



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA RURAL**

**GUILHERME SILVA NASCIMENTO**

**CONDICIONANTES DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL  
BRASILEIRA**

**FORTALEZA**

**2024**

**GUILHERME SILVA NASCIMENTO**

**CONDICIONANTES DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Economia de Recursos Naturais e Política Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- N195c Nascimento, Guilherme Silva.  
Condicionantes do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira / Guilherme Silva  
Nascimento. – 2024. 85 f. : il.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,  
Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Fortaleza, 2024.  
Orientação: Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos.
1. Análise Fatorial. 2. Índice de Propensão ao Desmatamento. 3. Análise Discriminante. I.  
Título.

CDD 320.6

---

# GUILHERME SILVA NASCIMENTO

## CONDICIONANTES DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL BRASILEIRA

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Economia de Recursos Naturais e Política Ambiental.

Aprovada em 27/03/2024.

### BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Robério Telmo Campos  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Rogério César Pereira de Araújo  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Marcos Antônio de Brito  
Universidade Regional do Cariri (URCA)

A Deus.

Minha família.

Minha persistência, que me acompanhou em cada desafio e me ajudou a superar obstáculos para alcançar este objetivo tão importante.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por me haver proporcionado oportunidades incríveis nos últimos anos.

Manifesto sincera gratidão a todas as pessoas que contribuíram de alguma maneira para a realização deste trabalho:

À minha família, pelo amor incondicional, incentivo e compreensão em todos os momentos, em nome de: Marileide Santos (Mãe), Francisco de Assis (Pai), Almisa Silva, Aline Silva e Maciel Silva (irmãos), Geovânio Fernandes (cunhado), Cecília e Miguel (sobrinhos). Também a Minha tia Marli Santos e ao seu esposo, José Gleison, pelo acolhimento durante todo esse período.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos, pela orientação cuidadosa, paciência e sabedoria compartilhada.

Aos professores Doutores Robério Telmo Campos, Rogério César Pereira de Araújo e Marcos Antônio de Brito, membros da banca, pela maneira como contribuíram para o desenvolvimento da Dissertação.

Aos professores e colegas de Departamento, pela troca de conhecimento, discussões enriquecedoras e apoio mútuo.

Aos amigos e colegas, pelo apoio moral, palavras de incentivo e momentos de descontração que ajudaram a aliviar a pressão e manter o equilíbrio durante os períodos desafiadores. Em especial: Mathias Alencar, Medna N'Dami, Amanda Thayana, Karla Kaluana, Ivan Holanda, Tricia Gardênia, Laura Costa, Moises Dias e Jayane Freires.

A todas as instituições e pessoas que forneceram recursos e apoio financeiro para a realização deste estudo, expresso minha sincera gratidão. Em especial, o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, à qual estive vinculado durante esse período.

## RESUMO

O desmatamento na Amazônia Legal Brasileira é uma preocupação em escala nacional e global, em decorrência das suas graves consequências ambientais e climáticas, influenciadas por uma complexa interação de fatores, que incluem atividades florestais, agrícolas, pecuárias, infraestrutura e o crescimento populacional e econômico. Este estudo teve como propósito analisar os determinantes do desmatamento no plano municipal na Amazônia Legal Brasileira, que abrange os anos de 2015-2016-2017 e 2019-2020-2021, com procedência numa base de dados com 719 observações e 12 variáveis relevantes. Assim, a análise fatorial resumiu as variáveis a três fatores principais: Fator Agrícola, Fator Pecuária e Fator Territorial, os quais demonstraram uma correlação significativa com a conversão de ecossistemas na região. Os resultados revelam uma variação nos índices de propensão ao desmatamento ao extenso dos períodos estudados, com um aumento significativo do Índice de Propensão ao Desmatamento Transformado (IPDT), de 2015-2016-2017 e 2019-2020-2021. A classificação dos municípios em grupos de propensão ao desmatamento, como "muito alta", "alta", "média" e "baixa", destaca a persistência dos padrões de desmatamento em áreas específicas, especialmente nos Estados do Mato Grosso e Pará. As variáveis que mais influenciam a propensão ao desmatamento incluem Área Plantada, Área Colhida e Valor de Crédito direcionado ao investimento Setor Pecuário. Demais disso, o estudo identifica uma série de fatores inter-relacionados que também desempenham um papel significativo, como o Valor da Produção, o Efetivo Bovino, Área Municipal e as distintas linhas de crédito direcionadas ao setor agrícola e pecuário. Tem ressaltado na Dissertação a importância das atividades agrícolas e pecuárias, bem como das características territoriais na dinâmica do desmatamento.

