalização do presente estudo serão tratados abaixo os métodos utilizados para análise de cada variável a ser analisada, conforme objetivo da pesquisa.

Análise da fronteira

Na metodologia empregada por Rodrigues et al. (2009), para descrever a posição dos municípios em relação à fronteira de desmatamento, utilizaram os critérios de atividades de desmatamento e extensão do desmatamento. Isto permitiu classificar os municípios em sete classes (A a G), as quais descrevem as posições dos municípios em relação à fronteira de desmatamento do período analisado e representam os diferentes estágios do processo de expansão da fronteira em que as terras com florestas originárias são convertidas em áreas altamente antropizadas (Tritscha e Arvor, 2016). A figura 3 mostra essa classificação.

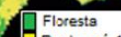
	Pré-Fronteira → Pós-Fronteira						
Código	A	B	C	D	E	F	G
Def. Atividade	Inativo			Muito ativo			Inativo
	<0.5%	0.5-5%	≥ 5%	≥ 5%	≥ 5%	0.5-5%	<0.5%
Def. Extensão	Muito baixo						Muito alto
	<5%	<25%	<40%	40-60%	≥60%	≥75%	≥90%
Exemplo							

Figura 3: Classificação das classes de fronteira (A a G) de acordo com o desmatamento recente.
Fonte: Rodrigues et al. (2009).

Essas classes vão de pré-fronteira a pós fronteira, com características específicas: a) Classe A, classificada como pré-fronteira possui cobertura florestal preservada e praticamente sem desmatamento contínuo; b) Classes B, C e D, classificadas como fronteira intermediária, as áreas são progressivamente desmatadas; c) Classes D, E e F, classificadas como fronteira intermediária, há um declínio nas atividades de desmatamento, e d) Classe G, classificada como pós-fronteira, o desmatamento é intenso e praticamente inativo.

Para a análise da fronteira neste estudo realizou uma comparação entre a área total do município e o valor total desmatado até o ano de 2020 para classificá-los e então visualizar em qual estágio se encontram (pré ou pós fronteira). A partir daqui é traçada uma discussão tendo como fundamento a teoria da fronteira. Cabe ressaltar que será utilizado apenas o critério da extensão do desmatamento para esta classificação.

Assim sendo, visualizar em qual estágio de fronteira esses municípios se encontram, pode contribuir para entender algumas características muito importantes de forma a auxiliar tomadores de decisões a respeito de quais medidas devem ser tomadas para melhor conduzir os trabalhos entre crescimento econômico e preservação do meio ambiente.

Análise do desmatamento X PIB per capita X IDHM

O Produto Interno Bruto (PIB) mede o crescimento da economia e é composto pelo somatório de todos os bens e serviços finais que foram produzidos em uma área geográfica no período de um ano. Seu cálculo é feito trimestralmente levando em consideração a produção dos setores agropecuário, comércio e serviços e industrial e é obtido pela divisão entre o PIB pelo número de habitantes de um país, estado ou município.

Nesta pesquisa, foi feita uma análise descritiva comparando o PIB per capita e o desmatamento dos municípios da amostra, buscando ver se a variação percentual de um é semelhante à do outro. Para contribuir e dar maior robustez a discussão a respeito dos dados, serão utilizadas também os dados relativos à área de floresta e área da agropecuária de cada município. Neste sentido, alguns pontos serão destacados a fim de sanar alguns questionamentos: 1. Quanto maior o desmatamento maior é a riqueza gerada? 2. Em casos de maiores desmatamentos em relação ao PIB gerado, quais são as possíveis causas? 3. Nos municípios que tiveram um “baixo” desmatamento, mas apresentaram um aumento muito superior de PIB, o que isso implica? Seria uma melhoria dos métodos de cultivo e manejo da agropecuária ou extração ilegal de produtos da natureza?

O outro índice a ser utilizado é o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), composto por três subindicadores: padrão de vida (Renda per capita), educação (taxa de alfabetização e matrícula escolar) e longevidade (expectativa de vida ao nascer) e é utilizado para classificar o grau de desenvolvimento econômico e a qualidade de vida dos países. De acordo com PNUD (2022), o índice varia em uma escala de 0 a 1, em que entre o intervalo de 0 – 0,499 é considerado muito baixo; de 0,500-0,599, baixo; de 0,600-0,699, médio; 0,700-0,799, alto e entre 0,800-1,000 é considerado muito alto. Assim, quanto mais próximo a 1, indica maior desenvolvimento humano.

No contexto brasileiro, de acordo com o IPEA e IBGE, o indicador segue as mesmas dimensões do IDH global, porém a metodologia foi adequada ao contexto brasileiro (IDHM) adaptando às características de cada município e as bases de dados do Censo. Sendo assim, o IDHM é mais adequado para avaliar o desenvolvimento dos municípios aumentando a possibilidade de comparabilidade entre eles. A plataforma disponível para consulta do IDHM dos municípios brasileiros é o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013.

Para análise, foi feita uma comparação entre os indicadores do IDHM da amostra. A partir daí é traçada uma discussão se há alguma relação entre desmatamento e

desenvolvimento humano, buscando ver se os “benefícios” do desmatamento com o desenvolvimento econômico da região são refletidos no indicador IDHM.

Fontes dos dados das variáveis utilizadas

As informações sobre variáveis utilizadas neste artigo foram obtidas de fontes distintas. Os dados referentes ao desmatamento (extensão em Km²) foram retirados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia por Satélites (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Já o PIB per capita (em R\$ 1.000) e IDHM foram retiradas do IBGE.

Os valores referentes a atividade agropecuária e área de floresta, foram coletados do MAPBIOMAS. Como estavam em hectares foram convertidos em Km² para fins comparativos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tópicos abaixo apresentam os resultados obtidos a partir do desenvolvimento dos objetivos estabelecidos para esta pesquisa. Sendo assim, primeiramente é apresentada a análise da fronteira de desmatamento dos municípios da amostra em seguida a discussão sobre o PIB per capita versus o desmatamento e por fim tem-se os achados relacionados ao IDHM.

Fronteira

Os municípios foram classificados conforme processo metodológico apresentado na sessão anterior. A figura 4, abaixo, mostra as porcentagens em cada classe e, em seguida, a figura 5 apresenta o avanço da fronteira em dois momentos distintos (ano de 2010 e 2020).

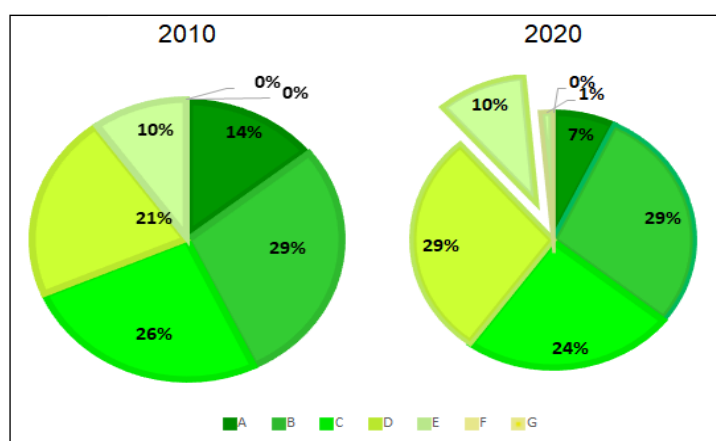


Figura 4: Classes de fronteira de acordo com o desmatamento recente (2020). Com base na classificação de Rodrigues et al. (2009). Vide figura 3.

Fonte: Os autores, 2023.

Observando estas duas figuras, pode-se observar que do total de municípios da amostra, em 2020, 82% estão classificados nas classes B, C e D e possuem fronteira intermediária, ou seja, as áreas são progressivamente desmatadas. Comparando com os dados das mesmas classes, em 2010 houve um aumento de 6%.

Na classe A, considerada como pré- fronteira, em 2020, está 7% da amostra. Com exceção de Manicoré – AM e Novo Aripuanã – AM que entraram na listagem como prioritários em 2017, os municípios de Humaitá - AM, Jacareacanga – PA e Rorainópolis – RR foram incluídos na listagem apenas em 2021. Portanto, na última década o desmatamento nestas localidades não era tão acentuado, justificando então o fato de além de estarem na classe A, embora sejam municípios prioritários, a cobertura florestal é preservada e o desmatamento ainda não apresenta característica contínua.

Já a classe E, denominada fronteira intermediária em que há o declínio nas atividades de desmatamento, há 7 municípios, cuja extensão do desmatamento é maior ou igual a 60% ou menor ou igual a 75%. São eles: Itupiranga-PA (63,05%), Vila Rica – MT (62,66), Confresa - MT (68,02%), Ulianópolis – PA (70,72%), Santana do Araguaia – PA (63,011%), Dom Eliseu - PA (66,84%) e Rondon do Pará - PA (68,41%).

Quanto as demais classes, F e G, apenas a primeira tem 1 município: Buritis-RO (81,53%). Isso indica que há tendência de declínio das atividades de desmatamento neste município, já que a área com vegetação nativa municipal é finita e, portanto, o desmatamento intenso será praticamente inativo.

Considerando esta classificação em relação as fronteiras, é importante fazer um paralelo com a quantidade de dispositivos legais relacionados ao desmatamento. Embora o aparato legal, a nível estadual, contemple todos os estados que estão localizados os municípios da amostra, eles por si só não são suficientes para retardar ou inibir o desmatamento e isso podemos verificar com o avanço das fronteiras nos municípios analisados nesta pesquisa. Sendo assim, isto vai de encontro aos achados de Pires-Luiz e Steinke (2019) em que os autores citam que a efetividade dos programas que são direcionados à recuperação/redução da degradação ambiental se relaciona com vontade política, incentivo governamental, participação dos proprietários e das organizações de apoio ao fomento ao meio ambiente. No caso da amostra, essa atuação conjunta destes vários atores, não parece ser efetiva e existente.

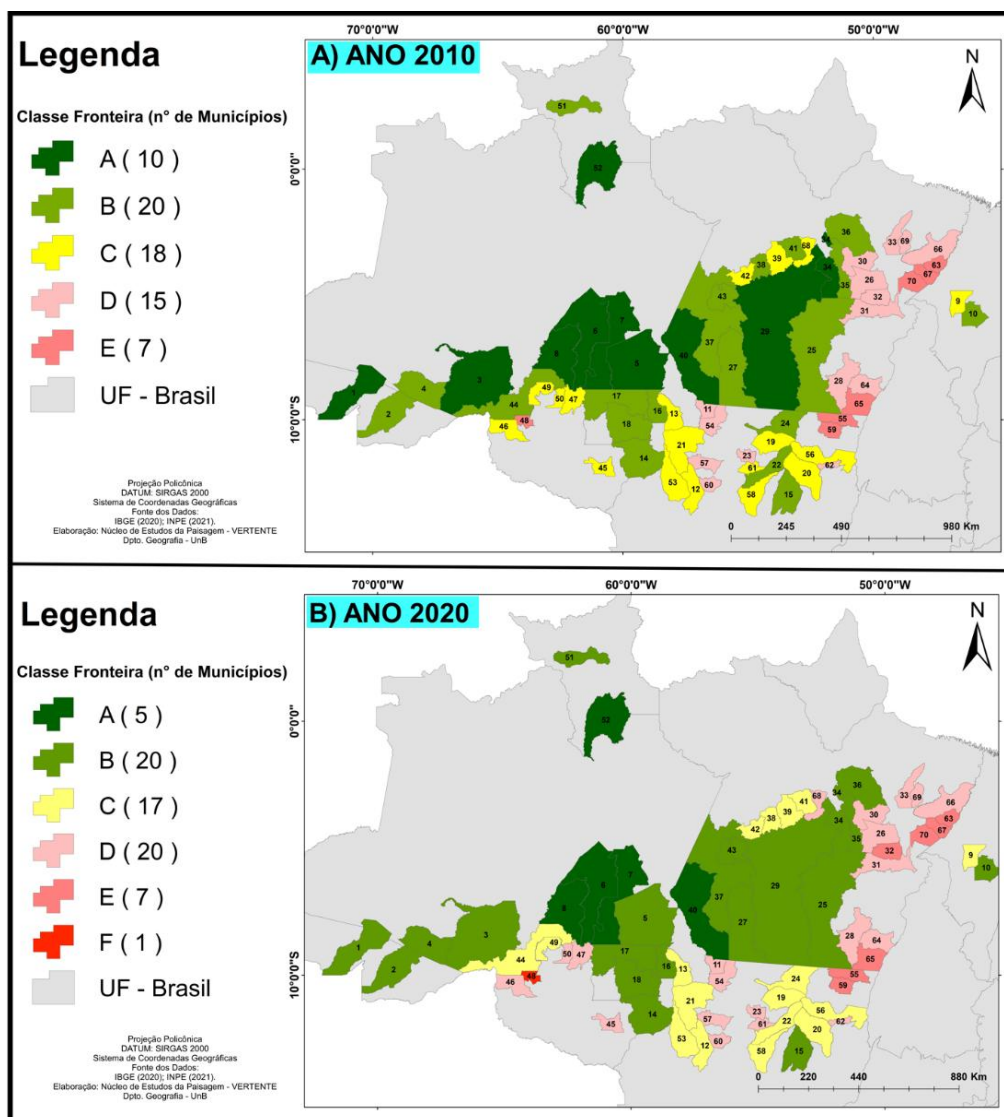


Figura 5: Avanço da fronteira do desmatamento em dois períodos distintos. Em A) até o ano de 2010 e em B) até o ano de 2020.

Elaboração: IBGE, 2020; INPE, 2021; os autores, 2023.

Para verificar se há diferença entre o comportamento dos indicadores socioeconômicos em áreas com desmatamento ativo ou estabilizado foi feita uma comparação (quadro 2) entre as três classes C, D e E nas quais o desmatamento está em seu ápice (C e D) e partindo para o declínio/estabilização (D e E).

Observando os valores do IDHM da amostra e PIB, observa-se uma redução dos dois indicadores conforme a fronteira avança. Em outras palavras, os indicadores da classe de fronteira “E” são menores que das demais classes (C e D), ou seja, a situação econômica vai ficando mais precária nas áreas que caminham para a estabilização/redução do desmatamento. Esses achados são contrários aos achados de Tritsha e Arvor (2016), pois na pesquisa deles os

indicadores socioeconômicos eram mais baixos em áreas com desmatamento ativo e não em áreas com o desmatamento já estabilizado.

Sob a ótica da teoria da fronteira político-econômica estruturalista, pode-se dizer que a Amazônia ainda é percebida como uma contínua periferia que experimenta contínuos ciclos extrativos de subdesenvolvimento e a mediação e dominação é feita pelas elites políticas e de grandes proprietários de terra. Isso se reflete nos indicadores observados ao longo do trabalho.

Quadro 2: Comparação entre IDHM e PIB das classes de fronteira C, D e E.

Classe	Indicadores	Maiores valores		Menores valores	
C	IDHM (média) 0,6454	RO-Porto Velho	0,736	PA - Rurópolis	0,548
		MT - Nova Ubiratã	R\$ 184.589	MA-Amarante Maranhão	R\$ 8.010
	PIB (média) R\$ 52.899	MT - Querência	R\$ 155.874		
		MT-S.Félixdo Araguaia	R\$ 100.627		
D	IDHM (média): 0,628	MT-Santa Carmem	0,715	PA - Pacajá	0,515
		MT - Alta Floresta	0,714		
		MT -Tapurah	0,714		
		RO-Pimenta Bueno	0,710		
	PIB (média) R\$ 45.932	MT-Porto dos Gaúchos	R\$ 176.857	PA - Tailândia	R\$ 9.896
		MT- Santa Carmem	R\$ 146.841		
		MT- Tapurah	R\$ 98.439		
E	IDHM (média) 0,6154	MT- Vila Rica	0,688	PA - Rondon do Pará	0,602
				PA - Santana do Araguaia	0,602
				PA - Ulianópolis	0,604
	PIB (média) R\$ 20.291	MT - Confresa	R\$ 35.177	PA - Rondon do Pará	R\$ 11.905
		PA - Ulianópolis	R\$ 30.568		
		MT Vila Rica	R\$ 25.054		

Fonte: Os autores, 2023.

PIB per capita X desmatamento

Foram desconsiderados da amostra inicial, após a análise dos dados, 4 municípios: Alta Floresta (MT), Dom Eliseu (PA), Paragominas (PA) e Vila Rica (MT), pois, no período de 2010 a 2020, houve aumento da área de Floresta, o que acarretaria uma variação negativa no desmatamento. Portanto, a amostra diminuiu de 70 para 66 municípios. Cabe ressaltar que esta redução ocorreu apenas para este tópico de análise.

A partir dos dados extraídos do site Mapbiomas, elaborou-se o gráfico abaixo (figura 6) com intuito de demonstrar que a redução da área de Floresta se deu pelo avanço da área Agropecuária. Com isso, os dados da área de Floresta e da área Agropecuária foram agrupados no gráfico. Observando-se as linhas que demonstram suas respectivas variações, percebe-se, portanto, que elas são coincidentes em quase sua totalidade, o que comprova a hipótese de que, de fato, a expansão das áreas ocupadas pelas atividades agropecuárias foram as grandes responsáveis pela diminuição das áreas de floresta naqueles municípios.

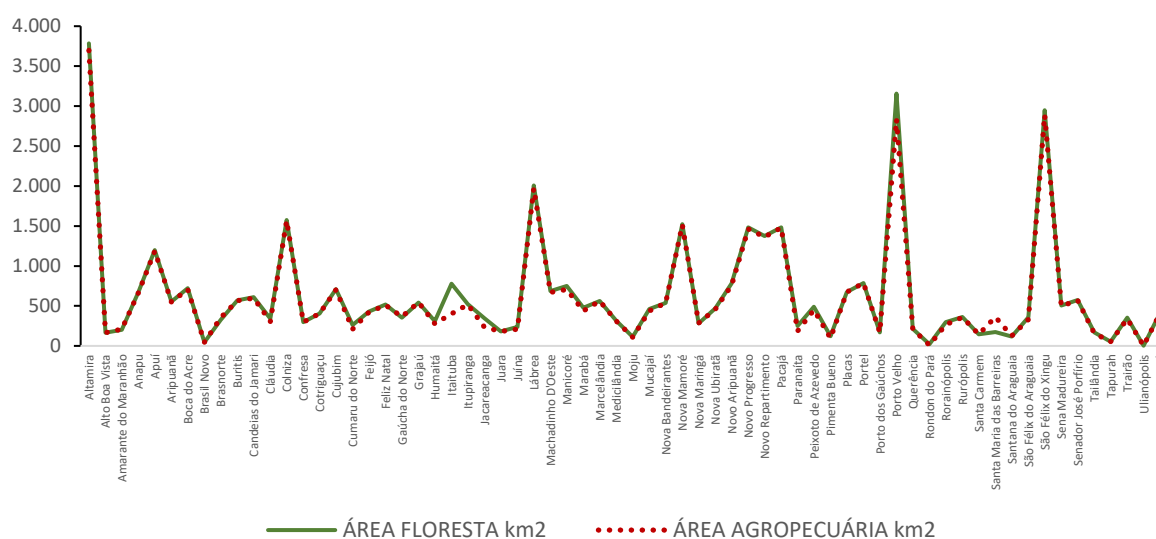


Figura 6: Área de floresta X área Agropecuária (2010-2020)

Fonte: Os autores a partir dos dados do MAPBIOMAS.

Neste segundo gráfico (figura 7), procurou-se verificar se os dados da variação da área Floresta retirados do site Mapbiomas correspondiam aos dados da variação da área desmatada retirados do site Prodes (INPE). Sendo assim, a análise do agrupamento dos dados no gráfico, apesar de apresentar linhas não totalmente coincidentes, corroborou o que se pretendia verificar. Depreende-se, pois, que as variações, apesar de serem dados retirados de sites diferentes, com metodologias diferentes e com pequenas variações que não foram consideradas significativas, podem ser consideradas como equivalentes.

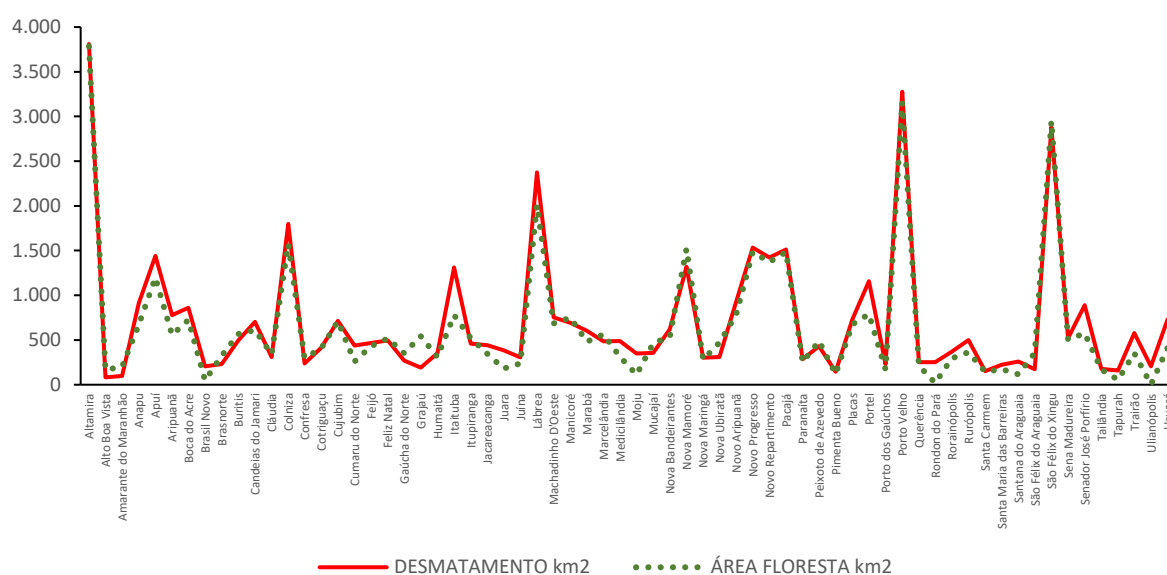


Figura 7: Área de floresta X área desmatada (2010-2020)

Fonte: Os autores a partir dos dados do MAPBIOMAS e PRODES (INPE).

Por fim, criou-se o último gráfico (figura 8) da análise com os dados da variação do PIB per capita por município (ordem decrescente) e sua média e da variação do desmatamento por município e sua média. Esses dados foram selecionados e inseridos neste gráfico com intuito de verificar e analisar a correlação entre o crescimento do PIB per capita e o crescimento do Desmatamento.

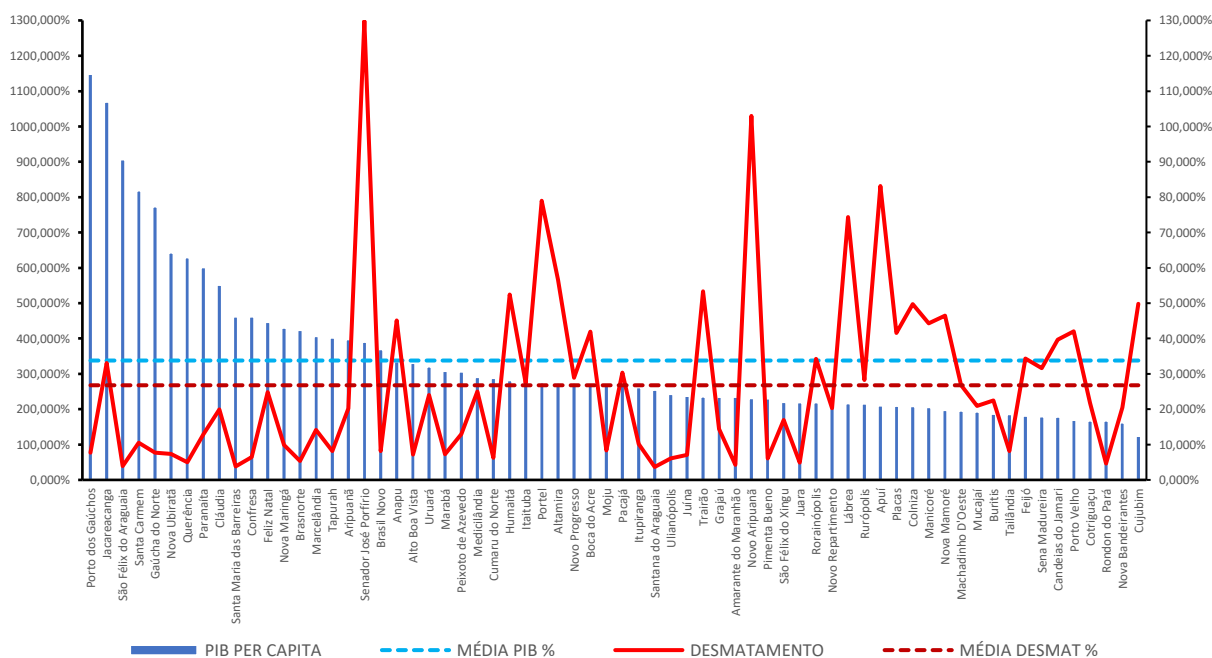


Figura 8: PIB per capita X desmatamento (2010-2020)

Fonte: Os autores a partir dos dados do IBGE e PRODES (INPE).

Em primeira análise, pode-se perceber que 19 municípios (28,79%) ficaram acima da média na variação do PIB per capita, com destaque para Porto do Gaúchos (MT), Jacareacanga (PA), São Félix do Araguaia (MT), Santa Carmem (MT) e Gaúcha do Norte (MT) que obtiveram variação do PIB per capita maiores que o dobro do valor da média da amostra. Destes municípios, Porto do Gaúchos (MT), São Félix do Araguaia (MT), Santa Carmem (MT) e Gaúcha do Norte (MT) mais de 60% do PIB é oriundo da agropecuária. A exceção está em Jacareacanga (PA) que a principal atividade é a indústria/mineração. O estado do Mato Grosso é o maior produtor de soja, milho, algodão e criador de rebanho bovino o que justifica os elevados valores de PIB dos municípios aqui citados e o IDHM são classificados como médio e alto. Já Jacareacanga (PA), alvo por vezes de operações de combate ao garimpo ilegal, possivelmente o alto valor do PIB pode explicado pelas atividades mineradoras exercidas na região, mas isso não se reflete no IDHM, já que este indicador é classificado como baixo (0,505).

Em segunda análise, verificou-se que 26 municípios (39,39%) tiveram variação no desmatamento acima da média, com destaque para Senador José Porfírio (PA), Novo Aripuanã (AM), Apuí (AM) e Portel (PA) que obtiveram variação no Desmatamento maiores que o dobro do valor da média da amostra. Em Senador José Porfírio (PA) e Portel (PA) mais de 40% do PIB é composto pela agropecuária e Novo Aripuanã (AM) e Apuí (AM) a atividade que mais adiciona valor é a administração pública (cerca de 55% e 40%) seguida da agropecuária (entre 23 e 27%) respectivamente. Fazendo um comparativo com os respectivos IDHMs destes municípios, estes são classificados como médio (Apuí – AM), baixo (Senador José Porfírio – PA e Novo Aripuanã – AM) ou muito baixo (Portel – PA). O cenário que se tem é que há volumes expressivos em termos percentuais de desmatamento que não refletem no PIB per capita, podendo ser fruto de atividades ilegais como retirada de madeiras, ou atividades mineradoras, tão pouco pode-se observar uma melhoria na qualidade de vida da população através do IDHM.

Após essas análises, buscou-se verificar o comportamento das relações entre os índices. Sendo assim, constatou-se que, dentre o grupo dos municípios que mais tiveram variação crescente no índice de desmatamento acima de média, 92,31% destes obtiveram uma variação no PIB PER CAPITA inferior à média da amostra. Além disso, 84,21% dos municípios que ficaram acima da média na variação do PIB PER CAPITA estão abaixo da média da variação do desmatamento. Cumpre ressaltar ainda que destes, 87,50% estão com índice de variação do desmatamento abaixo da metade da média.

Portanto, diante de todas as análises e verificações, bem como da união das constatações obtidas nos três gráficos anteriormente apresentados, tem-se o que se segue.

O aumento do desmatamento, ocasionado pela expansão das áreas destinadas a agropecuária (principal atividade econômica dos municípios da amostra) não foi acompanhado por um aumento na capacidade de geração de riqueza daqueles municípios.

Conforme demonstrado, a maioria dos municípios foi capaz de gerar riquezas e se desenvolver economicamente sem que houvesse a contrapartida de ter que desmatar grandes áreas. Além disso, os que mais desmataram foram os que obtiveram um crescimento econômico muito aquém do esperado se comparado aos outros.

Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM)

O Programa das Nações Unidas (PNUD) publicava os relatórios a cada 10 anos e a partir de 2010 começou a publicar os relatórios anualmente. Sendo assim, o IDH Brasil em 2010 era de

0,723 e passou para 0,754 em 2021 (PNUD, 2022). Nos dois anos citados o indicador é alto e em 2021 o país ocupa a 84ª posição no ranking mundial.

De todos os municípios da amostra, 54,3% possuem um IDHM médio, 34,3% baixo, 10% alto e apenas 1,4% em muito baixo (figura 9). Comparando com o IDH Brasil em 2010, de 0,723, considerado alto, tem-se que apenas 10% da amostra apresenta o indicador nesta categoria.

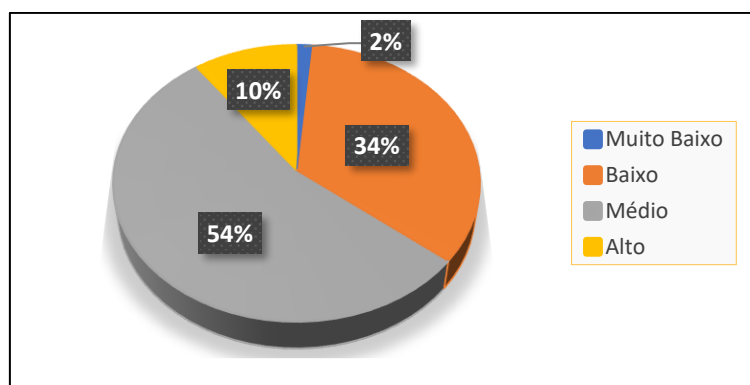


Figura 9: IDHM dos municípios do arco do desmatamento (2010)

Fonte: Os autores a partir dos dados do IBGE.

O município que apresenta maior IDHM é Porto Velho -RO (0,736) seguido por Santa Carmem-MT e Juína – MT (0,720). Os que apresentam os menores indicadores (muito baixo ou baixo) são: Portel- PA (0,483), Jacareacanga – PA (0,505) e Senador José Porfírio- PA (0,514).

O quadro 3 mostra o IDH de cada estado e como o IDHM da amostra se comporta em relação a ele.

Quadro 3: IDH por estado e IDHM da amostra (2010)

Estado	IDH	IDHM Amostra
Acre	0,663	Todos os municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.
Amazonas	0,674	Todos os municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.
Maranhão	0,639	Todos os municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.
Mato Grosso	0,725	Todos os municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.
Pará	0,646	89% dos municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.
Rondônia	0,690	71,4% dos municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.
Roraima	0,707	Todos os municípios possuem IDHM menor que o IDH do estado.

Fonte: Os autores, utilizando dados do IBGE.

A região amazônica possui um IDHM abaixo de 0,750. Observando estes dados, percebe-se que todos os municípios dos estados do Acre, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso e Roraima possuem IDHM menores do que o IDH do seu respectivo estado. A exceção ocorre apenas nos estados do Pará e Rondônia, que 11% (3 municípios) e 29% (2 municípios) respectivamente

apresentam valores superiores ao IDH do estado. Mas em todas as observações o indicador é inferior ao indicador geral da região.

Após esta análise é factível que o desmatamento, considerado relevante, dos municípios estudados não impactam o IDHM já que em praticamente toda amostra o indicador se mostra inferior ao próprio indicador do estado e da região da Amazônia. Sendo assim, essa redução da floresta, em prol do desenvolvimento econômico e social não é refletida na qualidade de vida da sociedade local.

Discussão

A partir desta pesquisa, tem-se um cenário em que há municípios que apresentaram um volume expressivo de área desmatada, mas que os indicadores de IDHM e PIB per capita não acompanharam na mesma proporção. Extrapolando este achado, isso pode ser um indício de atuação de atividades ilegais nestas localidades.

Lima et al. (2018) e Bosselmann e Dolmer (2023), por exemplo, apontam que a extração ilegal de madeira é uma atividade mais atraente em relação a extração legal já que há acesso irrestrito à madeira com menores custos de transação. Este tipo de atividade ilegal afeta a sociedade local pois além de atuar como direcionador do desmatamento e degradação ambiental, provoca perdas diretas de receitas e impostos relacionados ao mercado madeireiro ou de garimpo, como cita Carpio-Domínguez (2024).

Outro ponto levantado por Gutierrez-Velez e MacDicken (2008); Uchechukwu et al. (2023) e Triatmanto e Bawono (2023) é o impacto social negativo que estas atividades ilegais provocam como o desemprego, redução da segurança dos trabalhadores em relação aos direitos que lhes cabem em empregos formais e seguridade social.

Carvalho e Domingues (2016) fizeram uma projeção do desmatamento na Amazônia até 2030. No cenário simulado, foi apontado que o maior crescimento do PIB seria naquelas localidades que estão no arco do desmatamento, principalmente nas regiões produtoras de bovinos e soja (estados do Mato Grosso e Pará), estimuladas além da economia nacional pelo aumento da demanda por exportações dessas *commodities*. Esses achados corroboram com os achados desta pesquisa em que os municípios que apresentaram maiores valores de PIB per capita, são do estado do Mato Grosso, onde se encontram os principais produtores agrícolas do país.

Considerando a fronteira, percebe-se que os indicadores são menores nas classes iniciais da fronteira (A e B) em que a extensão do desmatamento é baixa e nas classes de fronteira intermediária (D e E) em que há um declínio do desmatamento. A exceção nas classes de pré

fronteira é o município de Juína – MT que embora seja classificada como área progressivamente desmatada (B) possui um IDHM alto. Todos os demais municípios destas classes são muito baixo, baixo ou médio.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa buscou verificar como está a fronteira de desmatamento dos municípios que compõem o arco do desmatamento na Amazônia brasileira. Também foi avaliado as possíveis relações entre o desmatamento, PIB per capita e o IDHM no período de 2010 a 2020. A partir deste objetivo pode-se estabelecer algumas relações.

Quanto a classificação dos municípios em relação à fronteira de desmatamento para verificar em qual estágio se encontram, percebe-se que 82% dos municípios da amostra são classificados nas classes B, C e D e possuem fronteiras intermediárias, sendo suas áreas progressivamente desmatadas. As classes “A” e “E” de fronteira, nomeadas de pré-fronteira e fronteira intermediária em que há baixo volume de desmatamento há apenas 5 e 1 municípios, respectivamente, em cada classe

Já a análise do desmatamento versus o PIB per capita, de forma comparativa, buscando averiguar se há alguma relação entre elas, os achados demonstraram que o aumento do desmatamento, ocasionado pela expansão das áreas destinadas a agropecuária (principal atividade econômica dos municípios da amostra) não foi acompanhado por um aumento na capacidade de geração de riqueza daqueles municípios. A maioria dos municípios foi capaz de gerar riquezas e se desenvolver economicamente sem que houvesse a contrapartida de ter que desmatar grandes áreas, indicando a utilização, por exemplo, de tecnologia para o cultivo da terra. Outro ponto importante é que os que mais desmataram foram os que obtiveram um crescimento econômico muito aquém do esperado se comparado aos outros.

Por fim, foi verificado se as atividades de desmatamento impactam o IDHM desses municípios. Como achado, viu-se que conforme o desmatamento aumenta (avanço da fronteira) e caminha para a estabilização/redução há uma diminuição neste indicador (IDHM), ou seja, a situação econômica e social não melhora nestes municípios.

É importante ressaltar que o IDHM adapta as características de cada município para seu cálculo. Porém embora isso traga uma maior possibilidade de avaliação e comparabilidade entre os municípios, eles possuem características muito específicas e distintas. Sendo assim, qualquer comparação deve ser feita com muita cautela e cuidado. Neste sentido, quando comparamos o

indicador a nível nacional, pode-se ter um comparativo aceitável já que as características distintas entre os estados não são tão perceptíveis como quando se compara o indicador em escala estadual e quanto mais municipal. Nestas duas últimas escalas tem-se bem mais evidenciadas as diversas características entre as localidades em termos de desenvolvimento, educação e renda o que explicita ainda fragilidades existentes neste indicador. Outro ponto a ser considerado são as inúmeras forças políticas e sociais que atuam diretamente e provocam mudanças não só físicas no território como também econômico, o que reflete na sociedade local como um todo.

O Brasil é um país altamente legalista e não é diferente se tratando de normativos relacionados a preservação do meio ambiente e combate ao desmatamento e queimadas. Para que a sociedade se desenvolva econômica e socialmente preservando o meio ambiente é necessário o comprometimento e atuação conjunta entre comunidade local, governos locais, estaduais e federais. Contar apenas com legislações não permitirá uma mudança do cenário, é preciso fiscalização e acompanhamento.

Algumas fragilidades foram observadas ao longo da pesquisa. Um deles é delonga na publicação de variáveis que advém do censo como os indicadores utilizados nesta pesquisa. Caso houvesse publicações em um período menor, possibilitaria melhores comparações e análises nas pesquisas. Embora o IDH contenha informações sobre o PIB eles são indicadores que possuem propostas distintas e como o estudo não utiliza nenhum método estatístico isso não interfere na qualidade dos achados encontrados.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEA) da Universidade de Brasília (UnB) – Campus Darcy Ribeiro.

REFERÊNCIAS

- Amaral, W., & Smeraldi, R. (2010). *Relação entre cultivo de soja e desmatamento: compreendendo a dinâmica* (12 p.). GTF.
- Anderson, C. M., Asner, G. P., & Lambin, E. F. (2019). Lack of association between deforestation and either sustainability commitments or fines in private concessions in the Peruvian Amazon. *Forest Policy and Economics*, 104, 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.03.010>
- Antonietti, R., & Franco, C. (2021). From FDI to economic complexity: A panel Granger causality analysis. *Structural Change and Economic Dynamics*, 56, 225–239.
<https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.11.001>

- Arvor, D., Meirelles, M., Dubreuil, V., Bégue, A., & Shimabukuro, Y. E. (2012). Analyzing the agricultural transition in Mato Grosso, Brazil, using satellite-derived indices. *Applied Geography*, 32(2), 702–713. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.08.007>
- Asner, G. P., & Alencar, A. (2010). Drought impacts on the Amazon Forest: The remote sensing perspective. *New Phytologist*, 187(3), 569–578. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03310.x>
- Asner, G. P., Knapp, D. E., Broadbent, E. N., Oliveira, P. J. C., Keller, M., & Silva, J. N. (2005). Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science*, 310(5747), 480–482. <https://doi.org/10.1126/science.1118051>
- Aydin, M. (2018). Natural gas consumption and economic growth nexus for top ten natural gas-consuming countries: A Granger causality analysis in the frequency domain. *Energy*, 165, 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.09.149>
- Azevedo, A., Rajão, R., Costa, M. A., Stabile, M. C. C., Macedo, M. N., Dos Reis, T. N. P., ... & others. (2017). Limits of Brazil's forest code as a means to end illegal deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(29), 7653–7658. <https://doi.org/10.1073/pnas.1604768114>
- Borma, L. S., ... & others. (2022). Beyond carbon: The contributions of South American tropical humid and subhumid forests to ecosystem services. *Reviews of Geophysics*, 60(4). <https://doi.org/10.1029/2021rg000766>
- Bosselmann, A. S., & Dolmer, S. E. N. (2023). Sustainability governance of soybean trade between Brazil and Europe: The road travelled and the challenges ahead. In *Sustainability challenges of Brazilian agriculture: Governance, inclusion, and innovation* (pp. 45–65). Springer International Publishing.
- Brannstrom, C. (2009). South America's neoliberal agricultural frontiers: Places of environmental sacrifice or conservation opportunity? *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 38(3), 141–149. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-38.3.141>
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. (2021). *Tabela de municípios prioritários para ações de prevenção, monitoramento e controle do desmatamento*. <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/controle-de-desmatamento-e-incendios-florestais/pdf/Listagemmunicipiosprioritriosparaaesdepreveno2021.pdf>
- Broadbent, E. N., Asner, G. P., Keller, M., Knapp, D. E., Oliveira, P. J. C., & Silva, J. N. (2008). Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation*, 141(7), 1745–1757. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.024>
- Carpio-Domínguez, J. L. (2024). The harms and crimes of logging and deforestation. In *Oxford Research Encyclopedia of Criminology and Criminal Justice*. Oxford University Press.
- Carvalho, T. S., & Domingues, E. P. (2016). Projeção de um cenário econômico e de desmatamento para a Amazônia Legal brasileira entre 2006 e 2030. *Nova Economia*, 26(2), 585–621. <https://doi.org/10.1590/0103-6351/2665>
- Chiou-Wei, S. Z., Chen, C., & Zhu, Z. (2008). Economic growth and energy consumption revisited—Evidence from linear and nonlinear Granger causality. *Energy Economics*, 30(6), 3063–3076. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.02.002>
- Coelho, E. de A., & Gontijo, B. M. (2022). Macaco, peixe, pássaro e turistas: Atores locais e contextos globais associados à conservação da Amazônia. *Ambiente & Sociedade*, 25. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210183r2vu2022l3ao>

- Coppola, E., & D'Ambrosio, S. (2024). Application of landscape ecology methodology in the project of Vulture Natural Regional Park. *UPLanD-Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*, 8(1), 31–42.
- Covey, K., et al. (2021). Carbon and beyond: The biogeochemistry of climate in a rapidly changing Amazon. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4, 618401. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.618401>
- Danelon, J. R. B., & Barcelos, A. C. (2023). Anthropogenic induced processes in urbanized environments. *Mercator (Fortaleza)*, 21(2), 1–13. <https://doi.org/10.4215/rm2022.e21033>
- De Freitas, A. P. G., & Lima, V. A. (2020). Políticas públicas integradas para promoção do desenvolvimento territorial da Amazônia. *Perspectivas em Políticas Públicas*, 13(25), 239–272.
- De Melo Benites, V., et al. (2023). Insights into Brazilian soils and sustainable agriculture scenarios. In *The soils of Brazil* (pp. 471–486). Springer.
- Dietz, T., Ostrom, E., & Stern, P. C. (2003). The struggle to govern the commons. *Science*, 302(5652), 1907–1912. <https://doi.org/10.1126/science.1091015>
- Domingues, S. C. O., Silva, I. C. O., Santos, J. S., Yamashita, O. M., & Carvalho, M. A. C. (2020). Dinâmica do arco do desmatamento: fronteiras agrícolas. *Scientific Electronic Archives*, 13(8), 104–110. <https://doi.org/10.36560/13820201035>
- Ellis, E. C. (2011). Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369, 1010–1035.
- Ellis, E. C. (2015). Ecology in an anthropogenic biosphere. *Ecological Monographs*, 85, 287–331.
- Ellis, E. C., & Haff, P. K. (2009). Earth science in the Anthropocene: New epoch, new paradigm, new responsibilities. *EOS Transactions*, 90, 473.
- Ellis, E. C., Maslin, M., Boivin, N., et al. (2016). Involve social scientists in defining the Anthropocene. *Nature*, 540(7632), 192–193. <https://doi.org/10.1038/540192a>
- Fearnside, P. M. (2008). The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. *Ecology and Society*, 13(1), 23. <https://doi.org/10.5751/ES-02451-130123>
- Feng, Y., Lee, C. C., & Peng, D. (2022). Does regional integration improve economic resilience? Evidence from urban agglomerations in China. *Sustainable Cities and Society*, 88, 104273. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104273>
- Gabriele, M., et al. (2023). A combined GIS and remote sensing approach for monitoring climate change-related land degradation to support landscape preservation and planning tools: The Basilicata case study. *Applied Geomatics*, 15(3), 497–532. <https://doi.org/10.1007/s12518-022-00437-z>
- Garcia, R. A., Soares-Filho, B. S., & Sawyer, D. O. (2007). Socioeconomic dimensions, migration, and deforestation: An integrated model of territorial organization for the Brazilian Amazon. *Ecological Indicators*, 7, 719–730. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.08.003>
- Gomez, M. D. V., Beuchle, R., Shimabukuro, Y., Grecchi, R., Simonetti, D., Eva, H. D., & Achard, F. (2015). A long-term perspective on deforestation rates in the Brazilian Amazon. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-7/W3, 539–544. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-539-2015>