**Palavras-Chave:** análise fatorial; índice de propensão ao desmatamento; análise discriminante.

## ABSTRACT

Deforestation in the Brazilian Legal Amazon is a concern on a national and global scale, due to its serious environmental and climatic consequences, influenced by a complex interaction of factors that include forestry, agricultural, livestock activities, infrastructure, and population and economic growth. This study aims to analyze the determinants of deforestation at the municipal level in the Brazilian Legal Amazon, which covers the years 2015-2016-2017 and 2019-2020-2021. From a database with 719 observations and 12 relevant variables. Thus, the factor analysis summarized the variables into three main factors: Agricultural Factor, Livestock Factor and Territorial Factor, which demonstrated a significant correlation with the conversion of ecosystems in the region. The results reveal a variation in deforestation propensity indexes over the periods studied, with a significant increase in the transformed deforestation propensity index (IPDT) between 2015-2016-2017 and 2019-2020-2021. The classification of municipalities into deforestation propensity groups, such as "very high", "high", "medium" and "low", highlights the persistence of deforestation patterns in specific areas, especially in the states of Mato Grosso and Pará. Variables that most influence the propensity for deforestation include the Planted Area, Harvested Area and Value of credit directed to investment in the Livestock sector. Furthermore, the study identifies a series of interrelated factors that also play a significant role, such as Production Value, Cattle Herd, Municipal Area and the different lines of credit directed to the agricultural and livestock sector. Highlighting the importance of agricultural and livestock activities and territorial characteristics in the dynamics of deforestation.

**Keywords:** factor analysis; deforestation propensity index; discriminant analysis.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Variáveis estudadas.....	23
Quadro 2 -	Classificação do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira, segundo Índice de Propensão ao Desmatamento.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Raiz característica da matriz de correlações simples e percentual de variância, explicado por fator .....	38
Tabela 2 - Cargas fatoriais após rotação ortogonal e comunalidades.....	39
Tabela 3 - Número e proporção de municípios em relação à média dos escores fatoriais	42
Tabela 4 - Índice de Propensão ao Desmatamento (IPD) e transformado (IPDT) para municípios e estados da Amazônia Legal Brasileira.....	46
Tabela 5 - Classificação do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira, segundo Índice de Propensão ao Desmatamento (IPD).....	48
Tabela 6 - Composição dos grupos de municípios com características semelhantes, por Estado.....	49
Tabela 7 - Tipificação de grupos de municípios, quanto às variáveis utilizadas na análise fatorial para a Amazônia Legal Brasileira, para o período 2015-2017	50
Tabela 8 - Tipificação de grupos de municípios, quanto às variáveis utilizadas na análise fatorial para a Amazônia Legal Brasileira, para o período 2019-2021	55
Tabela 9 - Testes de igualdade de médias de grupo, para o período 2015-2017.....	59
Tabela 10 - Teste M de Box, para o período 2015-2017.....	60
Tabela 11 - Variáveis Inseridas <sup>a,b,c,d</sup> , para o período 2015-2017.....	62
Tabela 12 - <i>Eigenvalues</i> (Valores próprios) e Correlação canônica para o período 2015-2017.....	63
Tabela 13 - Lambda de Wilks, para o período 2015-2017.....	64
Tabela 14 - Coeficientes de funções discriminantes canônicas padronizados, para o período 2015-2017.....	64
Tabela 15 - Matriz de estruturas, para o período 2015-2017.....	65
Tabela 16 - Coeficientes de classificação da função discriminante, para o período 2015-	