- Gutierrez-Velez, V. H., & Macdicken, K. (2008). Quantifying the direct social and governmental costs of illegal logging in the Bolivian, Brazilian, and Peruvian Amazon. *Forest Policy and Economics*, 10(4), 248–256. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2007.10.007>
- Hahn, M. B., Gangnon, R. E., Barcellos, C., Asner, G. P., & Patz, J. A. (2014). Influence of deforestation, logging, and fire on malaria in the Brazilian Amazon. *PLoS ONE*, 9(1), e85725. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085725>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). *Estimativas da população residente com data de referência em 1º de julho de 2021*. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (2022). *Programa de Monitoramento da Amazônia e demais biomas: Desmatamento – Amazônia Legal*. <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, & Fundação João Pinheiro. (2013). *Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro (Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013)*. PNUD. https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/131219_atlas_idhm.pdf
- Kayet, A., Pathak, K., Kumar, S., Singh, C. P., Chowdary, V. M., Chakrabarth, A., Sinha, N., Shaik, I., & Ghosh, A. (2021). Deforestation susceptibility assessment and prediction in hilltop mining-affected forest region. *Journal of Environmental Management*, 289, 112504. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112504>
- Leite Filho, A. T., Soares-Filho, B., Davis, J. L., Abrahão, G. M., & Börner, J. (2021). Deforestation reduces rainfall and agricultural revenues in the Brazilian Amazon. *Nature Communications*, 12(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22840-7>
- Li, S., Zhang, H., & Yuan, D. (2019). Investor attention and crude oil prices: Evidence from nonlinear Granger causality tests. *Energy Economics*, 84, 104494. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2019.104494>
- Lima, L. S., Merry, F., Soares-Filho, B., Rodrigues, H. O., Damaceno, C. dos S., & Bauch, M. A. (2018). Illegal logging as a disincentive to the establishment of a sustainable forest sector in the Amazon. *PLoS ONE*, 13(12), e0207855. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207855>
- Loarie, S. R., Asner, G. P., & Field, C. B. (2009). Boosted carbon emissions from Amazon deforestation. *Geophysical Research Letters*, 36(14). <https://doi.org/10.1029/2009GL037526>
- Lustosa Filho, J. F., et al. (2024). From forest to pastures and silvopastoral systems: Soil carbon and nitrogen stocks changes in northeast Amazônia. *Science of the Total Environment*, 908, 168251. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168251>
- Macedo, M., DeFries, R., Morton, D., Stickler, C., Galford, G., & Shimabukuro, Y. (2012). Decoupling of deforestation and soy production in the Southern Amazon during the late 2000s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(4), 1341–1346. <https://doi.org/10.1073/pnas.111137410>
- Malhi, Y., Roberts, J. T., Betts, R. A., Killeen, T. J., Li, W., & Nobre, C. A. (2008). Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. *Science*, 319(5860), 169–172. <https://doi.org/10.1126/science.1146961>
- McGraw, M. C., & Barnes, E. A. (2018). Memory matters: A case for Granger causality in climate variability studies. *Journal of Climate*, 31(8), 3289–3300. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-17-0334.1>

- Mello, N. C., Bauer, M., Fadel, B., Chammas, E., & Sawyer, D. (2018). Sustainable development and deforestation in the Brazilian Amazon: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, 195, 532–548. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.210>
- Miranda, J. J., Corral, L., Blackman, A., Asner, G., & Lima, E. (2016). Effects of protected areas on forest cover change and local communities: Evidence from the Peruvian Amazon. *World Development*, 78, 288–307. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.026>
- Montalván-Burbano, N., et al. (2021). Worldwide research on land use and land cover in the Amazon region. *Sustainability*, 13(11), 6039. <https://doi.org/10.3390/su13116039>
- Nepstad, D., McGrath, D., & Alencar, A., Barros, A. C., Carvalho, G., & Santilli, M. (2002). Frontier governance in Amazonia. *Science*, 295(5555), 629–631. <https://doi.org/10.1126/science.1067053>
- Nepstad, D., McGrath, D., Stickler, C., Alencar, A., Azevedo, A., Swette, B., et al. (2014). Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. *Science*, 344(6188), 1118–1123. <https://doi.org/10.1126/science.1248525>
- Okida, D. T. S., Carvalho Junior, O. A. de, Carvalho, O. L. F. de, Gomes, R. A. T., & Guimarães, R. F. (2021). Relationship between land property security and Brazilian Amazon deforestation in the Mato Grosso State during the period 2013–2018. *Sustainability*, 13, 2085. <https://doi.org/10.3390/su13042085>
- Oliveira, A. S., Soares-Filho, B., Oliveira, U., Van Der Hoff, R., Carvalho-Ribeiro, S. M., Oliveira, A. R., Scheepers, L. C., Vargas, B. A., & Rajão, R. G. (2021). Costs and effectiveness of public and private fire management programs in the Brazilian Amazon and Cerrado. *Forest Policy and Economics*, 127, 102447. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2021.102447>
- Pacheco, P., & Pocard-Chapuis, R. (2012). The complex evolution of cattle ranching development amid market integration and policy shifts in the Brazilian Amazon. *Annals of the Association of American Geographers*, 102(6), 1366–1390. <https://doi.org/10.1080/00045608.2012.678040>
- Pacheco, R., Rajão, R., Hoff, R. van der, & Soares-Filho, B. (2021). Will farmers seek environmental regularization in the Amazon and how? Insights from the Rural Environmental Registry (CAR) questionnaires. *Journal of Environmental Management*, 284, 112010. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112010>
- Pao, H., & Tsai, C. (2011). Multivariate Granger causality between CO₂ emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. *Energy*, 36(1), 685–693. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.041>
- Pires-Luiz, C. H., & Steinke, V. A. (2019). O Código Florestal pode contribuir para a diminuição da degradação ambiental? *Caminhos de Geografia*, 20(72), 230–241. <https://doi.org/10.14393/RCG207244221>
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. (2022). *The human development report 2021/2022*. <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2021-22>
- Pradhan, R. P., Arvin, M. B., & Bahmani, S. (2018). Are innovation and financial development causative factors in economic growth? Evidence from a panel Granger causality test. *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 130–142. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.024>
- Projeto MapBiomias. (2019). *Coleção 4.0 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil*. <https://mapbiomas.org/download>

- Ravikumar, A., Larson, A. M., Duchelle, A. E., Myers, R., & Tovar, J. G. (2015). Multilevel governance challenges in transitioning towards a national approach for REDD+: Evidence from 23 subnational REDD+ initiatives. *International Journal of the Commons*, 9(2), 909–931. <https://doi.org/10.18352/ijc.593>
- Rodrigues, A. S. L., Ewers, R. M., Parry, L., Souza, C., Veríssimo, A., & Balmford, A. (2009). Boom-and-bust development patterns across the Amazon deforestation frontier. *Science*, 324(5933), 1435–1437. <https://doi.org/10.1126/science.1174002>
- Rodrigues, S. T., Azevedo, J. P., & Marinho, J. P. M. (2016). Desmatamento na Amazônia e políticas públicas: Uma análise a partir do Pará. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 33(3), 615–638. <https://doi.org/10.20947/S0102-3098a0032>
- Rudel, T. K., DeFries, R., Asner, G. P., & Laurance, W. F. (2009). Changing drivers of deforestation and new opportunities for conservation. *Conservation Biology*, 23(6), 1396–1405. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01332.x>
- Schellnhuber, H. J. (1999). ‘Earth system’ analysis and the second Copernican revolution. *Nature*, 402, C19–C23. <https://doi.org/10.1038/35011515>
- Schneider, R. R., Erima, E., Veríssimo, A., Barreto, P., & Sousa Jr., C. (2000). *Sustainable Amazon: Limitations and opportunities for rural development*. World Bank and IMAZON. <http://www.imazon.org.br/publicacoes/publicacao.asp?id=109>
- Serra, J. P., & Oliveira, T. A. (2020). Impactos ambientais decorrentes da construção de barragens de usinas hidrelétricas: Reflexões e desdobramentos físico-naturais. In *Ciências ambientais: diagnósticos ambientais* (pp. 64–83). Ribeirão Preto.
- Siqueira-Gay, J. S., Soares-Filho, B. S., Sanchez, L. E., Oviedo, A., & Sonter, L. J. (2020). Proposed legislation to mine Brazil’s Indigenous lands will threaten Amazon forests and their valuable ecosystem services. *One Earth*, 3(3), 356–362. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.08.008>
- Soares-Filho, B., Cerqueira, G. C., & Pennachin, C. L. (2002). DINAMICA—A stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling*, 154(3), 217–235. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00059-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00059-5)
- Soares-Filho, B., Nepstad, D. C., Curran, L., Cerqueira, G. C. C., Garcia, R. A., Ramos, C. A., Voll, E., McDonald, A., Lefebvre, P., Schlesinger, P., & McGrath, D. (2005). Cenários de desmatamento para a Amazônia. *Estudos Avançados*, 19(54), 137–152. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000200008>
- Steffen, W., Grinevald, J., Crutzen, P., & McNeill, J. (2011). The Anthropocene: Conceptual and historical perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 369(1938), 842–867. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0327>
- Steffen, W., Leinfelder, R., Zalasiewicz, J., Waters, C. N., Williams, M., Summerhayes, C., ... & Syvitski, J. (2016). Stratigraphic and Earth system approaches to defining the Anthropocene. *Earth’s Future*, 4(8), 324–345. <https://doi.org/10.1002/2016EF000379>
- Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P., Jäger, J., Matson, P., Moore, B., Oldfield, F., Richardson, K., Schellnhuber, H. J., Turner, B. L., & Wasson, R. J. (2004). *Global change and the Earth system: A planet under pressure*. Springer.
- Steinke, V. A., Barbosa, S. M. da S., Mendes, V. J. de M., Zanatto, V. G., Pessoa, G. E., & Bayma, G. (2018). Spatial analysis of federal protected areas and priority areas for biodiversity

conservation in Brazil. *Journal of Geographic Information System*, 10(6), 718–734.
<https://doi.org/10.4236/jgis.2018.106037>

Steinke, V. A., Pessoa, G. E., & Barbosa, S. (2022). Das paisagens originárias às paisagens antropogênicas: As unidades de conservação da natureza como testemunho de um percurso. In V. A. Steinke, C. A. D. Silva, & E. S. Fialho (Orgs.), *Geografia da paisagem: múltiplas abordagens* (pp. xx–xx). [Editora].

Thaler, G. M., Viana, C., & Toni, F. (2019). From frontier governance to governance frontier: The political geography of Brazil's Amazon transition. *World Development*, 11, 59–72.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.09.022>

Triatmanto, B., & Bawono, S. (2023). The interplay of corruption, human capital, and unemployment in Indonesia: Implications for economic development. *Journal of Economic Criminology*, 2, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.jeconc.2023.100031>

Tritscha, I., & Arvor, D. (2016). Transition in environmental governance in the Brazilian Amazon: Emergence of a new pattern of socio-economic development and deforestation. *Land Use Policy*, 59, 446–455. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.09.018>

Uchechukwu, E. S., Amechi, A. F., Okoye, C. C., & Okeke, N. M. (2023). Youth unemployment and security challenges in Anambra State, Nigeria. *Scholars Journal of Arts, Humanities and Social Sciences*, 11(4), 81–91. <https://doi.org/10.36347/sjahss.2023.v11i04.005>

Waters, C. N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A. D., Poirier, C., Gałuszka, A., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E. C., Ellis, M., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Richter, D. de B., Steffen, W., Syvitski, J., Vidas, D., Waple, M., Williams, M., ... & Wolfe, A. P. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, 351(6269), aad2622. <https://doi.org/10.1126/science.aad2622>

Young, K. R. (2015). Biogeography of the Anthropocene: Domestication. *Progress in Physical Geography*, 40(1), 161–174. <https://doi.org/10.1177/0309133315598724>

Zhao, L., Wen, F., & Wang, X. (2020). Interaction among China carbon emission trading markets: Nonlinear Granger causality and time-varying effect. *Energy Economics*, 91, 104901. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104901>

Zu Ermgassen, E. K. H. J., De Alcântara, M. P., Balmford, A., Barioni, L., Neto, F. B., Bettarello, M. M. F., et al. (2018). Results from on-the-ground efforts to promote sustainable cattle ranching in the Brazilian Amazon. *Sustainability*, 10(4), 1301. <https://doi.org/10.3390/su10041301>

CAPÍTULO 4: ARTIGO 3

TÍTULO: Despesas Ambientais, Desmatamento e Efeitos de Transbordamento no Arco do Desmatamento Amazônico: Uma Análise Espacial.

Environmental Expenses, Deforestation, and Spillover Effects in the Amazon Deforestation Arc: A Spatial Analysis.

Fernanda Jaqueline Lopes
Universidade de Brasília – UnB

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar se as despesas do governo federal na Função 18 – Gestão Ambiental influenciam a redução do desmatamento nos municípios do Arco do Desmatamento da Amazônia, entre 2011 e 2021, considerando padrões espaciais, efeitos de transbordamento e a eficácia funcional do gasto público. Para isso, utilizaram-se dados do Tesouro Nacional (SICONFI/FINBRA) e do Projeto PRODES/INPE, aplicando análise espacial e estatística descritiva. Os resultados indicam que os principais hotspots de desmatamento não coincidem com as áreas que recebem mais recursos, revelando falhas no direcionamento geográfico estratégico. Municípios como Novo Aripuanã-AM e Gaúcha do Norte-MT registram alto desmatamento sem despesas ambientais, enquanto Paragominas-PA mostrou maior alinhamento entre gasto e controle do desmate. Também foram identificadas fragilidades em programas federais, como o PPCDaM e o Programa União com Municípios, devido à integração limitada e ao monitoramento insuficiente. Esses achados dialogam com a Teoria dos Recursos Comuns, reforçando a importância de fortalecer instituições locais, e com a Teoria da Difusão Espacial, que explica a propagação do desmate para áreas vizinhas não protegidas. Nesse contexto, eventos como a COP 30 representam oportunidades estratégicas para captar recursos internacionais vinculados a metas ambientais, os quais, se aliados a um melhor direcionamento geográfico e fortalecimento da governança local, podem ampliar significativamente a efetividade das políticas de combate ao desmatamento.

Palavras-chave: Desmatamento; Despesas Ambientais; Amazônia; Arco do Desmatamento; Análise espacial; Políticas públicas.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate whether federal government expenditures in Function 18 – Environmental Management influence the reduction of deforestation in the municipalities of the Amazon Deforestation Arc, between 2011 and 2021, considering spatial patterns, spillover effects, and the functional effectiveness of public spending. For this purpose, data from the National Treasury (SICONFI/FINBRA) and the PRODES/INPE Project were used, applying spatial analysis and descriptive statistics. The results indicate that the main deforestation hotspots do not coincide with the areas that receive the most resources, revealing flaws in strategic geographical targeting. Municipalities such as Novo Aripuanã-AM and Gaúcha do Norte-MT report high deforestation without environmental expenses, while Paragominas-PA showed greater alignment between spending and deforestation control. Weaknesses were also identified in federal programs, such as PPCDaM and the Union with Municipalities Program, due to limited integration and insufficient monitoring. These findings align with the Common-Pool Resources Theory, emphasizing the importance of strengthening local institutions, and with the Spatial Diffusion Theory, which explains the spread of deforestation to unprotected neighboring areas. In this context, events like COP 30 represent strategic opportunities to capture international resources linked to environmental goals, which, if combined with better geographical targeting and strengthening of local governance, can significantly enhance the effectiveness of deforestation combat policies.

Keywords: Deforestation; Environmental Expenses; Amazon; Deforestation Arc; Spatial Analysis; Public Policies.

1 INTRODUÇÃO

Os problemas advindos do desmatamento têm sido pauta de discussões em todo mundo. Embora forneça benefícios econômicos em curto prazo, as repercussões socioambientais e econômicas superam os ganhos imediatos, pois há danos ambientais, perda de biodiversidade e compromete oportunidades econômicas para setores ligados à conservação e ao uso sustentável de recursos naturais.

Desmatamento e degradação de florestas tropicais, especialmente na Amazônia, têm uma série de efeitos que vão além da simples perda da cobertura vegetal. Ecologicamente, resultam na drástica redução da biodiversidade, com a extinção de espécies e a interrupção de complexos

processos ecológicos essenciais para o funcionamento dos biomas (Lovejoy & Nobre, 2018). Contribuem significativamente para as mudanças climáticas globais ao liberar grandes volumes de carbono estocado na biomassa, transformando sumidouros em fontes de emissão de gases de efeito estufa (IPCC, 2019). Além disso, provoca a mudança do regime hídrico regional e global, comprometendo serviços ecossistêmicos vitais como a regulação do ciclo da água, a manutenção da fertilidade do solo, a polinização e a qualidade do ar, impactando diretamente a segurança hídrica e alimentar de vastas regiões (Fearnside, 2018). Socialmente, causam a desestruturação e o deslocamento de comunidades tradicionais e indígenas, intensificando conflitos por terra e recursos, além de afetar sua saúde e modos de vida. Economicamente, apesar de eventuais ganhos de curto prazo para setores específicos como a pecuária e a agricultura extensiva, o desmatamento acarreta perdas econômicas futuras relevantes. Ele compromete o potencial de desenvolvimento sustentável baseado em bioeconomia, produtos florestais não madeireiros, ecoturismo e a valoração dos ativos ambientais, além de expor o país a restrições comerciais e perda de investimentos internacionais devido a preocupações ambientais (Assunção et al., 2019). Assim, o problema do desmatamento configura-se como um entrave complexo ao desenvolvimento sustentável e à estabilidade socioeconômica.

No Brasil, o desmatamento não é um fenômeno atual, mas sim a continuação de um modelo de desenvolvimento que já existe há muito tempo. Desde o período colonial, a exploração de recursos naturais e a expansão territorial impulsionaram a remoção da cobertura vegetal, com ciclos econômicos como a cana-de-açúcar e o café, resultando na devastação inicial da Mata Atlântica (Dean, 1995). No século XX, as políticas de ocupação e integração da Amazônia, aliadas à expansão da fronteira agrícola e pecuária, intensificaram a conversão de florestas em áreas de produção (Becker & Egler, 1992). Essa trajetória histórica consolidou um padrão de uso da terra que, por décadas, priorizou a apropriação e a conversão em detrimento da conservação, delineando as raízes estruturais do problema e tornando o desmatamento um desafio complexo e intrinsecamente ligado ao desenvolvimento econômico do país.

A economia brasileira, historicamente marcada pela forte dependência da exportação de commodities agrícolas e minerais, demonstra uma inerente sensibilidade às flutuações do mercado global (Giambiagi & Além, 2017). Essa estrutura econômica embora contribua com o crescimento em períodos de alta dos preços internacionais, também traz grandes desafios, como a instabilidade econômica, crises inflacionárias e a vulnerabilidade a choques externos. Nesse complexo cenário de fragilidade estrutural e de pressões por crescimento econômico, a busca por um modelo de desenvolvimento que concilie a produção e a geração de riqueza com a conservação ambiental

torna-se um dos maiores dilemas para as políticas públicas no Brasil. A necessidade de gerar divisas e emprego no curto prazo frequentemente entra em tensão com os imperativos de proteção dos recursos naturais e da sustentabilidade de longo prazo, evidenciando a complexidade de implementar medidas eficazes para conter o desmatamento (Viola & Leis, 2019).

O avanço do desmatamento na Amazônia é impulsionado por um complexo conjunto de fatores, que incluem a expansão da fronteira agrícola e pecuária, frequentemente associada à grilagem de terras e à especulação fundiária (Nepstad et al., 2014). Além disso, a mineração ilegal, a construção de grandes obras de infraestrutura (rodovias, hidrelétricas) e a extração seletiva e ilegal de madeira também contribuem significativamente para a degradação e a perda florestal (Fearnside, 2018). Esses vetores, muitas vezes interligados e impulsionados por dinâmicas econômicas e deficiências de governança, evidenciam a natureza multifacetada do problema, exigindo abordagens integradas que considerem tanto as causas diretas quanto as indiretas para uma gestão ambiental eficaz.

O arcabouço legal brasileiro e institucional que trata sobre a proteção ambiental é robusto, evidenciado por instrumentos como o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC, Lei nº 9.985/2000), que estabelecem diretrizes para o uso da terra e a conservação da biodiversidade (May & Lustosa, 2017). Adicionalmente, o país é signatário de importantes tratados internacionais e acordos ambientais, como a Convenção sobre Diversidade Biológica e o Acordo de Paris, demonstrando um compromisso formal com a agenda global de sustentabilidade (Viola & Leis, 2019). No entanto, apesar da existência dessas normativas e dos esforços governamentais em fiscalização e controle, as taxas de desmatamento na Amazônia persistem em níveis preocupantes (Rajão et al., 2020). Essa persistência levanta questões importantes sobre a efetividade da aplicação dessas políticas e a adequação e transparência na alocação dos recursos públicos destinados à gestão ambiental, sugerindo que o problema transcende a mera ausência de legislação.

A vasta literatura sobre o desmatamento na Amazônia tem explorado exaustivamente seus múltiplos determinantes, incluindo a expansão da fronteira agrícola e pecuária, a construção de infraestruturas, as dinâmicas socioeconômicas e políticas regionais e as falhas de governança (Nepstad et al., 2006; Fearnside, 2005). Concomitantemente, diversos estudos têm investigado a eficácia de políticas e marcos regulatórios na contenção do avanço do desmatamento, como a criação de unidades de conservação, a fiscalização e o controle do crédito rural (Assunção et al., 2013; Soares-Filho et al., 2010). Contudo, há uma lacuna significativa na compreensão empírica e na literatura brasileira sobre a efetividade dos gastos públicos especificamente destinados à

gestão ambiental na mitigação desse fenômeno. Nesse sentido, enquanto a relação direta entre o investimento governamental e a redução do desmatamento ainda carece de aprofundamento na literatura nacional, pesquisas internacionais indicam que a alocação de recursos públicos pode ser um instrumento eficaz para o controle ambiental. Por exemplo, Bernauer e Koubi (2013) demonstraram que gastos do governo na melhoria da tecnologia de produção podem contribuir para o controle de emissões de poluentes atmosféricos, como o SO₂. Extrapolando essa premissa para o contexto do desmatamento, é possível investigar se o investimento financeiro do Estado em ações de fiscalização, monitoramento, incentivo à conservação e desenvolvimento sustentável pode gerar impactos positivos na redução das taxas de desmatamento na Amazônia.

Em meio aos constantes desafios socioeconômicos e ambientais que o Brasil enfrenta, surge uma questão relevante, que ainda não foi totalmente trabalhada pela literatura: *As despesas públicas em gestão ambiental exercem alguma influência espacial sobre o desmatamento nos municípios situados no Arco do Desmatamento na Amazônia?* Apesar de o governo brasileiro destinar um volume considerável de recursos para proteger nosso meio ambiente, a maneira como esses fundos são alocados e, principalmente, a dificuldade em acompanhar seu rastro no orçamento (Rodrigues, 2013) tornam difícil verificar qual é o impacto real na luta contra o desmatamento. É importante a busca de averiguar se todo esse investimento se traduz efetivamente em florestas mais protegidas, mostrando um importante entendimento sobre a ligação direta entre o dinheiro público e a queda nas taxas de desmatamento.

O objetivo geral da pesquisa é investigar espacialmente se as despesas do governo em gestão ambiental exercem alguma influência sobre o desmatamento dos municípios situados no arco do desmatamento da Amazônia. Para alcançar o objetivo geral, propõe-se os seguintes objetivos específicos:

- i. Verificar se há alguma relação entre os municípios da amostra e o desmatamento nestas localidades, ou seja, se o aumento/redução do desmatamento em um município impacta no comportamento deste mesmo evento em municípios vizinhos, através da presença de *spillovers* espaciais.
- ii. Averiguar se os gastos do governo com proteção ambiental são realmente eficazes na redução do desmatamento.
- iii. Identificar e caracterizar municípios que se comportam como *outliers* em relação à eficácia dos gastos ambientais no controle do desmatamento, buscando compreender os fatores que contribuem para essa excepcionalidade.

Esta pesquisa se justifica pela necessidade de compreender a real efetividade e a influência espacial das despesas governamentais na mitigação do desmatamento, já que mesmo com um forte arcabouço legal e alocação de recursos públicos, este fenômeno persiste e permeia grandes desafios socioeconômicos e ambientais.

Essa questão será trabalhada nos municípios do Arco do Desmatamento da Amazônia, sendo esta escolha pautada no fato de que essa região apresenta maiores taxas de desmatamento na Amazônia Legal devido a intensa pressão de atividades como as da agropecuária, grilagem de terras e exploração ilegal de recursos (Alix-Garcia et al., 2013; Fearnside, 2005). Sendo assim, essa localização é relevante para investigar se as despesas do governo em gestão ambiental têm alguma influência espacial sobre as taxas de desmatamento, contribuindo para um melhor entendimento, se tratando de gestão pública, de onde e como otimizar essas políticas de forma a alocar os recursos de forma mais eficaz.

Ao trabalhar com os municípios situados no crítico Arco do Desmatamento, traçando caminhos em busca de preencher a lacuna de conhecimento sobre a possível relação entre o investimento público e a redução do desmatamento, o estudo fornecerá subsídios empíricos importantes para a formulação de políticas públicas mais eficientes, aprimorando a alocação de recursos e promovendo um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável para a região.

Esta pesquisa está estruturada em cinco partes, sendo a primeira a introdução, trazendo uma contextualização do tema, problema de pesquisa, objetivos (geral e específicos) e a justificativa. Na sessão seguinte tem-se o referencial teórico o qual trata sobre o desmatamento amazônico focando em conceitos, causas e impactos, governança ambiental e gestão de recursos comuns. Também serão discutidos conceitos sobre economia ambiental, finanças públicas e eficácia do gasto ambiental, além da dimensão espacial do desmatamento e das políticas públicas. No tópico três é apresentada a metodologia utilizada para execução da pesquisa. No item seguinte, são tratadas as discussões sobre os resultados obtidos com o desenvolvimento da pesquisa. Por fim, no último tópico são apresentadas as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Desmatamento Amazônico: Conceitos, Causas e Impactos

O desmatamento, em suas diversas manifestações, refere-se à remoção completa da cobertura florestal nativa, substituindo-a por outros usos da terra, como pastagens, lavouras ou infraestrutura. A degradação florestal, por sua vez, implica na perda de qualidade, estrutura e

funções ecológicas sem a erradicação total, ocorrendo por exploração madeireira seletiva, incêndios sub-bosque ou fragmentação e efeitos de borda (Slattery & Fenner, 2021; Broadbent et al., 2008). Ambas as dinâmicas tornam a floresta mais vulnerável, comprometem serviços ecossistêmicos (Lovejoy & Nobre, 2018) e representam perdas significativas e interconectadas para o bioma amazônico.

A dinâmica de desmatamento no Brasil é intrínseca à sua história de ocupação territorial, bem caracterizada pela Teoria da Fronteira de Expansão. Esse conceito descreve o avanço progressivo da atividade humana sobre áreas naturais, impulsionado por fatores econômicos, demográficos e geopolíticos. Desde o período colonial, ciclos econômicos como a cana-de-açúcar e o café promoveram a devastação inicial da Mata Atlântica (Dean, 1995), padrão replicado e intensificado na Amazônia a partir do século XX. Políticas de ocupação e integração da Amazônia, alinhadas à expansão da fronteira agrícola e pecuária, intensificaram a conversão florestal (Becker & Egler, 1992), consolidando um modelo de desenvolvimento relacionado com o bioma (Caetano et al., 2021) e manifestado em lutas por ordenamento territorial e no aprofundamento do neo-desenvolvimentismo (Baletti, 2012).

A escolha do uso da terra na Amazônia é fortemente ditada por modelos econômicos, onde a lucratividade de atividades como agricultura, pecuária extensiva e mineração ilegal frequentemente se sobrepõe à manutenção da floresta. Essa lógica econômica associa o crescimento à expansão do desmatamento no Brasil e à ocorrência de *spillovers* espaciais (Barros, 2021), transformando fronteiras em áreas de "sacrifício ambiental" para expansão agrícola (Brannstrom, 2009), inerente à dependência brasileira de *commodities* (Giambiagi & Além, 2017). A busca por uma "soja sustentável" pode camuflar novo extrativismo (Baletti, 2014). Cenários projetados indicam a persistência dessa pressão (Carvalho & Domingues, 2016), incentivando a conversão florestal em pastagens e lavouras. Ganhos de curto prazo, muitas vezes questionáveis, atraem investimentos e populações, perpetuando o ciclo e acentuando a pressão sobre os recursos naturais.

Os *drivers* do desmatamento na Amazônia são múltiplos e interligados, abrangendo dimensões socioeconômicas, institucionais, políticas e tecnológicas (Nepstad et al., 2006; Fearnside, 2005), e sua influência varia em escala e contexto (Ferrer Velasco et al., 2020). A expansão desordenada da fronteira agrícola e pecuária, ligada à grilagem e especulação fundiária, é o principal motor (Nepstad et al., 2014), com *spillovers* espaciais impulsionando o desmatamento em regiões como Mato Grosso (Kuschnig et al., 2021) e dinâmicas complexas em toda a Amazônia brasileira (Bouchardet et al., 2017). A infraestrutura de transporte, como estradas,

também se configura como vetor (Barros & Baggio, 2021). Somam-se a isso mineração ilegal, grandes obras de infraestrutura, extração seletiva ilegal de madeira e incêndios (Fearnside, 2018). A fragilidade da governança ambiental e a fiscalização ineficiente exacerbam o problema (Benzeev et al., 2022), e a ausência de alternativas econômicas sustentáveis contribui para a persistência do desmatamento (Azevedo, 2021).

Os impactos do desmatamento vão além da simples perda de árvores, manifestando-se em relevantes consequências ecológicas e hidrológicas. Ecologicamente, resulta na drástica redução da biodiversidade, levando à extinção de espécies e à interrupção de processos ecológicos (Lovejoy & Nobre, 2018). Climatologicamente, contribui significativamente para as mudanças climáticas globais, liberando grandes volumes de carbono e transformando a floresta de sumidouro em fonte de emissões de gases de efeito estufa (IPCC, 2019). É fundamental reconhecer que as florestas sul-americanas contribuem com vasta gama de serviços ecossistêmicos "além do carbono", como a regulação hídrica e climática regional (B. F. A., Rajão, R., & Nobre, C. A., 2022). Hidrologicamente, provoca a mudança do regime hídrico regional e global, afetando a regulação do ciclo da água, a manutenção da fertilidade do solo e a qualidade do ar (Fearnside, 2018), com sérias implicações para a segurança hídrica e alimentar.

Além das consequências ambientais diretas, o desmatamento acarreta sérios impactos sociais e econômicos. Socialmente, causa a desestruturação e o deslocamento de comunidades tradicionais e indígenas, intensificando conflitos por terra e recursos e afetando profundamente seus modos de vida e saúde. Economicamente, apesar dos ganhos pontuais para alguns setores, a médio e longo prazo, o desmatamento compromete o potencial de desenvolvimento sustentável baseado na bioeconomia, no ecoturismo e na valoração dos ativos ambientais. Adicionalmente, expõe o país a restrições comerciais e à perda de investimentos internacionais devido a crescentes preocupações ambientais (Assunção et al., 2019), o que levanta questionamentos sobre a suficiência de políticas como o Código Florestal para conter o desmatamento ilegal (Azevedo et al., 2017), configurando-se como um entrave complexo ao desenvolvimento socioeconômico sustentável.

2.2 Governança Ambiental e Gestão de Recursos Comuns

A Governança Ambiental define-se como o conjunto de mecanismos, atores e processos que organizam a interação entre a sociedade e o meio ambiente, visando à gestão sustentável dos recursos naturais. Sua abrangência inclui o Estado, setor privado, sociedade civil e comunidades locais. Em contextos complexos como a Amazônia brasileira, onde os determinantes do uso da terra exibem variações regionais (Aguiar et al., 2007) e a expansão de setores como soja e carne

apresenta desafios (Nepstad et al., 2006), a governança ambiental é crucial para conciliar interesses e promover a conservação de um bioma de relevância global.

Um conceito central na gestão ambiental é a Teoria dos Recursos Comuns (Common Pool Resources), que descreve bens de difícil exclusão e uso rival. Garrett Hardin, em “A Tragédia dos Comuns” (1968), argumentou que a ausência de regulação ou direitos de propriedade levaria ao esgotamento desses recursos devido ao uso individualista. A premissa de Hardin é que a busca do benefício pessoal, sem internalização dos custos coletivos, resultaria na degradação do bem comum, ilustrando os desafios da gestão de recursos ambientais em sistemas de acesso aberto.

Em contraponto à visão de Hardin, Elinor Ostrom (1990), laureada com o Prêmio Nobel, demonstrou que a “Tragédia dos Comuns” não é inevitável. Ostrom evidenciou a capacidade de comunidades desenvolverem modelos eficazes de gestão coletiva por meio de arranjos institucionais, regras claras, monitoramento e sanções graduais. Essa contribuição teórica fundamenta a necessidade de intervenção governamental e políticas públicas, sublinhando a importância de estruturas de governança adaptativas e eficazes, que integrem as diversas escalas de gestão.

As Políticas Públicas Ambientais representam os instrumentos operacionais que concretizam a governança, buscando direcionar o comportamento dos atores para a proteção e o uso sustentável dos recursos. Elas podem ser classificadas em instrumentos de comando e controle, que incluem legislação, licenciamento, fiscalização e aplicação de sanções – elementos empregados na coibição de ilícitos ambientais – e instrumentos econômicos, que utilizam incentivos (como subsídios e pagamentos por serviços ambientais) ou desincentivos (taxas) para influenciar decisões e promover a conservação. No Brasil, o Arcabouço Legal é consideravelmente abrangente e complexo. Dentre suas normativas, destacam-se o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), que tem sido objeto de intensos debates entre diferentes setores da sociedade, e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC – Lei nº 9.985/2000), que prevê diferentes categorias de áreas protegidas. A eficácia destas áreas é amplamente reconhecida e evidenciada por sua contribuição na mitigação das mudanças climáticas, por exemplo, ao preservar estoques de carbono e a biodiversidade (Soares-Filho et al., 2010).

Instrumentos Econômicos e Financiamento da Conservação

A governança ambiental contemporânea complementa instrumentos de comando e controle com mecanismos econômicos para incentivar a sustentabilidade. A valoração de serviços ecossistêmicos, fundamental para essas abordagens, é discutida por autores como Costanza et al.

(1997) e Pearce e Turner (1990). A integração do capital natural em decisões financeiras é defendida por Heal (2017), enquanto Stern (2007) ressalta a urgência e a viabilidade econômica de investimentos em soluções climáticas, incluindo mercados de carbono. Mecanismos como Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA) e mercados de carbono são ferramentas que demonstram como a proteção ambiental pode impulsionar valor econômico e financeiro.

A Governança Ambiental também se manifesta em escala global, sob a influência de Compromissos Internacionais. A participação do Brasil em acordos multilaterais e convenções, como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e a Convenção sobre Diversidade Biológica, orienta as políticas ambientais domésticas, estabelecendo diretrizes e mecanismos de cooperação. A atuação de figuras diplomáticas e negociadores brasileiros em fóruns internacionais desempenha um papel significativo para que as discussões globais se traduzam em ações no país. A realização de eventos de alta relevância global em território nacional, como a 30ª Conferência das Partes (COP30) da UNFCCC em Belém do Pará em 2025, amplifica a visibilidade da Amazônia e o papel do Brasil na agenda climática e de biodiversidade global, conferindo ao país uma posição estratégica nas negociações. Tais compromissos podem impulsionar a legislação nacional e facilitar o acesso a financiamento e intercâmbio de experiências. A complexidade do desmatamento na Amazônia, com suas ramificações globais, indica a pertinência de uma abordagem de governança multinível, que integre os esforços locais, nacionais e internacionais para a sustentabilidade e a resiliência desse bioma.

2.3 Economia Ambiental, Finanças Públicas e a Eficácia do Gasto Ambiental

Sob uma perspectiva econômica, a proteção ambiental revela-se um desafio clássico de bens públicos e externalidades negativas. Serviços ecossistêmicos, como regulação climática e biodiversidade, são inerentemente não-excludentes e não-rivais, tornando ineficazes os mecanismos de mercado para sua provisão ótima. A falha de mercado, decorrente de custos sociais e ambientais não internalizados pelo setor privado (como o desmatamento), justifica e exige a atuação governamental para garantir a oferta desses bens essenciais e internalizar os impactos.

A análise econômica da conservação contrasta o valor da floresta em pé com os ganhos de curto prazo do desmatamento. O vasto valor econômico dos ecossistemas amazônicos abrange desde o potencial da bioeconomia até os serviços ecossistêmicos globais, cuja valoração é complexa, mas fundamental, como explorado por Costanza et al. (1997). Em contrapartida, o desmatamento, embora possa oferecer retornos financeiros imediatos, impõe custos sociais e ambientais significativos a longo prazo. Iniciativas como REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal), analisadas por Busch et al. (2015), demonstram a

relevância de se atribuir valor econômico à floresta conservada, fornecendo lições sobre a viabilidade de recompensar o não-desmatamento.

No âmbito das finanças públicas, os recursos são gerados, aplicados e geridos pelo Estado para atender às demandas sociais, incluindo as ambientais. A arrecadação de impostos e outras receitas permite financiar programas e políticas, cuja priorização e distribuição no orçamento refletem escolhas políticas. A gestão eficiente desses fundos é crucial para que os gastos públicos gerem resultados. Diversos estudos investigam a alocação e os determinantes dos gastos públicos em gestão ambiental no Brasil em diferentes níveis federativos, como Dantas et al. (2015) em nível nacional, Borinelli et al. (2017) e Coelho et al. (2022) para estados, e Broietti (2023) e Silva et al. (2024) para municípios, além de Holanda et al. (2024) com foco mais amplo, sublinhando a complexidade da alocação de recursos neste setor.

Embora não exista uma "Teoria dos Gastos Ambientais" isolada, a eficácia do gasto público é um tema central. O investimento público visa resultados tangíveis e melhorias sociais. Bernauer e Koubi (2013) sugerem que a magnitude e o tipo de investimento são cruciais para a qualidade ambiental. A efetividade de instrumentos como os pagamentos por serviços ambientais, dependentes de recursos públicos, é objeto de estudos como o de Robalino e Pfaff (2013) na Costa Rica. No contexto brasileiro, Caetano et al. (2021) analisam as políticas ambientais federais e sua relação com o bioma Amazônico, destacando a importância da avaliação da implementação dessas políticas.

Lançado em 2023, como parte do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), o Programa União com Municípios pela Redução de Desmatamento e Incêndios Florestais representa uma estratégia governamental crucial. Ele foca no fortalecimento da governança ambiental e no apoio direto a municípios prioritários. Isso visa engajar as esferas locais no combate efetivo ao desmatamento e aos incêndios florestais.

No entanto, há uma lacuna na literatura em relação a estudos empíricos robustos que estabeleçam uma relação direta e causal entre os gastos públicos ambientais e a redução do desmatamento no contexto brasileiro. Apesar de existirem análises sobre a eficácia de políticas específicas, como as discutidas por Pereira et al. (2020) em relação aos *spillovers* das políticas de desmatamento na Amazônia, a mensuração do impacto direto da despesa pública orçamentária na taxa de desmatamento ainda carece de maior aprofundamento. A complexidade dos fatores que influenciam o desmatamento, abordada por Khan e Silva (2023) em sua análise sobre

determinantes e governança na Amazônia Legal, e os desafios metodológicos de isolar o efeito do gasto público tornam essa uma área fértil para futuras pesquisas.

2.4 Dimensão Espacial: A Geografia do Desmatamento e das Políticas

A compreensão das dinâmicas do desmatamento e da efetividade das políticas públicas exige uma abordagem que contemple sua dimensão espacial. Os fenômenos ambientais e socioeconômicos não ocorrem de forma isolada no espaço, mas sim interagem com o ambiente circundante, influenciando e sendo influenciados por áreas vizinhas.

A Análise Espacial e a Econometria Espacial oferecem ferramentas para investigar essas interações geográficas. Conceitos fundamentais incluem a dependência espacial, que ocorre quando o valor de uma variável em uma localização é influenciado pelos valores dessa mesma variável em localizações vizinhas (Anselin, 1988). Complementarmente, a autocorrelação espacial mede o grau de similaridade ou dissimilaridade entre observações de variáveis em diferentes localizações geográficas. A presença de autocorrelação espacial indica que a ocorrência de desmatamento em uma área, por exemplo, pode estar estatisticamente relacionada à ocorrência de desmatamento em áreas adjacentes. Outro conceito relevante é a heterogeneidade espacial, que se refere à variação das relações entre as variáveis ao longo do espaço, indicando que um mesmo fator pode ter efeitos distintos em diferentes regiões (Anselin, 2010). Por fim, os *spillovers* (efeitos de transbordamento) descrevem como as ações ou características de uma unidade espacial (por exemplo, um município) podem impactar unidades vizinhas, sendo particularmente relevantes na disseminação do desmatamento ou na eficácia de políticas que ultrapassam limites administrativos (Anselin, 2003).

As Teorias da Difusão Espacial explicam como fenômenos se espalham ou são influenciados por áreas vizinhas ao longo do tempo. No contexto do desmatamento, isso pode significar que áreas desmatadas servem como pontos de partida para a expansão da fronteira agrícola em seu entorno, ou que a eficácia de uma política de fiscalização em um local pode induzir a migração de atividades ilegais para regiões menos fiscalizadas. Um exemplo clássico de organização espacial que influencia essas dinâmicas é a Teoria dos Lugares Centrais, proposta por Christaller (1933). Essa teoria busca explicar o padrão de hierarquia e distribuição das cidades e assentamentos em uma região, onde centros maiores oferecem bens e serviços de maior ordem, e centros menores, de menor ordem, sendo dependentes dos primeiros. Essa organização hierárquica e a proximidade aos centros urbanos podem influenciar a acessibilidade, a logística para atividades econômicas (lícitas e ilícitas), a disponibilidade de mercados e, conseqüentemente, os padrões de desmatamento e a capacidade de implementação e monitoramento de políticas em seu entorno.

3 METODOLOGIA

A pesquisa tem como objetivo investigar espacialmente se os gastos do governo em gestão ambiental exercem alguma influência sobre o desmatamento dos municípios situados no arco do desmatamento da Amazônia, no período de 2011 a 2021.

Abaixo são demonstrados quais foram os critérios utilizados para a execução da pesquisa, tais como a amostra observada, os dados coletados e como foram tratados e por fim como esses dados serão analisados de forma a alcançar os objetivos propostos.

3.1 Amostra

A amostra desta pesquisa é composta por 70 municípios brasileiros situados no Arco do Desmatamento da Amazônia, distribuídos nos estados do Acre (2), Amazonas (6), Maranhão (2), Mato Grosso (24), Pará (27), Rondônia (7) e Roraima (2). O Arco do Desmatamento caracteriza-se como o epicentro da conversão florestal na Amazônia brasileira, concentrando a maior parte do desmatamento histórico e recente. Sua dinâmica é impulsionada por uma intensa frente de expansão agropecuária, mineração e infraestrutura, e é marcada por conflitos fundiários, atividades ilegais e a interação de múltiplos *drivers* socioeconômicos e ambientais, resultando em uma paisagem em constante transformação pela pressão contínua sobre os recursos naturais.

A seleção desses 70 municípios para a amostra baseou-se na listagem de municípios prioritários (52) e com desmatamento monitorado e sob controle (18) divulgada pelo Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA) em 2021 (Portaria MMA nº 9 de 11 de janeiro de 2021, fundamentada no Decreto 6.321/2007). A inclusão de um município nesta listagem reflete a dinâmica histórica do desmatamento e degradação florestal verificada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), a partir dos seguintes critérios: I- área total de floresta desmatada; II – área total de floresta desmatada nos últimos três anos; III- aumento da taxa de desmatamento em pelo menos três dos últimos cinco anos; e IV- área total de alertas de degradação florestal. Ressalta-se que este último critério (IV) foi adicionado posteriormente, não estando incluso no Decreto 6.321/2007, que foi revogado pelo Decreto nº 11.687 de 5 de setembro de 2023.

Embora tenha sido publicada uma nova listagem em 2024, através da Portaria MMA nº 1.202 de 11 de novembro de 2024, na qual foi ampliada esta lista de municípios para 91, esse aumento não é relevante para a execução desta pesquisa. Os municípios com maiores índices de desmatamento continuam nesta nova listagem. Os estados do Acre, Amazonas, Mato Grosso e Pará tiveram um aumento de 3, 4, 12 e 3 municípios, respectivamente, sendo eles: Manoel - AC, Urbano- AC, Rio Branco- AC, Tarauacá- AC, Canutama- AM, Itapiranga – AM, Manaus – AM,

Maués – AM, Apaicás – MT, Bom Jesus – MT, Comodoro – MT, Conquista D'Oeste – MT, Guarantã do Norte – MT, Paranatinga – MT, Ribeirão Cascalheira – MT, Rondolândia – MT, Santa Terezinha – MT, São José do Xingu – MT, União do Sul – MT, Vila Bela da Santíssima Trindade – MT, Bannach – PA, Mojuí dos Campos – PA e Prainha – PA. O Estado do Maranhão teve redução de 1 município, que foi retirado (Grajaú- MA).

O quadro 1, abaixo, juntamente com a figura 1, mostram a localização e os municípios que compõem a amostra final deste estudo.