2017.....	66
Tabela 17 - Resultados da classificação, para o período 2015-2017.....	67
Tabela 18 - Testes de igualdade de médias de grupo, para o período 2019-2021.....	68
Tabela 19 - Teste M de Box, para o período 2019-2021.....	68
Tabela 20 - Variáveis Inseridas, para o período 2019-2021.....	70
Tabela 21 - <i>Eigenvalues</i> (Valores próprios) e Correlação canônica, para o período 2019-2021.....	71
Tabela 22 - Lambda de Wilks, para o período 2019-2021.....	71
Tabela 23 - Coeficientes de funções discriminantes canônicas padronizados, para o período 2019-2021.....	72
Tabela 24 - Matriz de estruturas, para o período 2019-2021.....	73
Tabela 25 - Coeficientes de classificação da função discriminante, para o período 2019-2021.....	73
Tabela 26 - Resultados da classificação, para o período 2019-2021.....	74

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Ocupação territorial da Amazônia Legal Brasileira .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Impactos do desmatamento na Amazônia Legal .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Monitoramento do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>Revisão de Literatura.....</b>	<b>19</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Área de estudo .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Fonte dos dados e descrição das variáveis .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3</b>	<b>Identificação de fatores determinantes do desmatamento .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Elaboração do Índice de Propensão ao Desmatamento dos municípios .....</b>	<b>30</b>
<b>3.5</b>	<b>Identificação das variáveis que melhor discriminam os grupos de municípios quanto ao desmatamento .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Identificação e análise dos fatores determinantes do desmatamento .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2</b>	<b>Índice de Propensão ao Desmatamento e agrupamento dos municípios com características semelhantes.....</b>	<b>44</b>
<b>4.3</b>	<b>Condicionantes do desmatamento na ALB .....</b>	<b>58</b>
<b>4.3.1</b>	<b><i>Análise Discriminante para a média do período 2015-2016-2017 .....</i></b>	<b><i>59</i></b>
<b>4.3.2</b>	<b><i>Análise Discriminante para a média do período 2019-2020-2021 .....</i></b>	<b><i>67</i></b>
<b>4.3.3</b>	<b><i>Análise comparativa entre os principais resultados encontrados em ambos os períodos.....</i></b>	<b><i>74</i></b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>78</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A conversão da cobertura florestal natural é um dos mais significativos desafios enfrentados pela sociedade contemporânea, com graves implicações para a manutenção da biodiversidade e serviços ecossistêmicos essenciais. O tema frequentemente é objeto de intensa preocupação e debates na comunidade científica e na sociedade em geral, especialmente no contexto do Brasil (Coutinho *et al.*, 2013).

A crescente apreensão global em relação aos desmatamentos na Amazônia Legal Brasileira (ALB) é parcialmente atribuída à percepção de um processo destrutivo, no qual os danos ambientais superam os benefícios econômicos e sociais envolvidos (Margulis, 2003). Este também contribui para a emissão de toneladas de gases de efeito estufa na atmosfera. Essa dinâmica destrutiva tem impactos significativos, não apenas, localmente, mas, também, globalmente, afetando o equilíbrio climático (Covey *et al.*, 2021).

A ALB arrosta pressão intensa sobre seu ecossistema desde a década de 1960, quando o Governo brasileiro iniciou programas de desenvolvimento, visando à exploração econômica da região (Kohlhepp, 2002). Nas décadas de 1970 e 1980, o desmatamento foi impulsionado por políticas de incentivos fiscais e crédito rural, programas de colonização e investimentos em infraestrutura, atraindo um grande número de migrantes para a região. Embora algumas dessas variáveis tenham mostrado redução, recentemente, as taxas de desmatamento ainda são alarmantes, indicando a existência de forças subjacentes que determinam o futuro da cobertura florestal amazônica. Desde 1988, quando passou a ser feito monitoramento, foi evidenciado o quanto a Amazônia Legal enfrenta altas taxas de desflorestamento. Os anos de 1995 e 2004 foram especialmente críticos, com mais de 27.000 km<sup>2</sup> de floresta desmatada em cada um desses períodos. Embora tenha havido uma redução até 2009, as taxas voltaram a aumentar até 2021, quando ocorreu a maior derrubada florestal dos últimos 15 anos, totalizando 13.038 km<sup>2</sup> (Prodes, 2022).

A preservação da natureza exerce papel intrínseco e, indubitavelmente, decisivo, na existência da Humanidade, haja vista ser por meio dos recursos naturais que as necessidades primordiais humanas são supridas. Nessa contextura, aflora a necessidade de uma convivência harmoniosa e equilibrada entre o Ser Humano e a Natureza, em virtude da dependência mútua estabelecida. Mesmo com os avanços tecnológicos e a crescente conscientização ambiental, ainda se enfrentam desafios significativos, como a poluição do ar, da água e do solo, além do desmatamento ilegal e da perda de biodiversidade. Esses

problemas persistem e, em alguns casos, até aumentam, exigindo uma ação contínua e efetiva para preservar e proteger o meio ambiente (PRDA, 2020).

A redução global das florestas naturais ocorre, predominantemente, em consequência de incêndios, exploração comercial de madeira, conversão de terras para atividades agropecuárias e fenômenos naturais. No caso da Amazônia brasileira, o aumento do desmatamento é atribuído à expansão da fronteira agropecuária, inicialmente, impulsionada pela pecuária e, posteriormente, pela agricultura mecanizada, à exploração madeireira, à mineração, à construção de infraestrutura, à grilagem de terras e às mudanças climáticas. Complementarmente, o desenvolvimento de infraestrutura de transporte e logística e outros fatores contribuíram para aumentar a produtividade e rentabilidade dessas atividades em relação a outras regiões do País ou a outras atividades na própria região. Essa situação também foi influenciada por políticas públicas implementadas na região (Arraes; Mariano; Simonassi, 2012; Diniz *et al.*, 2018; Margulis, 2003).

A desarticulação das políticas públicas direcionadas à preservação das florestas durante o período de 2019 a 2022, e as consequências que decorreram dessa situação, evidenciaram a fragilidade do aparato institucional de conservação - mesmo estando nítido o fato de que a proteção da Floresta Amazônica depende, de maneira terminante, da cooperação entre variados setores e esferas governamentais, bem como do envolvimento ativo e representativo da sociedade civil (Gandour; Veríssimo; Assunção, 2023).

Dada a importância indiscutível da Floresta Amazônica, tanto no contexto nacional quanto global, é essencial realizar estudos contínuos e abrangentes para identificar, analisar e compreender as variáveis que influenciam as taxas anuais de desmatamento. Essa compreensão conduz a embasar ações governamentais e não governamentais, procurando otimizar práticas eficazes no controle e redução das áreas desmatadas.

Nessa perspectiva, as questões centrais do presente estudo são: i. Quais são os fatores determinantes do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira no plano municipal? ii. Como os índices de desmatamento dos municípios selecionados refletem a similaridade em suas características e quais são os padrões de agrupamento identificados com base nessas semelhanças? iii. Quais variáveis melhor discriminam os grupos de municípios quanto ao desmatamento na região da Amazônia Legal?

Haja vista tais circunstâncias, o ensaio agora sob relato teve como objetivo principal identificar e analisar os fatores condicionantes que influenciam o desmatamento na Amazônia Legal Brasileira no contexto municipal. Especificamente, intenta identificar

fatores determinantes do desmatamento na Amazônia; elaborar o índice de propensão ao desmatamento (IPD), agrupar os municípios com características semelhantes quanto ao resultado da IPD e identificar quais variáveis melhor discriminam os grupos de municípios quanto ao desmatamento. Para isso, foram analisados dois períodos, o primeiro dos quais diz respeito à média das variáveis no período 2015-2016-2017, ao passo que o outro concerne à média do período 2019-2020-2021, a fim de realizar comparações e entender as mudanças ocorridas.