Quadro 1: Municípios Prioritários e Monitorados

UF	Município	UF	Município	UF	Município	UF	Município
1 AC	Feijó	19 MT	Marcelândia	37 PA	Itaituba	3 MT	Vila Rica
2 AC	Sena Madureira	20 MT	Querência	38 PA	Placas	4 MT	São Félix do Araguaia
3 AM	Lábrea	21 MT	Juara	39 PA	Uruará	5 MT	Porto dos Gaúchos
4 AM	Boca do Acre	22 MT	Feliz Natal	40 PA	Jacareacanga	6 MT	Nova Ubiratã
5 AM	Apuí	23 MT	Cláudia	41 PA	Medicilândia	7 MT	Confresa
6 AM	Manicoré	24 MT	Peixoto de Azevedo	42 PA	Rurópolis	8 MT	Tapurah
7 AM	Novo Aripuanã	25 PA	São Felix do Xingu	43 PA	Trairão	9 MT	Santa Carmem
8 AM	Humaitá	26 PA	Novo Repartimento	44 RO	Porto Velho	10 MT	Alto Boa Vista
9 RO	Amarante do Maranhão	27 PA	Novo Progresso	45 RO	Pimenta Bueno	11 PA	Ulianópolis
10 RO	Grajaú	28 PA	Cumaru do Norte	46 RO	Nova Mamoré	12 PA	Santa Maria das Barreiras
11 MT	Paranaíta	29 PA	Altamira	47 RO	Machadinho D'Oeste	13 PA	Santana do Araguaia
12 MT	Nova Maringá	30 PA	Pacajá	48 RO	Buritis	14 PA	Paragominas
13 MT	Nova Bandeirantes	31 PA	Marabá	49 RO	Candeias do Jamari	15 PA	Dom Eliseu
14 MT	Juína	32 PA	Itupiranga	50 RO	Cujubim	16 PA	Brasil Novo
15 MT	Gaúcha do Norte	33 PA	Moju	51 RR	Mucajai	17 PA	Tailândia
16 MT	Cotriguaçu	34 PA	Senador José Porfírio	52 RR	Rorainópolis	18 PA	Rondon do Pará
17 MT	Colniza	35 PA	Anapu	1 MT	Brasnorte		
18 MT	Aripuanã	36 PA	Portel	2 MT	Alta Floresta		

Fonte: Portaria MMA nº 9, 2021.

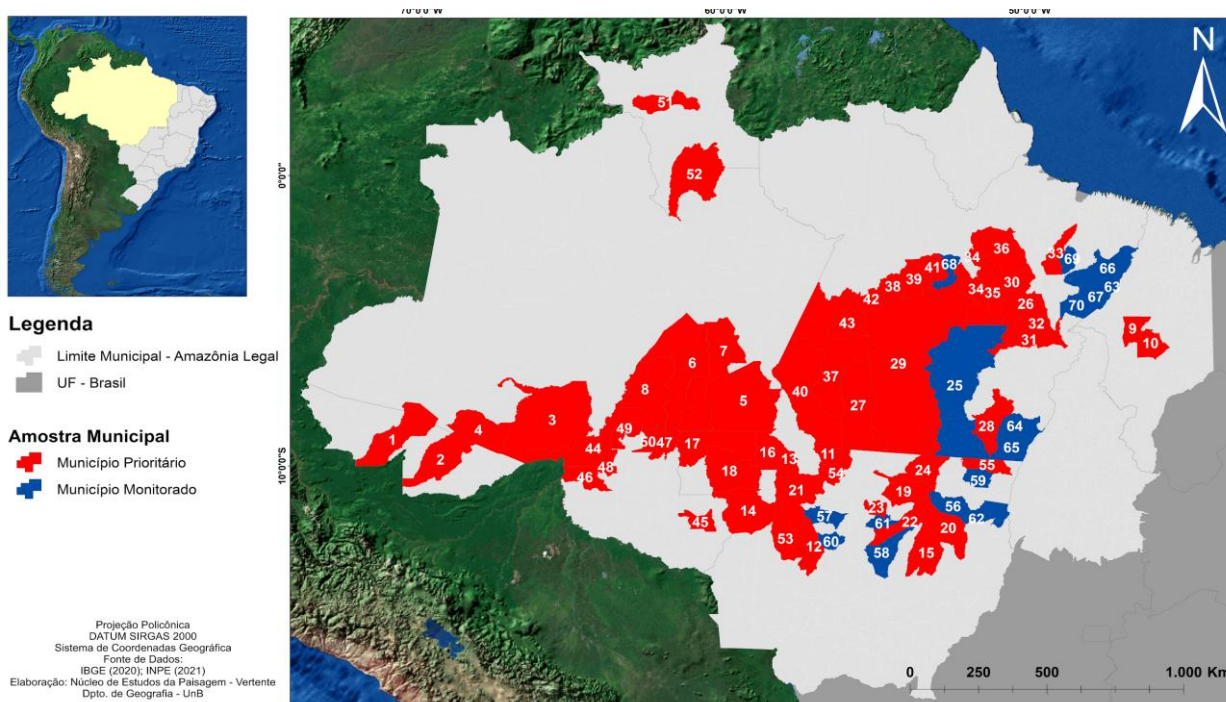


Figura 1: Municípios prioritários e monitorados

Elaboração: Os autores, 2025.

3.2 Coleta de dados

O quadro 2, abaixo, mostra as variáveis coletadas e suas fontes, essenciais para a construção da base de dados da pesquisa.

Quadro 2: Variáveis e fontes

Variável	Exemplo	Significado	Fonte
CD_MUN	1200302	Código do Município	IBGE
NM_MUN	Feijó	Nome do Município	IBGE
SIGLA	AC	SIGLA DO ESTADO	IBGE
POP_ 'ANO'	POP2010	População 2010	IBGE-2022
DENS_DEMO	Densidade Demográfica hab/km2	Densidade Demográfica hab/km2	IBGE-2022
IDHM		Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	IBGE-2010
PIB_ 'ANO'	PIB 2010	Produto Interno Bruto	IBGE-2020
AREA_Km2	Área Município Km ²		PRODES
DESM_ate_ 'ANO'	DESM_ate 2021	Desmatamento até 2009 em Km ²	PRODES
INC_DESM_ 'ANO'	INC_DESM 2021	Incremento do Desmatamento 'ANO'	PRODES
GA_ 'ANO'	GA 2021	Gestão Ambiental ano 2010	Fimbra
Total_GA_2010-2021	Total_GA_2010-2021	Total da função ou subfunção no período de 2010 a 2021	Fimbra
MULTA_ 'ANO'	MULTA2010	Multas por ato de infração contra flora	IBAMA
TOTAL_MULTAS_2010_2021	TOTAL_MULTAS_2010_2021	Somatório das multas do período de 2010 a 2021	IBAMA
SECMA	VARIÁVEL DUMMY	Existência de secretaria ou departamento do Meio Ambiente 1: possui secretaria 0: não possui secretaria	Site de cada prefeitura

Fonte: Elaborado pelo autor.

As variáveis “População”, “Densidade Demográfica”, “Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)” e “PIB per capita” foram coletadas diretamente no site do IBGE (<https://cidades.ibge.gov.br/>) no dia 21/01/2025.

Os dados referentes a área dos municípios (Km²), incremento do desmatamento anual e desmatamento total foram obtidos no site do Programa de Monitoramento da Amazônia e outros biomas por Satélite (PRODES), disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/increments. Foi feita a busca individual de cada município e então selecionados os dados por ano.

As informações sobre a gestão ambiental foram selecionadas de duas formas diferentes, devido às mudanças na disponibilização dos dados do Finbra a partir de 2014, com a migração para o Siconfi (Sistema de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro). Entre os anos de 2011 e 2013, essas informações foram extraídas manualmente do SisTN (Sistema Integrado de Dados Contábeis e Fiscais) através do portal do Siconfi, pois eram disponibilizados em formato de arquivos Microsoft Access e a Secretaria do Tesouro Nacional (STN) consolidava e publicava essas informações ((<https://www.tesourotransparente.gov.br/publicacoes/finbra-dados-contabeis-dos-municipios-1989-a-2012/2007/26>)). Assim, as planilhas foram baixadas e

então, utilizando a classificação de despesas por função, foram extraídos os dados da função 18 (Gastos com Gestão Ambiental). A partir de 2014, com a integração do Finbra ao Siconfi, essa consulta foi feita de forma online (menu Consultas> Consultar Finbra> Contas Anuais> Função Gestão Ambiental - 18) (<https://siconfi.tesouro.gov.br/siconfi/index.jsf>), de onde foram coletados os dados necessários.

Ressalta-se que foram considerados os dados referentes ao valor total das despesas empenhadas, pois representam o compromisso financeiro assumido pelo governo, e os valores separados por subfunções na gestão ambiental: Administração Geral, Preservação Ambiental, Controle Ambiental, Recuperação de Áreas Degradadas, Recursos Hídricos, Meteorologia e Demais Funções com Gestão Ambiental. Nos casos em que o total das subfunções divergia do valor total da função gestão ambiental, a diferença foi inserida na coluna de “Demais Funções”.

É importante pontuar que esses dados a serem analisados são relacionados com a execução de despesas do Governo Federal na função 18 – Gestão Ambiental, extraídas das contas do Tesouro Nacional. Portanto, esses valores representam os gastos federais vinculados à gestão ambiental realizados em cada município, e não necessariamente o orçamento municipal próprio para o meio ambiente.

Em relação às informações sobre as multas aplicadas durante o período de análise desta pesquisa, foram considerados os valores totais das multas contra a flora, por município e por ano separadamente. Não foi levado em consideração o status das multas, apenas o valor total. Essas informações foram obtidas através de uma busca no site do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) <<https://www.gov.br/ibama/pt-br/servicos/consultas/autuacoes-e-embargos/autos-de-infracao-ambiental>> em 30/01/2025.

Por fim, para completar as informações para desenvolvimento desta pesquisa, realizou-se uma busca no site das prefeituras de todos os 70 municípios que compõem a amostra e verificou a presença ou não de secretaria de meio ambiente ou órgão semelhante. Essa busca foi feita em 01/02/2025.

3.3 Análise e Modelagem dos Dados

O período de análise para esta pesquisa compreende os anos de 2011 a 2021. Esta delimitação temporal foi estabelecida principalmente pela disponibilidade e consistência da série histórica de dados sobre os gastos públicos em gestão ambiental, coletados via Finbra e Siconfi. Embora a metodologia de coleta de dados de Finbra tenha apresentado particularidades no início do período (2011-2013), conforme detalhado na Seção 3.2, a abrangência até 2021 assegura uma

janela temporal relevante. Além disso, este intervalo de 11 anos é estratégico por englobar diferentes fases da governança ambiental brasileira e significativas variações nas taxas de desmatamento no Arco do Desmatamento, permitindo uma análise robusta da dinâmica temporal e espacial da relação entre as variáveis estudadas. A extensão do período garante um número adequado de observações para a aplicação dos modelos econométricos espaciais propostos.

Para alcançar o objetivo de investigar a influência espacial dos gastos públicos em gestão ambiental sobre o desmatamento, a análise dos dados seguirá uma abordagem combinada de estatística descritiva e análise espacial exploratória.

3.3.1 Variáveis e Modelo Econométrico

A variável dependente do estudo é o Desmatamento (representado pelo "Incremento do Desmatamento - INC_DESM_ANO" ou "Desmatamento Total - DESM_ate_ANO"). As variáveis independentes de interesse são os diferentes indicadores de Despesas com Gestão Ambiental (GA_ANO, Total_GA_2010-2021), Multas Ambientais (MULTA_ANO, TOTAL_MULTAS_2010_2021) e a Existência de Secretaria de Meio Ambiente (SECMA). Adicionalmente, serão incluídas variáveis de controle com características socioeconômicas e demográficas dos municípios, como Produto Interno Bruto (PIB_ANO), Área Territorial (AREA_Km2), Densidade Demográfica (DENS_DEMO), População (POP_ANO) e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

O modelo econométrico geral a ser utilizado para analisar a relação entre os gastos em gestão ambiental e o desmatamento pode ser representado pela seguinte equação (1):

$$\text{Desmatamento}_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{Gastos Ambientais}_{i,t} + \sum \beta_k X_{k,i,t} + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

Onde:

- Desmatamento i,t representa o desmatamento do município i no período t .
- Gastos Ambientais i,t : representa as variáveis de gastos em gestão ambiental ou multas do município i no período t .
- $X_{k,i,t}$ representa as variáveis de controle socioeconômicas do município i no período t .
- β_0 é o intercepto.
- β_1 e β_k são os coeficientes estimados para as variáveis independentes de interesse e de controle, respectivamente.
- $\epsilon_{i,t}$ é o termo de erro.

3.3.2 *Análise de Autocorrelação Espacial*

Para averiguar a existência de padrões espaciais de interação entre os municípios e a adequação de modelos espaciais, será realizada uma Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Esta etapa inicial é fundamental para compreender a distribuição dos fenômenos de desmatamento e gastos ambientais no espaço.

A base para qualquer análise espacial é a construção de uma Matriz de Pesos Espaciais (W). Esta matriz define a estrutura de vizinhança entre os municípios e é crucial para quantificar o grau de interconexão entre as unidades espaciais. Serão consideradas diferentes especificações para a matriz W , como a contiguidade (ex: vizinhos por fronteira comum) e/ou a distância inversa (onde a influência é inversamente proporcional à distância entre os centros dos municípios), com base na premissa de que quanto mais próximas as regiões estão uma das outras, maiores são suas interações (Almeida, 2012). A escolha da matriz mais adequada será guiada por testes estatísticos e considerações teóricas sobre a propagação do desmatamento e da influência de políticas.

Com a matriz de pesos definida, será utilizada a estatística Índice de Moran Global (I de Moran) para testar a existência de autocorrelação espacial global nas variáveis de desmatamento e gastos ambientais. Um valor positivo e estatisticamente significativo do I de Moran indica que municípios com características semelhantes (altos ou baixos valores de desmatamento/gasto) tendem a se agrupar espacialmente. Um valor negativo sugere um padrão disperso (valores altos próximos a valores baixos), enquanto um valor próximo de zero indica aleatoriedade espacial.

Complementarmente ao I de Moran global, para uma análise mais detalhada dos padrões espaciais, serão calculados os Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA - Local Moran's I). Esta análise permitirá identificar *clusters* específicos (regiões de "Alto-Alto" - altos valores cercados por altos valores, "Baixo-Baixo" - baixos valores cercados por baixos valores) e *outliers* espaciais (regiões de "Alto-Baixo" ou "Baixo-Alto"). A identificação desses padrões é crucial para compreender a heterogeneidade espacial do fenômeno e a existência de *spillovers* em nível local.

3.3.3 *Modelagem Econométrica Espacial*

Reconhecendo a potencial existência de dependência espacial, o modelo tradicional de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) pode resultar em estimativas viesadas e ineficientes. Para contornar esse problema, a análise econométrica avançará para Modelos de Regressão Espacial, que incorporam a estrutura de dependência espacial diretamente na estimação.

Os principais modelos a serem considerados são o modelo *Lag Espacial* (*Spatial Lag Model* – *SLM*) e o modelo de Erro Espacial (*Spatial Error Model* – *SEM*). O primeiro modelo,

SLM, assume que a dependência espacial ocorre na variável dependente, ou seja, o desmatamento em um município é influenciado pelo desmatamento em municípios vizinhos. Este modelo é adequado para capturar efeitos de difusão ou *spillovers* do desmatamento.

Já o segundo modelo, SEM (*Spatial Error Model*), assume que a dependência espacial está presente no termo de erro do modelo, indicando que variáveis omitidas no modelo (e que possuem padrão espacial) afetam o desmatamento nos municípios vizinhos. Este modelo é mais apropriado quando a autocorrelação espacial é resultado de fatores não observados com distribuição espacial.

A seleção do modelo de regressão espacial mais adequado (SLM, SEM ou um modelo combinado) será baseada em testes diagnósticos, como os testes de multiplicador de Lagrange (*Lagrange Multiplier - LM*) para lag espacial e erro espacial, seguindo a literatura especializada em econometria espacial (ANSELIN, 1988; LE SAGUE; PAELINCK, 2008).

Para a análise dos dados e a estimação dos modelos econométricos espaciais, foi utilizado o software GeoDa (versão 1.22), que possui os pacotes e funcionalidades necessárias para a implementação das técnicas de análise espacial e econometria espacial descritas. Já a estatística descritiva foi realizada no software PAST (versão 5.2.2) (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001).

3.4 Organização da análise de dados

A apresentação dos resultados seguirá a ordem dos objetivos específicos da pesquisa. Para uma melhor fluidez do texto, os dois primeiros objetivos serão apresentados em conjunto. Ou seja, tem-se a análise espacial referente a variável desmatamento e gestão ambiental demonstrando como elas se comportam no território. Por fim, será apresentado um panorama dos municípios que apresentam características de outliers em relação ao comportamento dos gastos ambientais no controle do desmatamento, trazendo os aspectos que contribuem para essa excepcionalidade.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Análise Descritiva e espacial das Variáveis: Desmatamento e Gastos com Gestão Ambiental (2011-2021)

A análise das estatísticas descritivas das variáveis Desmatamento (DESM) (Tabela 1) e Gastos com Gestão Ambiental (GA) (Tabela 2) no período de 2011 a 2021 revela tendências e características importantes que contextualizam os objetivos da pesquisa.

Tabela 1: Estatística descritiva da variável Desmatamento (DESM) nos anos de 2011-2021

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Mínimo	0	0	0	0	0,41	0	0	0,08	0	0,97	0
Máximo	318,90	228,96	305,10	294,23	308,20	408,65	346,76	429,95	575,08	797,69	765,53
Soma	3553,80	2717,99	3614,76	3267,13	4047,20	5273,75	4722,29	5083,86	7482,65	7521,03	8918,07
Média	50,77	38,83	51,64	46,67	57,82	75,34	67,46	72,63	106,90	107,44	127,40
Erro padrão	7,02	5,09	7,43	6,11	8,02	10,02	8,28	10,16	14,53	16,50	18,27
Variância	3450,00	1817,07	3860,97	2612,58	4500,08	7024,36	4801,02	7223,67	14783,21	19067,94	23375,75
Desvio-Padrão	58,74	42,63	62,14	51,11	67,08	83,81	69,29	84,99	121,59	138,09	152,89
Mediana	33,43	22,22	31,91	30,70	34,13	49,58	41,32	47,86	79,68	64,04	74,19
Percentil 25	17,89	12,40	16,08	16,39	17,88	19,50	20,58	21,47	24,67	29,80	30,99
Percentil 75	57,40	52,07	52,11	54,23	66,85	89,50	95,25	91,70	141,89	112,99	148,35
Assimetria	2,73	2,51	2,55	2,63	2,18	2,01	1,90	2,43	2,07	3,00	2,33
Curtose	8,17	7,60	6,84	8,74	4,59	4,30	3,95	6,45	4,63	10,68	5,83
Média geométrica	0,00	0,00	0,00	0,00	31,84	0,00	0,00	39,88	0,00	57,64	0,00
Coef. var	115,70	109,78	120,33	109,51	116,03	111,25	102,71	117,03	113,74	128,52	120,01

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o Desmatamento (DESM), observou-se um aumento expressivo na média anual, que quase triplicou de 50,77 Km² em 2011 para 127,40 Km² em 2021. Este crescimento foi acompanhado por um aumento considerável no desvio-padrão, indicando maior variabilidade entre os municípios. A assimetria positiva e a alta curtose são consistentes ao longo dos anos, sugerindo que, embora a maioria dos municípios apresenta incrementos menores de desmatamento, a média é puxada para cima pela presença de outliers com eventos de desmatamento de grande magnitude. A elevação dos valores da mediana e dos quartis (25% e 75%) confirma que o crescimento do desmatamento não se limita aos extremos, mas é um fenômeno mais difundido.

A figura 2 apresentada, ilustra a distribuição espacial do incremento anual do desmatamento na Amazônia Brasileira, com base em dados do IBGE (2020) e do INPE (2021). O mapa destaca, em escala municipal, a intensidade da perda de cobertura florestal entre 2011 e 2021, categorizada em cinco classes graduadas de acordo com a área desmatada em quilômetros quadrados. Os tons verdes representam municípios com incrementos anuais inferiores a 11 km², enquanto os tons amarelos e alaranjados indicam áreas com pressões intermediárias, e os tons vermelhos revelam os municípios com desmatamento mais intenso, ultrapassando 52,65 km² anuais. A inserção cartográfica no canto superior esquerdo localiza a área de estudo no território brasileiro, permitindo uma contextualização geográfica precisa.

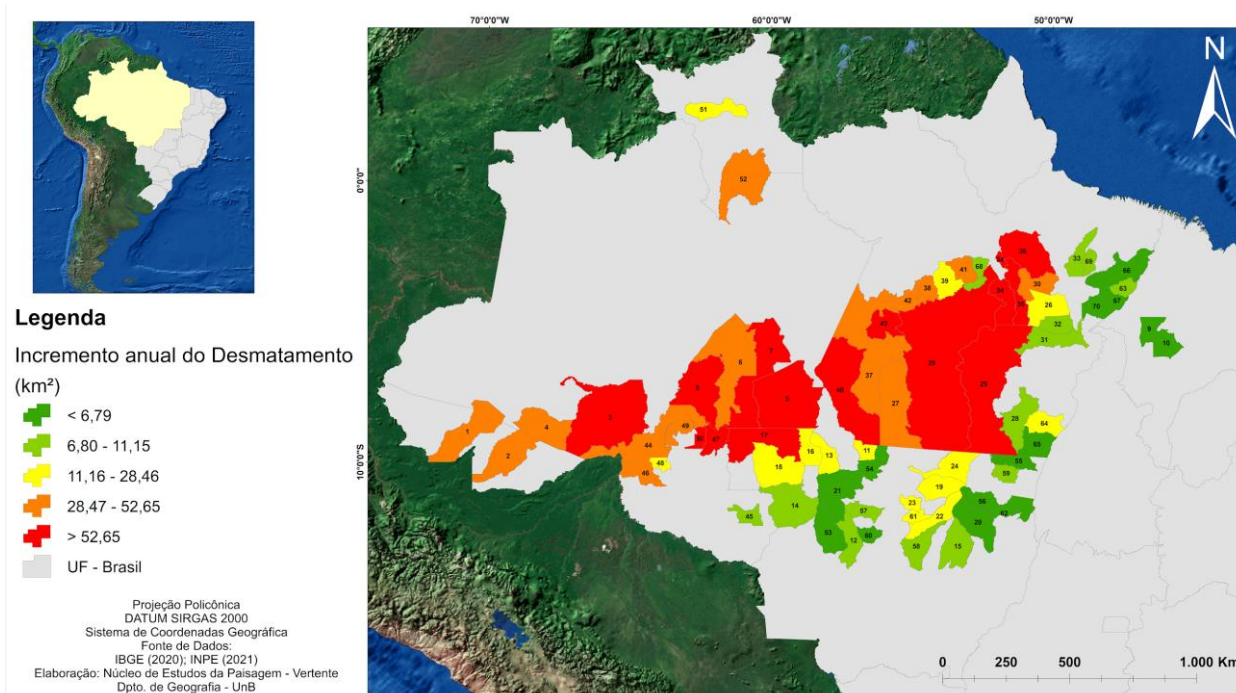


Figura 2: Distribuição espacial do incremento de desmatamento nos municípios da área de estudo.
Fonte: Elaboração Própria.

A predominância de áreas em vermelho e laranja indica taxas anuais superiores a 28 km², refletindo o avanço da fronteira agropecuária, a expansão de pastagens e monocultivos, bem como a abertura de vias formais e informais que intensificam a fragmentação florestal. Essa configuração expressa a persistência de pressões históricas sobre a cobertura vegetal amazônica, em um contexto de ocupação seletiva e dinâmica econômica voltada à conversão de terras.