A escolha por analisar dois períodos, especificamente os anos de 2015-2016-2017 e 2019-2020-2021, é especialmente relevante porque esses períodos abrangem governos distintos. As políticas públicas e as medidas de fiscalização ambiental são capazes de variar significativamente de um governo para outro, refletindo variegadas abordagens e prioridades em relação ao desmatamento na Amazônia Legal.

Esta Dissertação está estruturada em cinco seções, inclusas Introdução e Considerações Finais. Na segunda seção, é realizado um estudo abrangente sobre o processo de ocupação da Amazônia Legal Brasileira. O estudo reporta-se aos impactos do desmatamento na região, destacando suas consequências ambientais, sociais e econômicas. Em aditamento, são discutidos os principais responsáveis pela fiscalização e monitoramento das atividades que ocorrem na Amazônia.

A terceira refere-se ao percurso metodológico adotado para a realização da pesquisa, incluindo os métodos utilizados, a área de estudo, a fonte dos dados e a descrição das variáveis utilizadas.

A quarta seção responde pelos resultados obtidos por meio da análise fatorial, bem como do índice de propensão ao desmatamento construído e a confirmação das variáveis que mais discriminam o processo de desmatamento pela técnica de análise discriminante. Este segmento oferece uma análise detalhada dos resultados, destacando as relações entre as variáveis estudadas e fornecendo uma compreensão precisa sobre os principais fatores que influenciam o desmatamento na região da Amazônia Legal brasileira.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta secção é destinada a explorar e analisar os estudos e teorias relevantes que fundamentam a pesquisa. Ele envolve a revisão de trabalhos anteriores, teorias e modelos conceituais que se relacionam com o tema investigado.

### 2.1 Ocupação territorial da Amazônia Legal Brasileira

De acordo com o Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES), a unidade ideativa desmatamento refere-se à conversão de áreas de fisionomia florestal primária por ações humanas que envolvem o desaparecimento da vegetação. É importante considerar o desmatamento como um *continuum*, que começa com uma floresta intacta e culmina na transformação da cobertura florestal original em outros tipos de cobertura (INPE, 2019).

Durante as décadas de 1960 a 2000, a ocupação territorial na Amazônia Legal foi um fenômeno complexo, influenciado por diversos fatores e marcado por altas taxas de desmatamento em variegados períodos, fazendo com que distintos elementos sociais, políticos e econômicos atuassem na transformação do seu espaço (Silva *et al.*, 2013). De acordo com Silva e Ravena (2015), a colonização promovida pelo Governo brasileiro na década de 1960, em consequência da preocupação dos governos militares com a possibilidade de internacionalização da Amazônia, resultou em um avanço da fronteira agrícola na região, com desmatamentos concentrados no chamado "Arco do Desmatamento", abrangendo Estados como Pará, Maranhão e Mato Grosso.

A expansão agropecuária e o desenvolvimento de grandes projetos (estradas, mineração e hidrelétricas) impulsionaram o desmatamento desde os anos de 1970. Estudos realizados por Fearnside (2005) apontam que esse período foi caracterizado por um rápido avanço da fronteira agrícola, com desmatamentos intensificados na região leste da Amazônia, impulsionados pela exploração madeireira, expansão da pecuária e cultivo de grãos. A década de 1980 testemunhou um aumento significativo das taxas de desmatamento na Amazônia Legal. O Governo começou a reduzir os estímulos à agropecuária na Região Amazônica em resposta à pressão internacional. Paralelamente, houve uma diminuição nos investimentos públicos para a expansão da infraestrutura na região; n entanto, essas medidas foram enfraquecidas em decorrência de haver sido intensificada a ocupação da fronteira

amazônica por meio de uma atividade predatória impulsionada pelo extrativismo madeireiro, mineração, pecuária extensiva e agricultura migratória nas florestas nativas.

Embora tenha ocorrido uma desaceleração temporária nas taxas de desmatamento no início dos anos de 1990, desde a segunda metade da década, observou-se uma retomada significativa do desmatamento, expansão ocorrente em variadas áreas da Amazônia Legal, com ênfase na expansão da pecuária e na conversão de áreas florestais em pastagens (Ipam, 2021).