Em contraste, municípios em verde, distribuídos principalmente no noroeste do Amazonas, Amapá e porções de Roraima, apresentam baixa pressão antrópica, favorecida pela presença de unidades de conservação, terras indígenas e menor acessibilidade viária. Esse padrão evidencia uma heterogeneidade territorial marcada, na qual áreas críticas coexistem com zonas de alta integridade florestal, reforçando a urgência de políticas de gestão integrada do território que aliem conservação e controle do avanço agropecuário.

Tabela 2: Estatística descritiva da variável Despesas com Gestão Ambiental (GA) nos anos de 2011-2021

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	6824267	5592345	4842805	6645598	9636853	1,62E+07	1,45E+07	1,11E+07	8512797	6881936	6774550
Soma	2,18E+07	3,24E+07	3,05E+07	3,87E+07	4,60E+07	5,95E+07	6,25E+07	5,24E+07	5,33E+07	6,55E+07	6,38E+07
Média	311605,7	462210,3	436201,4	553428,6	657567,7	850691,4	892442,8	748284,9	761777,9	935896,6	911400,4
Erro padrão	114735	140402,8	95622,77	147829,9	177586,1	265435,2	269856,5	196615,1	176682,8	177833,5	168049,6
Variância	9,21E+11	1,38E+12	6,40E+11	1,53E+12	2,21E+12	4,93E+12	5,10E+12	2,71E+12	2,19E+12	2,21E+12	1,98E+12
Desvio-Padrão	959941,8	1174694,0	800037,5	1236833,0	1485792,0	2220790,0	2257781,0	1645000,0	1478234,0	1487862,0	1406004,0
Mediana	30546,5	59975,2	150083,8	120744,8	121771,7	183421,7	255720,6	257320,2	258320,0	339864,1	415397,9
Percentil 25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11908,06	5736,43	0,00	1574,95	2152,50	457,31
Percentil 75	192038,80	311571,80	460888,90	457389,70	661834,50	689993,60	677848,10	656416,20	760684,60	977093,80	1178102,00
Assimetria	5,31	3,56	3,40	3,53	4,20	5,46	4,64	4,45	3,47	2,20	2,30
Curtose	32,22	12,23	14,31	12,75	20,77	34,79	23,63	24,06	13,61	4,63	5,34
Média geométrica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coef. var	308,06	254,15	183,41	223,49	225,95	261,06	252,99	219,84	194,05	158,98	154,27

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação às despesas com Gestão Ambiental (GA), os dados contidos na tabela 2 indicam que a média anual também exibiu um crescimento substancial, passando de R\$311.605,7 em 2011 para R\$911.400,4 em 2021. Contudo, apesar do aumento do desvio-padrão em termos absolutos, o coeficiente de variação (CV) apresentou uma tendência decrescente, indicando uma redução na variabilidade relativa dos gastos entre os municípios. A assimetria altamente positiva e a curtose elevada, embora com tendência de queda ao longo do período, revelam que uma pequena parcela de municípios concentra os maiores investimentos em gestão ambiental, enquanto muitos apresentam gastos nulos ou negligenciáveis (conforme indicado pelos valores mínimos e pelo Percentil 25).

A figura 3 apresenta a distribuição espacial das despesas do Governo Federal (Função 18 – Gestão Ambiental) na Amazônia Brasileira, em valores absolutos (R\$), agregados por município, a classificação em cinco intervalos, do verde ao vermelho, representa o gradiente de dispêndios, onde os tons verdes indicam menores gastos e os tons vermelhos, os maiores investimentos. A inserção cartográfica facilita a localização da área de estudo no território nacional.

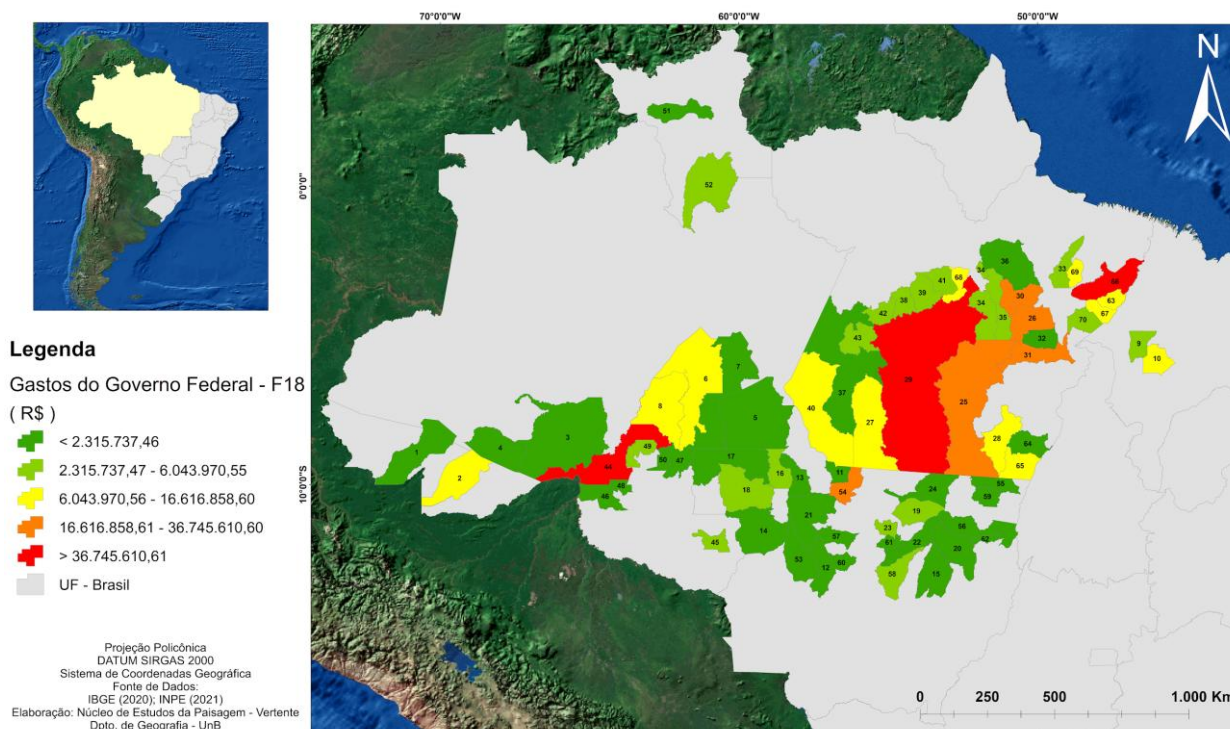


Figura 3: Gastos Ambientais - F18 por município

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise espacial revela forte heterogeneidade na alocação de recursos, com *clusters* de maiores gastos (vermelhos e laranjas) concentrados em municípios do arco do desmatamento, notadamente em Rondônia, norte do Mato Grosso e sudeste do Pará. Essa distribuição sugere correlação com áreas de maior pressão antrópica e histórico de supressão florestal, possivelmente refletindo políticas focalizadas de mitigação e fiscalização ambiental.

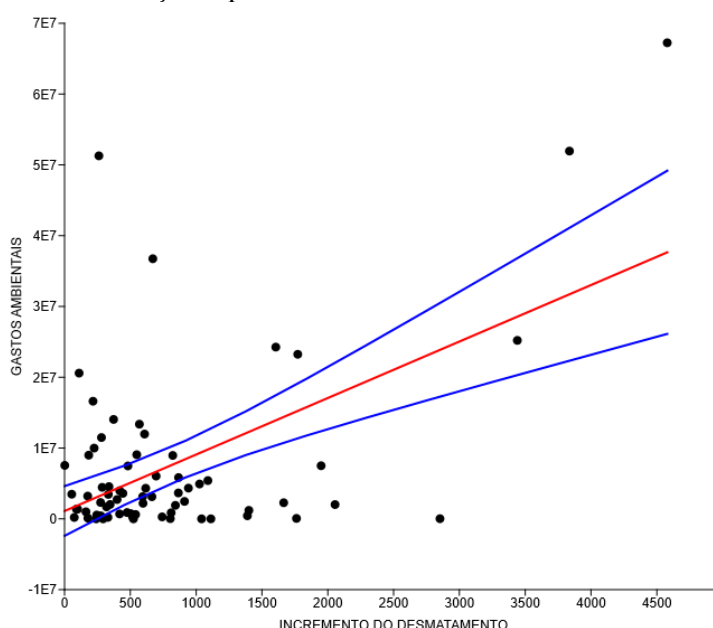
Por outro lado, extensas áreas em tons verdes, sobretudo no noroeste do Amazonas, Amapá e porções de Roraima, evidenciam baixos dispêndios federais. Essa configuração espacial indica uma relação inversa entre gasto público e acessibilidade, reforçando padrões espaciais de concentração em áreas críticas, com implicações para a eficácia territorial das políticas ambientais.

Considerando as duas variáveis (desmatamento e despesas com Gestão Ambiental), a análise descritiva evidencia um cenário desafiador: apesar do crescimento nas despesas em gestão ambiental por parte dos municípios, o desmatamento na região do arco do desmatamento da Amazônia continuou a se expandir e a se tornar mais heterogêneo. Ambas as variáveis são marcadas por alta dispersão e a presença de eventos extremos, sugerindo fenômenos complexos e não homogêneos. Esta observação preliminar sublinha a relevância dos objetivos da pesquisa em investigar a eficácia real desses gastos, a influência de *spillovers* espaciais e a identificação de municípios outliers que podem fornecer insights valiosos.

4.1.1 Análise espacial

A análise estatística visual sugere uma baixa correlação entre o volume de despesas federais e a intensidade do desmatamento municipal. Municípios com elevadas taxas anuais de supressão florestal frequentemente registram baixos valores de investimento, indicando que os dispêndios não acompanham os *hotspots* de pressão ambiental. Esse padrão reforça a ineficiência espacial das políticas públicas, nas quais a alocação de recursos não se alinha à geografia do desmatamento, comprometendo o potencial de mitigação e controle ambiental na região amazônica.

Gráfico 1: Correlação espacial dos Gastos Ambientais e do Desmatamento



Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico de dispersão (Gráfico 1) apresenta a relação entre o incremento do desmatamento (eixo X) e os gastos ambientais federais (eixo Y) nos municípios da Amazônia Brasileira. A distribuição dos pontos revela uma forte concentração de municípios com baixos valores de desmatamento e de gasto, ao passo que poucos municípios se destacam como outliers, com incrementos de desmatamento superiores a 3.000 km² e gastos ambientais muito elevados.

A análise estatística sugere uma correlação positiva entre desmatamento e despesa ambiental, indicando que municípios com maiores incrementos de supressão florestal tendem a receber mais recursos federais. Contudo, a dispersão elevada e a presença de diversos pontos fora da tendência principal evidenciam fraca consistência do padrão e alta heterogeneidade espacial. Esse comportamento reforça a interpretação de que a alocação de recursos ambientais não é proporcional nem eficiente no controle do desmatamento, refletindo políticas públicas reativas e pouco alinhadas à dinâmica territorial do desmatamento amazônico.

O mapa da Figura 4, apresenta a distribuição da adequação dos gastos ambientais destinados ao combate ao desmatamento nos municípios da Amazônia Brasileira, classificados em quatro categorias: adequado, parcialmente adequado, inadequado e crítico.

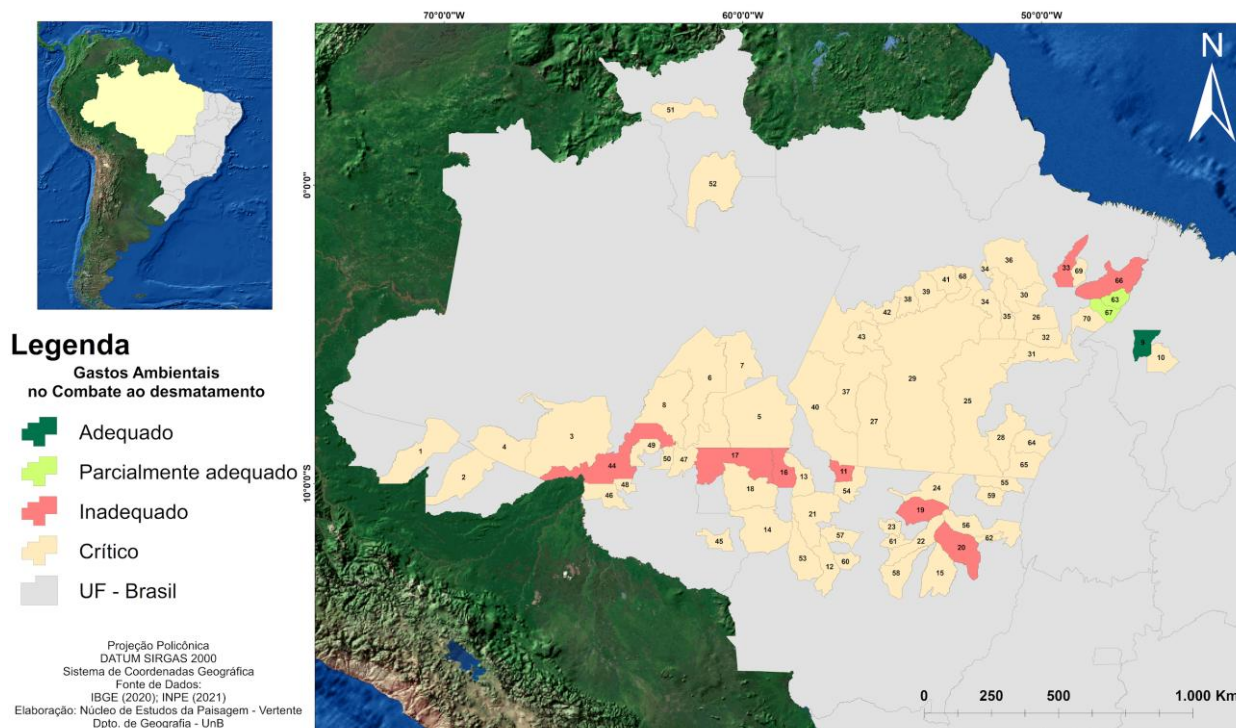


Figura 4: Adequação das Despesas Públicas frente ao Desmatamento

Fonte: Elaborado pelo autor.

A leitura espacial mostra que a maior parte do território se encontra em condição crítica (tons amarelos) ou inadequada (tons vermelhos), enquanto poucos municípios apresentam despesas consideradas adequadas (verde escuro), localizados principalmente em áreas pontuais do Amapá e de Roraima. Essa configuração espacial revela a fragilidade na aplicação dos recursos, evidenciando que os investimentos federais seguem uma lógica fragmentada e individualizada por município, sem articulação regional consistente.

Essa heterogeneidade confirma os padrões previamente demonstrados pelos gráficos de dispersão e de evolução de gastos versus desmatamento: os recursos destinados ao controle ambiental são distribuídos de forma difusa, frequentemente desconectados da real intensidade do desmatamento. A ausência de uma política regional integrada compromete a efetividade das ações de prevenção e mitigação, reforçando a percepção de que critérios inadequados de alocação conduzem à manutenção de *hotspots* de desmatamento mesmo em áreas com repasses financeiros significativos. O mapa, portanto, reforça a urgência de um redesenho das estratégias de financiamento ambiental, priorizando abordagens territoriais e multiescalares, capazes de alinhar gasto público e pressão ambiental real.

A avaliação da relação entre desmatamento e despesas ambientais exige abordagem espacial capaz de identificar padrões territoriais de concentração e dispersão. A aplicação de métodos de estatística espacial, como o Getis-Ord G_i^* , permite revelar *hot spots* e *cold spots*, destacando áreas críticas de pressão antrópica e regiões onde os investimentos ambientais se concentram ou se mostram ausentes. Essa análise é fundamental para compreender a efetividade das políticas públicas e orientar estratégias de gestão territorial mais integradas e direcionadas, a figura 5, tem por finalidade representar esses padrões espaciais.

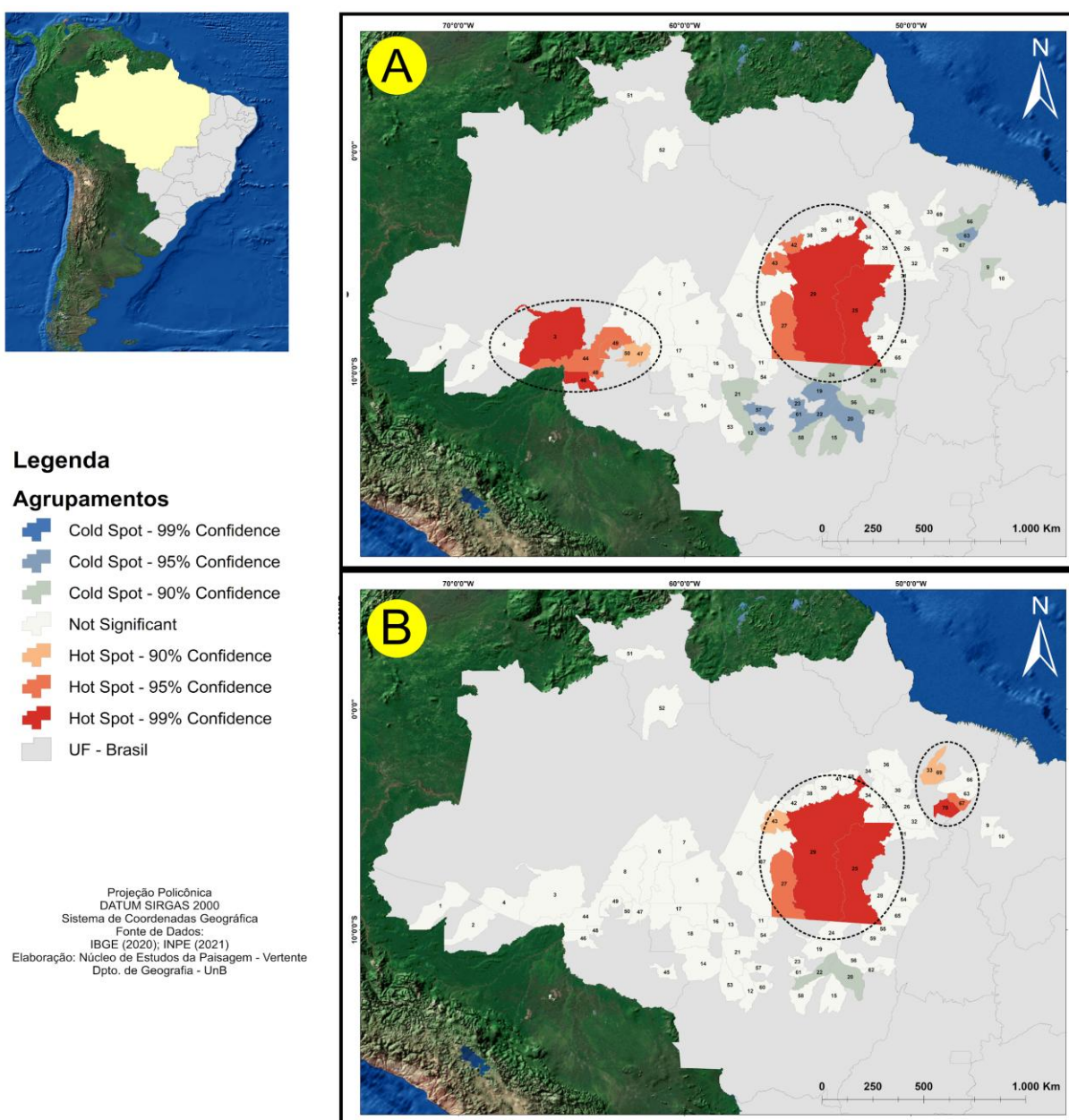


Figura 5: Autocorrelação espacial para Desmatamento (A) e Despesas Ambientais (B).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os mapas apresentam os resultados da análise de autocorrelação espacial local pelo método Getis-Ord G_i^* , evidenciando padrões de agrupamento significativos para o desmatamento (Mapa

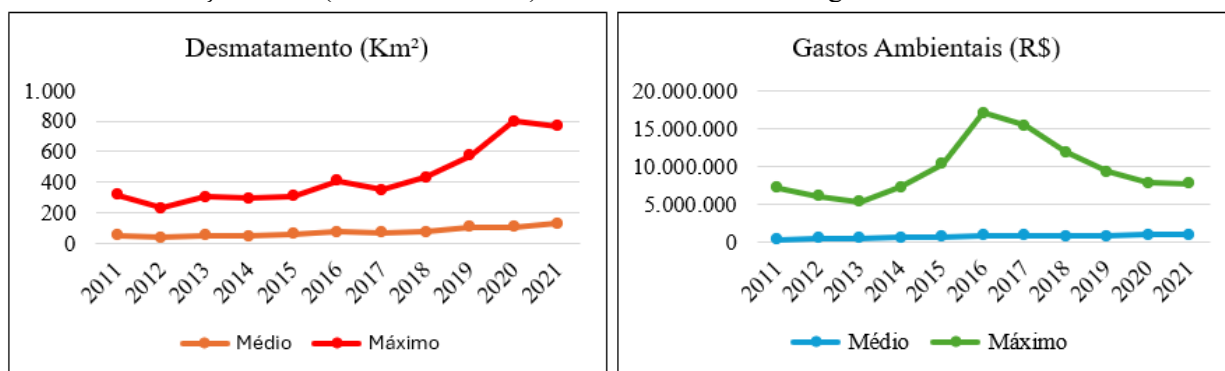
A) e para as despesas ambientais (Mapa B) na Amazônia Brasileira. O Mapa A identifica dois extensos *hot spots* de desmatamento com 99% de confiança: o primeiro localizado no norte do Mato Grosso e sudeste do Pará, núcleo do chamado arco do desmatamento; e o segundo abrangendo Rondônia e o sudoeste do Amazonas. Áreas em azul, indicadas como *cold spots*, concentram-se no noroeste do Amazonas e em pontos isolados do Amapá e Roraima, representando zonas de baixa incidência de desmatamento e maior integridade florestal.

O Mapa B revela um padrão espacial contrastante para as despesas ambientais. Os *hot spots* financeiros concentram-se no sudeste do Pará e em porções pontuais do Amapá e Maranhão, demonstrando que a alocação de recursos ocorre de forma desconectada das áreas com maior pressão de desmatamento. Essa desarticulação espacial entre investimentos e impactos ambientais reforça a ineficiência da aplicação de recursos na escala regional e evidencia a urgência de políticas públicas integradas, fundamentadas em análise espacial, que alinhem os recursos ambientais às áreas críticas de supressão florestal, ampliando a efetividade das ações de prevenção e combate ao desmatamento na Amazônia.