## **2.2 Impactos do desmatamento na Amazônia Legal**

A devastação da floresta é um fenômeno complexo, impulsionado por múltiplos fatores. A exploração predatória de madeiras nobres atua como força motriz do desmatamento, abrindo caminho para a expansão descontrolada de migrações, grilagem de terras e projetos de colonização. A agricultura intensiva, especialmente vinculada ao agronegócio da soja, também perfaz um papel significativo na conversão das florestas nativas. Esses processos não comprometem apenas a Amazônia, mas também avançam implacavelmente sobre a região do Cerrado, criando frentes de expansão inquietantes. O desmatamento é impulsionado, principalmente, pela ação antrópica, que promove o mau uso dos recursos naturais, a poluição e a expansão urbana, resultando na redução dos *habitats* para as espécies. Essa atividade prejudicial compromete, não apenas, as florestas e os recursos naturais, mas, também, o equilíbrio da Terra em seus diversos aspectos, tendo impactos significativos na economia e na população. Embora existam casos em que o desmatamento é passível de suceder por fatores naturais, é a ação humana, fundamentalmente, a responsável por essa devastação, impulsionada, principalmente, pela necessidade de explorar as florestas, visando a benefícios econômicos, como a obtenção de madeira, frutos e, principalmente, para fins agrícolas e pecuários. Métodos como queimadas e a utilização de correntes de desmatamento são práticas comuns e irresponsáveis que aceleram o desmatamento e causam uma grande destruição em larga escala (Alencar *et al.*, 2004).

Ribeiro (2021) assinala que, na escala local, comprova-se uma impactante perda das características socioambientais nas áreas afetadas pelo fogo. Isso acarreta consequências significativas para as comunidades originárias, que perdem seus territórios e ficam vulneráveis à invasão de garimpeiros, abrindo, também, espaço para a introdução de práticas

agrícolas ocidentais. Essas mudanças drásticas afetam, diretamente, o modo de vida das comunidades tradicionais e originárias. É importante ressaltar que essas transformações não se limitam apenas à dimensão social. Os sistemas naturais da Amazônia também são alvos de alterações notórias. Os ciclos biogeoquímicos são intensamente afetados, comprometendo a reposição de nutrientes no solo amazônico, que já possui uma capacidade limitada de sustentar a vegetação. É fundamental reconhecer que a própria floresta desenvolve um ofício de rara importância nessas circunstâncias, porquanto é sua decomposição a alimentar o solo.

No âmbito global, os influxos do desmatamento e das queimadas na Amazônia são amplamente reconhecidos. Além da perda significativa da diversidade social e biológica, a queima de material vegetal libera consideráveis quantidades de gases de efeito estufa na atmosfera, agravando ainda mais os efeitos do aquecimento global. Assim, a Amazônia, que deveria atuar como um importante sumidouro de carbono, faz-se uma fonte adicional de gases causadores do aquecimento global. Essa dinâmica evidencia a necessidade urgente de preservar e combater o desmatamento na Região Amazônica, não apenas por suas implicações locais, mas também por suas consequências globais (Covey *et al.*, 2021).

### **2.3 Monitoramento do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira**

A discussão acerca do desflorestamento na Amazônia, bem como das demais questões ambientais brasileiras, auferiu relevância estratégica para o Brasil no final da década de 1980. Foi nesse período que o País passou a se dedicar ao desenvolvimento de políticas públicas dirigidas para os aspectos ambientais, estabelecendo instituições governamentais responsáveis pela implementação e monitoramento dessas políticas. Essa abordagem reflete o reconhecimento da importância de preservar e conservar os recursos naturais do País, considerando seus impactos socioeconômicos e ambientais a longo prazo (Coutinho *et al.*, 2013).