4.2 Municípios Outliers: Gastos e Desmatamento

Esta análise exploratória tem como objetivo buscar entender individualmente quais são os fatores que contribuem para o aumento do desmatamento nos municípios que apresentaram os valores máximos. Isso será feito para a variável de Gastos Ambientais. No Gráfico 2, abaixo, são apresentadas a média e máxima destas variáveis.

Gráfico 2: Evolução anual (médio e máximo) do desmatamento e dos gastos ambientais



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sobre a variável “desmatamento”, foi possível verificar que os municípios que apresentaram os maiores valores de incremento durante o período de 2011 a 2021 foram Altamira-PA (2012, 2014-2016, 2018, 2019-2021) e Porto Velho (RO) (2011, 2013 e 2017). Para buscar justificativas que pautem esses achados, analisou-se cinco dimensões: Padrão do desmatamento,

principais vetores econômicos, impactos de grandes obras, atividades ilegais associadas e fragilidades institucionais. Essas informações foram reunidas no quadro 3, no qual buscou-se verificar as principais diferenças entre esses dois municípios.

Quadro 3: Dimensões do desmatamento nos municípios de Altamira (PA) e Porto Velho (RO)

	Dimensão	Altamira (PA)	Porto Velho (RO)
1	Padrão do Desmatamento	Desmatamento difuso em expansão de fronteira, impulsionado pela BR-163 e pela ocupação de florestas públicas não destinadas (Furtado & Pinheiro Júnior, 2021; Abreu, 2020).	Desmatamento concentrado em áreas protegidas, principalmente na Resex Jaci-Paraná e em Terras Indígenas (Mendes, 2021).
2	Principais vetores econômicos	Pecuária extensiva, grilagem de terras e especulação fundiária, reforçadas pela expectativa de regularização (Paiva, 2024).	Pecuária extensiva em Unidades de Conservação, grilagem e especulação sobre áreas públicas (Stelzenberger & Góis, 2024).
3	Impactos de grandes obras	Usina de Belo Monte: migração em massa, crescimento urbano desordenado e pressão indireta sobre florestas (Abreu, 2020).	Usinas de Santo Antônio e Jirau: migração temporária, especulação fundiária e abertura de novos vetores de desmatamento (Silva et al., 2017).
4	Atividades ilegais associadas	Exploração madeireira e garimpo em Terras Indígenas como Apyterewa e Trancheira-Bacajá (ISA, 2020; Imazon, 2021).	Exploração madeireira e invasões em TIs como Karipuna e em UCs estaduais, integradas à pecuária ilegal (Mendes, 2021; Anistia Internacional, 2019).
5	Fragilidades institucionais	Ausência histórica do Estado em áreas remotas, fragilidade na fiscalização e redução do controle pós-2019 (Abreu, 2020; Imazon, 2021).	Fiscalização insuficiente, convivência política e tentativas de redução de UCs para legalização de ocupações (Mendes, 2021; Stelzenberger & Góis, 2024).

Fonte: Elaborado pelo autor, de acordo com Paiva (2024), Stelzenberger & Góis (2024), Furtado & Pinheiro Júnior (2021); Imazon (2021); Mendes (2021), Abreu (2020), ISA (2020), Anistia Internacional (2019) e Silva et al. (2017).

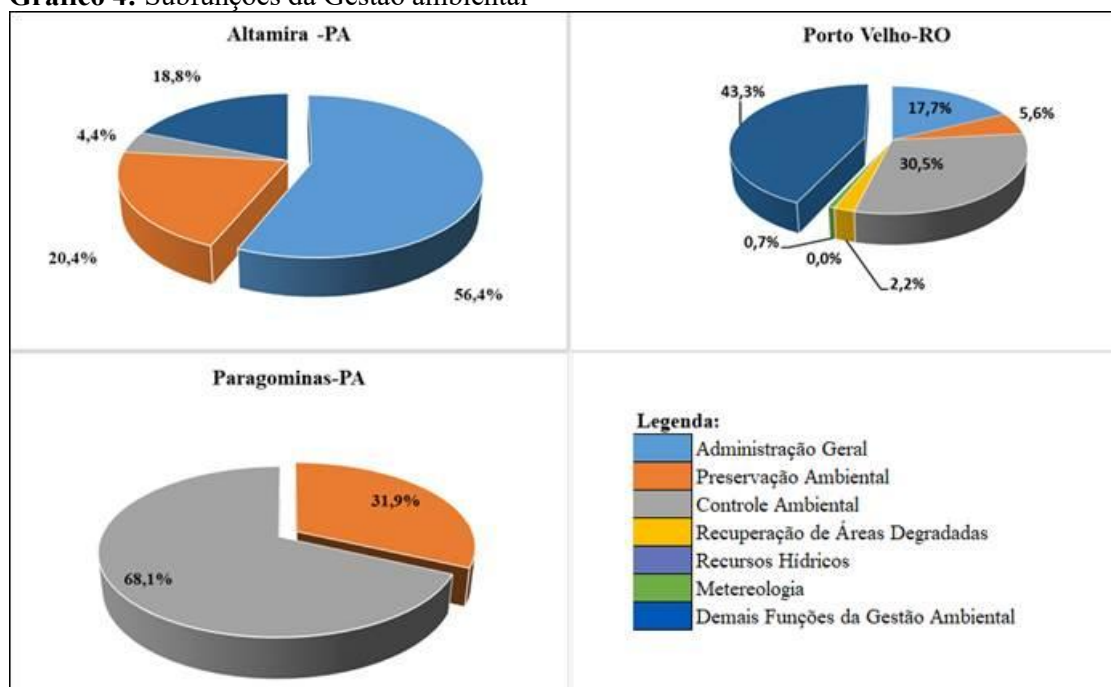
Observando essas cinco dimensões, nos dois municípios, Altamira-PA e Porto Velho – RO, tem-se que os principais motores do desmatamento são a dependência da pecuária extensiva e a especulação fundiária. Entretanto, a pressão sobre a floresta é divergente quanto ao padrão espacial e à natureza institucional. Altamira evidencia um processo difuso e associado à expansão de fronteira. Porto Velho apresenta um desmatamento concentrado em áreas protegidas, cercado por conflitos fundiários e convivência política. Em ambos os casos, a ausência de alternativas econômicas sustentáveis e a fragilidade da fiscalização consolidam o desmatamento como expressão de modelos históricos de ocupação predatória (Furtado & Pinheiro Júnior, 2021; Mendes, 2021; Stelzenberger & Góis, 2024).

Sobre as despesas ambientais, os municípios que apresentaram maiores valores de despesa empenhada na função 18, foram: Marabá-PA (2011 e 2012); Porto Velho-RO (2013 e 2014); Altamira-PA (2015, 2016, 2017 e 2018); Paragominas-PA (2019) e São Felix do Xingu-PA (2020 e 2021). Partindo da ideia de que se em um ano tem-se um maior volume de despesas ligadas à gestão ambiental, no ano subsequente espera-se que o volume do desmatamento fosse menor. Considerando essa premissa, buscou-se traçar alguma relação entre essas variáveis. Em Altamira-

PA, no ano de 2016, teve um valor total de Gastos com a Função Gestão Ambiental de R\$ 16,2 milhões e no ano de 2017, este município apresentou seu menor valor de incremento do desmatamento (224,22 Km²). Em Paragominas-PA houve uma situação contrária, em que no ano de 2019 teve-se um valor com a função Gestão Ambiental no valor de R\$ 8,5 Milhões e no ano subsequente (2020) ele apresentou seu maior valor de incremento do desmatamento, com 608 Km². Nos demais municípios os valores são muito difusos. Isso aponta, mais uma vez, essa falta de relação entre as variáveis.

Filtrando as informações, foram selecionados os municípios com valores totais de despesas com Gestão Ambiental acima de R\$ 50 Milhões para verificar como é a composição dos valores referente as subfunções da função 18 (Administração Geral, Preservação Ambiental, Controle Ambiental, Recuperação de Áreas Degradadas, Recursos Hídricos, Meteorologia e Demais Funções com Gestão Ambiental). O gráfico 4, abaixo, mostra a distribuição percentual desses valores, evidenciando o perfil de alocação dos recursos federais entre as subfunções ambientais.

Gráfico 4: Subfunções da Gestão ambiental



Fonte: Elaborado pelo autor.

No município de Altamira-PA, 56,4% das despesas em Gestão Ambiental foram alocadas em Administração Geral. Isso pode demonstrar um perfil administrativo e centralizado, com menor foco em ações diretas de fiscalização (Controle Ambiental= 4,4%), pois grande parte do orçamento está associado a custos operacionais e estruturais.

Em Porto Velho-RO, a distribuição é mais diversificada, com destaque para as Demais funções da Gestão Ambiental (43,3%) e Controle Ambiental (30,5%). Há uma presença pequena em Recuperação de Áreas Degradadas (2,2%) e Meteorologia (0,7%). Neste município há uma maior combinação de ações administrativas e de fiscalização, com dispersão entre as várias subfunções.

Por fim, no município de Paragominas-PA o Controle Ambiental (68,1%) é claramente prioritário e a rubrica Preservação Ambiental (31,9%) complementa os esforços. O perfil municipal é focado em fiscalização e monitoramento, coerente com o histórico do Programa Município Verde e mantendo estável os incrementos do desmatamento na região.

Olhando para esses três municípios em conjunto, podemos perceber que Paragominas é o único município com despesas predominantemente orientado para ação direta de controle ambiental, o que pode sugerir eficiência no foco das políticas públicas. Altamira e Porto Velho apresentam uma maior proporção de recursos em funções administrativas e diversas, o que pode indicar menor capacidade de transformar essas despesas em efetividade ambiental, especialmente frente aos altos índices de desmatamento. Em Altamira-PA, especificamente é preciso considerar também a dimensão do território e a localização da sede municipal. O padrão geral pode indicar uma baixa prioridade para Recuperação de Áreas Degradadas e Meteorologia, funções importantes para o planejamento e mitigação de impactos ambientais.

Sob outra perspectiva, na amostra analisada, os municípios de Novo Aripuanã – AM, Boca do Acre - AM, Gaúcha do Norte-MT e Buritis-RO, embora sejam classificados como prioritários para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal e apresentarem desmatamento acumulado significativo de 2011 a 2021 (1.040 Km², 1.111 Km², 292,55 Km² e 523 Km²), neste mesmo período, o registro das despesas com a função 18 – Gestão Ambiental foi igual a zero. Paralelamente, esses municípios registraram valores expressivos em autos de infração ambiental, totalizando de R\$ 118 milhões (Buritis) a R\$ 381 milhões (Gaúcha do Norte). O número de multas também é elevado, com 447 em Boca do Acre e 473 em Buritis, o que indica forte presença de atividades ilegais, indicando e reforçando essa pressão ambiental local. Essa constatação vai ao encontro dos achados de Silva et al (2024) em que mostram que a ausência de investimento local reduz a capacidade de resposta às pressões antrópicas, mesmo em áreas sob monitoramento intensivo. Ferrera et al (2018), cita que a efetividade das políticas ambientais está diretamente ligada à capacidade estatal e à alocação orçamentária mínima para ações de controle e preservação, algo que inexiste nesses casos. Os fatores que podem contribuir para isso, podem

estar ligados a dependência de ações estaduais e federais, com baixa execução direta de recursos municipais (Rezende & Gonçalves, 2017); limitações fiscais e orçamentárias (Silva Arraes et al, 2024) e falta de institucionalização de política ambiental local com inexistência de secretaria, fundo ou plano diretor ambiental. Destes quatro municípios, Boca do Acre-AM e Gaúcha do Norte-MT não possuem secretaria de meio ambiente ou algo similar que tratam sobre esses assuntos.

Com alocações orçamentárias próprias, em muitos dos municípios a ação local é fragilizada. Quando consideramos estes municípios que apresentam valores baixos ou inexistentes as ações se tornam mais difíceis ainda e as estratégias nacionais perdem eficácia e o controle do desmatamento passa a depender de operações pontuais (MMA, 2023). Nesta realidade, autores como Farroñan et al. (2023) recomendam a ação de mecanismos de cofinanciamento condicionado a resultados, induzindo os municípios a investir parte de seu próprio orçamento em gestão ambiental.

Outro fator importante que deve ser levado com consideração é a localização no espaço geográfico dos municípios que estão em áreas de transição de biomas (Amazônia-Cerrado), como é o caso, por exemplo, de Amarante do Maranhão-MA e Grajaú-MA, que possuem respectivamente como bioma predominante o cerrado (70% e 65%), mas ambos estão na lista de municípios prioritários para controle do desmatamento. Embora possuam altos valores de desmatamento no geral, com atuação predominantemente de pecuária extensiva, soja e extração de madeira, quando observado apenas o desmatamento do bioma amazônico, esses valores não são tão exorbitantes, já que a predominância do bioma é o Cerrado. É importante ressaltar que esse desmatamento é impulsionado pela proximidade de rodovias (BR 2030 e BR-222) que facilitam o escoamento de mercadorias e produtos para portos do Arco Norte, eles também possuem posição estratégica com proximidade ao Matopiba, uma das principais fronteiras agrícolas do Brasil (Agência IBGE, 2022). Pressão econômica, vulnerabilidade institucional e importância estratégica territorial faz com que esses municípios sejam exemplos de casos críticos no Arco do Desmatamento, onde políticas integradas entre Amazônia e Cerrado são fundamentais para a eficácia de políticas ambientais em prol da conservação do meio ambiente.

4.3 Discussão dos Resultados

Os resultados desta pesquisa evidenciam que há um desalinhamento entre a distribuição das despesas federais na Função 18 – Gestão Ambiental e as áreas com maior pressão de desmatamento no Arco do Desmatamento. A análise espacial, cruzando dados do PRODES/INPE

(2011–2021) e do Tesouro Nacional, mostrou que os principais hotspots de desmatamento não recebem, proporcionalmente, os maiores volumes de recursos, indicando falhas no direcionamento geográfico estratégico das políticas ambientais.

Essa constatação reforça pressupostos da Teoria dos Recursos Comuns (Ostrom, 1990), segundo a qual a gestão eficiente de bens coletivos, como as florestas amazônicas, exige instituições locais fortalecidas, mecanismos de monitoramento contínuo e sanções efetivas. Entretanto, municípios prioritários como Novo Aripuanã-AM e Gaúcha do Norte-MT apresentaram desmatamento acumulado elevado sem qualquer registro de despesa ambiental federal, revelando baixa capacidade de resposta e lacunas institucionais.

A Teoria da Difusão Espacial também ajuda a explicar o cenário encontrado: quando áreas vizinhas não recebem políticas preventivas adequadas, o desmatamento tende a se espalhar, formando corredores de degradação ambiental. Isso é visível em regiões de fronteira agrícola e de transição Amazônia–Cerrado, como Grajaú-MA e Amarante do Maranhão-MA, onde as pressões decorrem simultaneamente da expansão agropecuária e da exploração madeireira, mas os recursos aplicados não refletem essa complexidade territorial.

No campo das políticas públicas, programas como o Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDaM) e o Programa União com Municípios enfrentam fragilidades. No primeiro, a falta de mecanismos de avaliação contínua e de vinculação entre resultados e repasses reduz a efetividade local. No segundo, a adesão voluntária e a ausência de contrapartidas mais rígidas dificultam a consolidação de ações duradouras de controle do desmate.

Eventos internacionais, como a COP 30, a ser sediada em Belém-PA, representam oportunidades para ampliar a captação de recursos internacionais voltados a projetos de desenvolvimento sustentável. Vincular esses financiamentos a metas claras de redução do desmatamento e fortalecimento das capacidades institucionais locais pode aumentar significativamente a eficácia e a efetividade das despesas ambientais, como defendem Silva Arraes et al. (2024) e Farroñan et al. (2023).

Portanto, os resultados indicam que a simples elevação do volume de despesas ambientais não garante resultados positivos. É necessário combinar direcionamento geográfico estratégico, foco funcional, fortalecimento institucional e integração federativa para alinhar teoria e prática e potencializar o impacto das políticas públicas no território.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta pesquisa foi investigar se as despesas do governo federal em gestão ambiental influenciam o desmatamento nos municípios do Arco do Desmatamento da Amazônia, enquanto os objetivos específicos buscaram identificar padrões espaciais dessa relação, avaliar possíveis spillovers e analisar a eficácia e efetividade das despesas públicas ambientais por subfunção.

Os resultados mostraram que, embora as despesas tenham crescido nominalmente entre 2011 e 2021, a análise espacial revelou que o direcionamento geográfico estratégico dos recursos não acompanha a localização das áreas mais críticas de desmatamento. Isso confirma o que a literatura aponta: a efetividade das políticas ambientais depende não apenas do volume de recursos, mas da capacidade de alinhá-los territorialmente com os vetores de pressão (Bernauer & Koubi, 2013; Silva et al., 2024).

A aplicação da Teoria dos Recursos Comuns (Ostrom, 1990) mostrou que a ausência de estruturas locais fortalecidas e de mecanismos de governança participativa compromete a eficácia do gasto, mesmo quando existem recursos. Já a Teoria da Difusão Espacial explica que a falta de políticas preventivas em áreas vizinhas gera um efeito de transbordamento do desmatamento, ampliando a pressão sobre novas fronteiras.

Municípios como Paragominas-PA evidenciam que o direcionamento de recursos para ações de fiscalização, preservação e recuperação de áreas degradadas pode alinhar despesa e resultado. Em contrapartida, casos como Novo Aripuanã-AM e Gaúcha do Norte-MT, com altos índices de desmatamento e ausência de despesa ambiental registrada, revelam lacunas críticas de cobertura.

A análise também expôs fragilidades de programas federais, como o PPCDaM, que carece de mecanismos consistentes de monitoramento e de vinculação de repasses a resultados, e do Programa União com Municípios, cuja adesão voluntária e ausência de contrapartidas limitam sua efetividade.

Eventos internacionais como a COP 30 trazem oportunidades para captar recursos internacionais destinados ao desenvolvimento sustentável e à proteção florestal. Para que esses recursos tenham impacto duradouro, é essencial que sejam vinculados a indicadores de desempenho e que fortaleçam a capacidade institucional municipal.

Conclui-se que a eficácia das despesas ambientais na Amazônia depende da integração entre volume de recursos, foco funcional, direcionamento geográfico estratégico e fortalecimento das capacidades locais. Políticas públicas que incorporem dados de monitoramento geoespacial,

incentivem o cofinanciamento com base em resultados e promovam a governança interbiomas (Amazônia–Cerrado) têm maior potencial para frear o avanço do desmatamento e promover a conservação de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

- Abreu, S. C. de. (2020). *Estratégias de combate ao desmatamento ilegal no município de Altamira PA* [Relatório de pesquisa]. Universidade Federal do Paraná.
<https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/93444>
- Agência IBGE. (2022). *Mapas e estatísticas dos municípios brasileiros*. Recuperado de
<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>
- Aguiar, A. P. D., et al. (2007). Determinants of land use in the Brazilian Amazon: An empirical analysis. In *World Bank, The New Landscape of Global Trade: Economic Development and the Transformation of Global Agriculture*. Washington, DC: The World Bank.
- Assunção, J., Gandour, C., Rocha, R., & Rocha, R. (2019). *The effect of rural credit on deforestation: Evidence from the Brazilian Amazon*. *The Economic Journal*, 129(623), 681–732.
<https://doi.org/10.1093/ej/uez008>
- Azevedo, L. A. M. (2021). Análise da evolução do desmatamento no estado do Acre, na bacia do rio Acre, em buffer e na sua APP, no período de 1997 a 2017. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(3), 3116–3133. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-026>
- Azevedo, A. A., Rajão, R., Costa, M. A., Stabile, M. C. C., Macedo, M. N., dos Reis, T. N. P., Alencar, A., Soares-Filho, B. S., & Pacheco, R. (2017). Limits of Brazil's Forest Code as a means to end illegal deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(29), 7653–7658. <https://doi.org/10.1073/pnas.1604768114>
- Borma, L. S., Costa, M. H., da Rocha, H. R., Arieira, J., Nascimento, N. C. C., Jaramillo-Giraldo, C., von Randow, C., de Freitas, P. R., Sales, R. T., Sampaio, G., Siqueira, A. D. C., Vieira, S. A., de Barros, F., Diniz, M. G., Ferreira, J., Júnior, R. A. P., Lyra, R. B., Mendes, F. S., Nobre, C. A., ... Prado, Y. T. S. (2022). Beyond carbon: The contributions of South American tropical humid and subhumid forests to ecosystem services. *Reviews of Geophysics*, 60, e2021RG000766. <https://doi.org/10.1029/2021RG000766>
- Baletti, B. (2012). Ordenamento territorial: Neo-developmentalism and the struggle for territory in the lower Brazilian Amazon. *Journal of Peasant Studies*, 39(2), 573–598.
 DOI:10.1080/03066150.2012.664139
- Baletti, B. (2014). Saving the Amazon? Sustainable soy and the new extractivism. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 46(1), 5–25. DOI:10.1068/a45241
- Barros, P. H. (2021). Relationship between economic growth and deforestation in Brazil: The role of spatial spillovers and heterogeneity [Conference presentation]. *XIX Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos – ENABER*.
- Barros, P. H., & Baggio, I. (2021). *The spatial relationship of transportation infrastructure and deforestation in Brazil: A machine learning approach* [Conference presentation]. 49º Encontro Nacional de Economia (ANPEC).
https://www.researchgate.net/publication/355175303_The_Spatial_Relationship_of_Transportation_Infrastructure_and_Deforestation_in_Brazil_a_Machine_Learning_Approach

- Benzeev, R., Wilson, B., Butler, M., Massoca, P., Paudel, K., Redmore, L., et al. (2022). What's governance got to do with it? Examining the relationship between governance and deforestation in the Brazilian Amazon. *PLoS ONE*, 17(6), e0269729. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269729>
- Bernauer, T., & Koubi, V. (2013). Effects of political institutions on air quality. *Ecological Economics*, 87, 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.12.014>
- Becker, B., & Egler, C. (1992). *Brazil: Amazonia*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor.
- Bouchardet, M., Soares-Filho, B., & Merry, F. (2017). Will Brazil's forest code protect the Amazon? *Environmental Research Letters*, 12(3), 034015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6018>
- Brannstrom, C. (2009). South America's neoliberal agricultural frontiers: Places of environmental sacrifice or conservation opportunity. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 38(3), 141–149. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-38.3.141>
- Brasil. (2023). Decreto nº 11.687, de 5 de setembro de 2023. Dispõe sobre as ações relativas à prevenção, ao monitoramento, ao controle e à redução de desmatamento e degradação florestal no Bioma Amazônia. https://legislacao.presidencia.gov.br/ficha/?/legisla/legislacao.nsf/Viw_Identificacao/DEC%2011.687-2023&OpenDocument
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. (2021). Portaria nº 9, de 11 de janeiro de 2021.
- Brasil. (2012). Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Senado Federal. Portal da Câmara dos Deputados
- Brasil. (2000). Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF.
- Broadbent, E. N., Asner, G. P., Keller, M., Knapp, D. E., Oliveira, P. J. C., & Silva, J. N. (2008). Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon. *Biological Conservation*, 141(7), 1745–1757. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.024>
- Caetano, J. A., Anacleto, J. V. da S., Ferraz, P. M. & Pereira, O. A. V. (2021). Políticas ambientais do governo federal e sua relação com o bioma amazônico. *Revista Mediação*, (11). Recuperado de <https://revista.uemg.br/mediacao/article/view/5467>
- Carvalho, T. S., & Domingues, E. P. (2016). Projeção de um cenário econômico e de desmatamento para a Amazônia Legal brasileira entre 2006 e 2030. *Nova Economia*, 26(2), 585–621. <https://doi.org/10.1590/0103-6351/2665>
- Coelho, C., Nascimento, H. da S., Silva, A. W. P. da, Castro, A. B. C. de, & Santos, H. C. C. dos. (2022). Estudo da gestão ambiental no orçamento público do estado do Paraná. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 11(2), 177–211. <https://doi.org/10.59306/rgsa.v11e22022177-211>
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Dantas, M. K., Pacheco, L. M., Liboni, L. B., & Caldana, A. C. F. (2015). ANÁLISE DOS GASTOS PÚBLICOS COM GESTÃO AMBIENTAL NO BRASIL. *Revista De Gestão - RGSA*, 8(3), 52–68. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v8i3.959>

- Dean, W. (1995). *With broadax and firebrand: The destruction of the Brazilian Atlantic Forest*. Berkeley: University of California Press.
- Fearnside, P. M. (2018). Challenges for sustainable development in Brazilian Amazonia. *Sustainable Development*, 26(2), 141–149. <https://doi.org/10.1002/sd.1723>
- Fearnside, P. M. (2005). Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates, and consequences. *Conservation Biology*, 19(3), 680–688. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00697.x>
- Ferreira, M. A., Nebot, C. P., & Ferreira, D. M. (2018). Where there is a way, there is no will! The dichotomy between state capacity and quality of public spending in Brazil and Spain. *Journal of Public Administration and Governance*, 8(4), 109–122. <https://doi.org/10.5296/jpag.v8i4.13940>
- Ferrer Velasco, R., Kothke, M., Lippe, M., & Gunter, S. (2020). Scale and context dependency of deforestation drivers: Insights from spatial econometrics in the tropics. *PLoS ONE*, 15(1), e0226830. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226830>
- Giambiagi, F., & Além, A. C. (2017). *Finanças públicas: Teoria e prática no Brasil* (5ª ed.). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859), 1243–1248. <http://www.jstor.org/stable/1724745>
- Heal, G. M. (2017). *Valuing the future: Economic theory and sustainability*. Columbia University Press. <https://cup.columbia.edu/book/valuing-the-future/9780231113076/>
- Holanda, T. C., Oliveira, F., Batista, C. S. M., & Guimarães, D. B. (2024). Public Spending Determinants on Environmental Management in Brazil. *Revista De Gestão - RGSA*, 18(4), e05134. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n4-082>
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. (2023). *Autos de infração ambiental – Consulta pública*. Brasília: IBAMA. Recuperado de <https://www.ibama.gov.br/phocadownload/ambiental/autos>
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. (2022). *Projeto PRODES – Monitoramento do desmatamento da Amazônia por satélite*. São José dos Campos: INPE. Recuperado de <https://terrabilis.dpi.inpe.br>
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). (n.d.). *Projeto PRODES – Monitoramento do desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por satélite (2011–2021)*. São José dos Campos: INPE.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2019). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- KHAN, Ahmad Saeed; SILVA, Laura Costa. A influência dos principais determinantes e da governança sobre o desmatamento na Amazônia Legal brasileira: uma abordagem por painel (2003-2020). *Desenvolvimento em Debate*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 193-217. jan./abr. 2023. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/72795>. Acesso em: 14 jun. 2023
- Kuschnig, N., Cuaresma, J. C., Krisztin, T., et al. (2021). Spatial spillover effects from agriculture drive deforestation in Mato Grosso, Brazil. *Scientific Reports*, 11, 21804. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-01390-w>

- Lovejoy, T. E., & Nobre, C. (2018). Amazon tipping point. *Science Advances*, 4(2), eaat2340. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat2340>
- MapBiomas. (2021). *Relatório anual do desmatamento no Brasil 2020*. <http://alerta.mapbiomas.org>
- MapBiomas. (2020). *Relatórios anuais de desmatamento por município*. <https://mapbiomas.org>
- May, P. H., & Lustosa, R. (2017). *Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática*. Elsevier.
- Mendes, D. F. S. (2021). *Arrecadação de multas e a política sancionadora do IBAMA contra o desmatamento ilegal em Rondônia: uma análise a partir da criminologia verde* [Dissertação de mestrado, UNIR-RO]. Repositório UNIR. <https://ri.unir.br/jspui/handle/123456789/3428>
- Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima - MMA. (2024). Portaria GM/MMA nº 1.202, de 11 de novembro de 2024. Brasília, DF.
- Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima – MMA. (2023). *Lista de municípios prioritários para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal*. Brasília: MMA. Recuperado de <https://www.gov.br/mma/pt-br>
- Nepstad, D., et al. (2014). Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. *Science*, 344(6188), 1118–1123. <https://doi.org/10.1126/science.1248525>
- Nepstad, D., Moutinho, P., Soares-Filho, B., et al. (2006). Inhibition of Amazon deforestation and fire by livestock and soybean moratoria. *Science*, 313(5784), 1433–1436. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00351.x>
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807763>
- Paiva, R. S. (2024). *Análise comparativa do desmatamento entre os anos de 2019 a 2023, no município de Altamira* [Artigo]. *Revista Rease*. <https://doi.org/10.33448/rsd-v13i9.42848>
- Pereira, O. A. V.; CAETANO, J. A.; ANACLETO, J. V. da S. & FERRAZ, P. M. (2021). POLÍTICAS AMBIENTAIS DO GOVERNO FEDERAL E SUA RELAÇÃO COM O BIOMA AMAZÔNICO. *Revista Mediação*, (11). Recuperado de <https://revista.uemg.br/mediacao/article/view/5467>
- Rajão, R., Soares-Filho, B., Nunes, F., Macedo, M., Assis, T., Oliveira, A., & Vasconcelos, A. (2020). The Rotten Apples of Brazil's Agribusiness. *Science Advances*, 6(45), eaba3521. DOI:10.1126/science.aba6646
- Rajão, R., et al. (2020). The Amazon's deforestation conundrum. *Science*, 367(6476), 382–384.
- Rezende, L. B., & Gonçalves, M. D. (2017). Optimisation of the decision-making process of investment in public projects through the use of practices of portfolio management. *International Journal of Management and Decision Making*, 16(4), 321–345. <https://doi.org/10.1504/IJMDM.2017.087213>
- Rodrigues, A. (2013). *Orçamento público: o que é e para que serve*. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara. (Para aspectos gerais do orçamento público e a dificuldade de rastreamento, podendo ser adaptado para o contexto de gastos ambientais).
- Secretaria do Tesouro Nacional (STN). Finbra. Dados Contábeis dos Municípios. Disponível em: <https://www.tesourotransparente.gov.br/publicacoes/finbra-dados-contabeis-dos-municipios-1989-a-2012/2007/26>

Secretaria do Tesouro Nacional. (n.d.). *SICONFI e FINBRA – Dados contábeis e fiscais da função 18 – Gestão Ambiental (2011–2021)*. Brasília: STN.

Silva Arraes, J. P., Lopes Bezerra, A. M., Barros, Y. C., Alcântara, L. T., Da Costa, G. L., & Mendonça, F. L. (2024). Theoretical approaches to the quality of public expenditure: Public choice, transparency and management by results. *International Journal of Economics and Finance*, 16(1), 45–60. <https://doi.org/10.5539/ijef.v16n1p45>

Silva, V. D., Poker Junior, J. H., Milani Filho, M., Makiya, I. K., & Topke, D. R. (2024). Municipal public spending in environmental management: Efficiency and determinants. *REVES - Revista Relações Sociais*, 7(1), 1–19. <https://doi.org/10.18540/revesv17iss1pp0001-0019>

Soares-Filho, B., et al. (2010). Role of Brazilian protected areas in mitigating climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(26), 10821–10826. <https://doi.org/10.1073/pnas.0913048107>

Slattery, D. & Fenner, J. (2021). *The Amazon's silent destruction: the ongoing degradation of the world's largest rainforest*. Amazon Aid Foundation.

Stelzenberger, R. S., & Góis, I. F. Z. (2024). *Crimes ambientais em Porto Velho: análise das queimadas e do desmatamento sob a perspectiva da criminologia* [Anais de congresso]. EMERON. <https://periodicos.emeron.edu.br/index.php/anaisemerom/article/view/319>

Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.

Viola, E., & Leis, H. R. (2019). *Mudança climática, políticas públicas e a governança global*. Rio de Janeiro: Elsevier.

CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese propôs examinar a dinâmica do desmatamento nos municípios do Arco do Desmatamento Amazônico entre 2010 e 2021, considerando as características urbanas, a evolução da fronteira agrícola e o impacto das despesas públicas em gestão ambiental, com ênfase nos efeitos espaciais de transbordamento. A hipótese central que guiou este estudo postulou que a persistência do desmatamento nessa região crítica é explicada pela desarticulação entre as características da organização urbana (que fomenta atividades extrativistas e de baixa complexidade econômica), por modelos de desenvolvimento socioeconômico que não traduzem ganhos econômicos em melhoria do desenvolvimento humano e que incentivam a expansão da fronteira, e pela ineficácia e desalinhamento na alocação das despesas públicas ambientais, resultando em uma governança ambiental fragmentada e insuficiente para conter a pressão sobre a floresta.

Os três artigos que compõem esta tese forneceram uma base empírica robusta para analisar essa hipótese multidimensional, como demonstrado no mapa mental disposto na figura 1 abaixo.

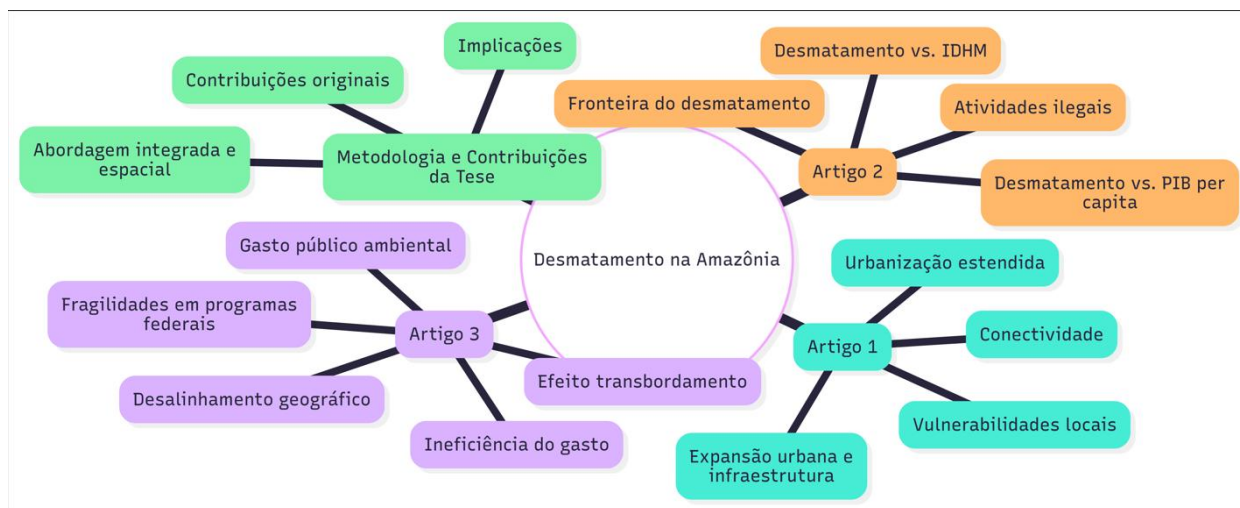


Figura 1: Mapa mental da tese

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Capítulo 2 (Artigo 1), focado na organização urbana, revelou uma predominância de "Centros Locais" (80% da amostra) com vastas extensões territoriais, caracterizando uma urbanização estendida e difusa. Essa estrutura manifesta uma infraestrutura e conectividade desiguais, com baixos salários médios e alta proporção de trabalhadores com rendimento de até meio salário-mínimo, evidenciando vulnerabilidades socioeconômicas.

O Capítulo 3 (Artigo 2), que analisou a fronteira do desmatamento e suas relações socioeconômicas, demonstrou que a maior parte dos municípios se encontra em "fronteiras intermediárias", onde o desmatamento é progressivo. Contrariando a premissa de que o avanço econômico do desmatamento traria melhorias sociais, verificou-se que o aumento da supressão florestal, impulsionado pela agropecuária, não foi acompanhado por ganhos proporcionais no PIB per capita ou no IDHM. De fato, municípios com alto desmatamento frequentemente apresentaram os menores indicadores de desenvolvimento, sugerindo que as atividades econômicas predatórias não resultam em benefícios sociais duradouros e podem estar associadas a ilicitudes ou à perpetuação de modelos de desenvolvimento insustentáveis.

Por fim, o Capítulo 4 (Artigo 3), ao investigar espacialmente as despesas com gestão ambiental, identificou um desalinhamento crítico: os principais hotspots de desmatamento não recebem proporcionalmente os maiores volumes de recursos federais. A análise revelou casos de municípios com desmatamento significativo e ausência de despesa ambiental registrada, bem como a prevalência de gastos administrativos em detrimento de ações diretas de fiscalização e controle em outros. Adicionalmente, apontou fragilidades em programas federais existentes devido à integração limitada e ao monitoramento insuficiente, corroborando a ineficiência na aplicação de recursos e a fragmentação da governança ambiental.

Com base nos achados dos três artigos, a hipótese inicialmente levantada é confirmada em seus pontos essenciais. A persistência do desmatamento no Arco do Desmatamento Amazônico não é um fenômeno isolado, mas o resultado de uma profunda desarticulação entre os vetores de ocupação territorial, desenvolvimento socioeconômico e a governança ambiental.

A análise integrada revela padrões preocupantes. Primeiro, a estrutura urbana difusa e hierarquicamente fragmentada (Artigo 1) dificulta a articulação de políticas públicas eficazes e centralizadas, deixando vastas áreas e populações vulneráveis à pressão do avanço da fronteira. Essas áreas urbanas, muitas vezes desprovidas de infraestrutura e com economias de baixa complexidade e rendimento, tornam-se bases para atividades que impulsionam o desmatamento, ao invés de centros de desenvolvimento sustentável.

Outro ponto importante é em relação a desconexão entre o avanço do desmatamento e o desenvolvimento socioeconômico (Artigo 2). Isso é um achado relevante, pois desafia a narrativa tradicional de que a exploração da floresta traz progresso, expondo um ciclo de "boom-colapso" que não beneficia a população a longo prazo. Essa divergência entre crescimento econômico predatório e melhoria da qualidade de vida sublinha a natureza frequentemente ilegal ou

insustentável das atividades que causam o desmate, perpetuando a marginalização social e econômica de muitos municípios.

A alocação ineficaz das despesas com gestão ambiental (Artigo 3), marcada por um desalinhamento geográfico e funcional, completa o quadro da governança fragmentada. A ausência de recursos onde a pressão é maior, somada à priorização de gastos administrativos sobre ações diretas de fiscalização e conservação, mina a capacidade do Estado de intervir efetivamente. Os efeitos de transbordamento, evidenciados pela análise espacial, reforçam que o desmatamento em um município pode ser exacerbado pela falta de controle em seus vizinhos, confirmando a importância da dimensão espacial e da integração regional nas políticas de combate ao desmate.

Em síntese, a pesquisa demonstra que o problema do desmatamento no Arco do Desmatamento não se resolve com soluções setoriais isoladas. Há uma falha sistêmica na integração das políticas urbanas, de desenvolvimento econômico e de gestão ambiental. A hipótese se confirma na medida em que a persistência do desmatamento decorre diretamente dessa falta de coesão e do predomínio de lógicas extrativistas que não são eficientemente contidas ou direcionadas para um caminho sustentável pelos mecanismos de governança atuais.

Sobre as contribuições originais desta tese para o campo de estudo tem-se quatro pontos a serem citados. O primeiro é em relação a análise multidimensional integrada. Neste ponto, a originalidade reside na abordagem integrada e espacialmente explícita de três dimensões (organização urbana, indicadores socioeconômicos e despesas com gestão ambiental) sobre o desmatamento, algo que é pouco explorado de forma conjunta na literatura para o Arco do Desmatamento.

A segunda contribuição é em relação as evidências da desarticulação desenvolvimento-desmatamento. Ao demonstrar a ausência de correlação positiva entre o avanço da fronteira do desmatamento e melhorias significativas no PIB per capita e IDHM, a pesquisa desafia pressupostos subjacentes a modelos de desenvolvimento que toleram o desmate como custo necessário, oferecendo evidências empíricas para a necessidade de modelos alternativos.

Em terceiro lugar, tem-se o mapeamento da ineficiência do Gasto Ambiental. A análise espacial detalhada das despesas com gestão ambiental revelou um desalinhamento geográfico e funcional inédito, fornecendo subsídios para otimizar a alocação de recursos e fortalecer a governança local, destacando que "onde" e "como" se gasta são tão importantes quanto "quanto" se gasta.

Por fim, em relação as contribuições, tem-se a compreensão dos padrões urbanos na fronteira. Esta caracterização da urbanização difusa e dos "Centros Locais" na região contribui para uma compreensão mais matizada do papel das cidades no processo de desmatamento, indo além de uma visão simplista de que a urbanização automaticamente levaria à menor pressão sobre a floresta.

Embora esta pesquisa ofereça insights valiosos, algumas limitações devem ser reconhecidas. A natureza exploratória de parte da análise urbana e socioeconômica, e a dependência de dados secundários com diferentes periodicidades (ex: IDHM de 2010 para análises mais recentes), limitam a inferência causal direta. A qualidade das rodovias, por exemplo, foi categorizada de forma ampla, mas uma análise mais aprofundada poderia refinar o entendimento da conectividade.

Com base nessas limitações e nos resultados obtidos, sugere-se as seguintes direções para futuras pesquisas:

1. Estudos Qualitativos Aprofundados: Realizar estudos de caso em municípios *outliers* (como Paragominas-PA, Novo Aripuanã-AM e Gaúcha do Norte-MT) para compreender os fatores contextuais e mecanismos de governança locais que explicam suas peculiaridades na relação entre despesas, urbanização e desmatamento.
2. Análise Causal e Modelagem Predial: Empregar métodos econométricos mais avançados para estabelecer relações de causalidade entre as variáveis, bem como construir modelos preditivos que simulem cenários de impacto de diferentes intervenções políticas.
3. Avaliação de Instrumentos Específicos: Detalhar a efetividade de subfunções específicas das despesas com gestão ambiental (e.g., fiscalização, educação ambiental, recuperação de áreas degradadas) no combate ao desmatamento, para identificar as ações com maior retorno.
4. Dinâmicas de Fluxos e Redes: Investigar os fluxos (populacionais, econômicos, de informação) entre os municípios e sua relação com a propagação do desmatamento e a eficácia de políticas, aprofundando os efeitos de transbordamento.
5. Governança Multinível e Interbiomas: Pesquisar as interações e desafios de governança entre os diferentes níveis federativos (municipal, estadual, federal) e entre biomas (Amazônia e Cerrado), especialmente em áreas de transição, para propor modelos de gestão mais integrados.

Sobre as implicações e relevância da pesquisa, esta tese reforça a compreensão de que o desmatamento no Arco Amazônico é um desafio complexo, com raízes em dinâmicas urbanas, socioeconômicas e na governança pública. Seus resultados são de suma importância para o debate acadêmico ao integrar perspectivas que geralmente são tratadas isoladamente, oferecendo uma visão mais sistêmica.

No contexto aplicado, as implicações são diretas, como formulações de políticas públicas adotando uma abordagem territorial e multidimensional alinhando o planejamento urbano ao desenvolvimento sustentável, elaboração de modelos econômicos que gerem valor sem destruir a floresta e garantir que as despesas com gestão ambiental sejam estrategicamente direcionadas para as áreas e ações de maior impacto.

Outro ponto é o fortalecimento da governança local. A pesquisa sublinha a necessidade de fortalecer as capacidades institucionais dos municípios do Arco do Desmatamento, especialmente os "Centros Locais" e aqueles com baixa despesa ambiental, para que possam ser parceiros efetivos na conservação.

Os resultados fornecem dados empíricos importantes a serem levantados em fóruns internacionais, como a COP 30 em Belém, destacando a urgência de financiamentos internacionais vinculados a resultados, e a necessidade de que esses recursos impulsionem uma governança integrada e adaptada às realidades locais da Amazônia.

Em última análise, a tese argumenta que a efetividade na contenção do desmatamento depende não apenas do volume de recursos ou da rigidez da legislação, mas da capacidade de harmonizar o desenvolvimento urbano, a inclusão socioeconômica e a gestão ambiental em uma lógica territorial coesa e sinérgica. A Amazônia, com sua complexidade e biodiversidade inestimável, exige uma abordagem integrada que reconheça suas particularidades e promova um futuro verdadeiramente sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assunção, J., Gandour, C., Rocha, R., & Rocha, R. (2019). The effect of rural credit on deforestation: Evidence from the Brazilian Amazon. *The Economic Journal*, 129(623), 681–732.
- Fearnside, P. M. (2018). Challenges for sustainable development in Brazilian Amazonia. *Sustainable Development*, 26(2), 141–149.
- May, P. H., & Lustosa, R. (2017). *Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática*. Elsevier.

- Rajão, R., Soares-Filho, B., Nunes, F., Macedo, M., Assis, T., Oliveira, A., & Vasconcelos, A. (2020). The Rotten Apples of Brazil's Agribusiness. *Science Advances*, 6(45), eaba3521.
- Richards, P., & Vanwey, L. K. (2015). Where deforestation leads to urbanization: How resource extraction is leading to urban growth in the Brazilian Amazon. *Annals of the Association of American Geographers*, 105(4), 806–823.
- Ribeiro, R. M., Amaral, S., Monteiro, A. M., & dal'Asta, A. P. (2022). “Cities in the forest” and “cities of the forest”: An environmental Kuznets curve (EKC) spatial approach to analyzing the urbanization–deforestation relationship in a Brazilian Amazon state. *Ecology and Society*, 27(2).
- Rodrigues, A. (2013). *Orçamento público: o que é e para que serve*. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara.
- Côrtes, J. C., & Silva Júnior, R. D. (2021). The interface between deforestation and urbanization in the Brazilian Amazon. *Ambiente & Sociedade*, 24, e0182r1vu2021.