Malgrado as adversidades enfrentadas, o Brasil possui uma sólida tradição de monitoramento do desmatamento feito pelo INPE, que conta com três sistemas operacionais complementares: i) o Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES) - iniciado em 1988, que tem como objetivo calcular as taxas anuais de desmatamento na Floresta Amazônica. Esse sistema utiliza imagens capturadas pelo satélite LANDSAT, com uma resolução espacial de 30 metros, procedendo-se à identificação de áreas desmatadas

com tamanho igual ou superior a 6,25 hectares; ii) o Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER) - lançado em maio de 2004, é um sistema de apoio à fiscalização e ao controle do desmatamento na Amazônia com a divulgação de mapas de alertas com áreas totalmente desmatadas (corte raso) e em processo de desmatamento por degradação florestal progressiva superiores a 25 hectares. O levantamento do DETER utiliza dados do sensor MODIS dos satélites Terra e Aqua e do sensor WFI do satélite CBERS, de resolução espacial de 250 metros; e iii) o Mapeamento da Degradação Ambiental na Floresta Amazônica (DEGRAD) - lançado em 2007, é um sistema destinado a mapear, anualmente, áreas em decurso de desmatamento onde a cobertura florestal ainda não foi totalmente removida, ou seja, áreas com tendência a ser convertida em corte raso. Esse sistema utiliza imagens dos satélites LANDSAT e CBERS com área mínima de mapeamento de 6,25 hectares (Mapbiomas, 2022; INPE, 2008).

A complexidade e os desafios para promover o desenvolvimento econômico sustentável são evidenciáveis pelo comportamento das taxas anuais de desmatamento. Conforme apontado pela pesquisa, a manutenção de índices baixos de desmatamento depende do combate às atividades ilícitas, da promoção de uma economia baseada nos recursos florestais e do ordenamento do território (PRDA, 2020). *In hoc sensu*, a ocupação e transformação da Amazônia refletem uma realidade demarcada por conflitos de interesses complexos, envolvendo agentes, articulações e conjunturas locais, nacionais e globais (Coutinho *et al.*, 2013).

## 2.4 Revisão de Literatura

Sobrou constatado o fato de que a ocupação e o desmatamento na Amazônia se intensificaram após a década de 1970. Lemos e Silva (2011), ao realizarem um estudo tabular para analisar as áreas desmatadas no Bioma Amazônia e nos estados que compõem a Amazônia Legal durante o período de 1978 a 2009, identificaram que a maior perda do Bioma Amazônia é verificada nos Estados de Mato Grosso e Tocantins, tendo como principais variáveis agravantes a expansão de atividades agropecuárias e madeireiras.

Pena, Oliveira e Campos (2011), demandando pela identificação dos padrões de desflorestamento no Estado do Pará de 2000 a 2009, realizaram um estudo investigando a variabilidade comum que influencia a dinâmica do desmatamento e calcularam um índice de desmatamento para o Estado. Especificamente, o experimento identificou as cargas

fatoriais que revelam os padrões de desmatamento relacionados às principais atividades produtivas. Por meio da aplicação do Método de Componentes Principais (MCP), utilizando técnicas multivariadas, identificaram o fato de que a atividade agropecuária exerce um peso significativo na explicação do desmatamento. Em adição, a análise espacial localizou a concentração de outras atividades, que também contribuem para o problema do desmatamento, o que descaracteriza a pecuária como a causa única do desmatamento no Estado.

No estudo de Vasconcelos (2015), é explorado o desmatamento na floresta amazônica brasileira, com foco na identificação dos fatores que o influenciam. Para esse propósito, foram utilizadas séries temporais de dados relacionados ao desmatamento e a diversos fatores socioeconômicos, cobrindo o período de 1990 a 2012. A metodologia adotada envolveu a análise estatística de correlação, seguida da aplicação de análise multivariada discriminante, a fim de examinar as relações entre as variáveis e identificar os principais determinantes do desmatamento. As principais variáveis utilizadas foram: Efetivo de Bovinos, Malha Viária, População, Extração da Madeira e Área de Lavoura.

Mediante a realidade de altas taxas de desflorestamento na Amazônia Legal, Chaves, Pena e Fonseca (2015) compreendem a importância de analisar, isoladamente, a dinâmica econômica associada ao desflorestamento no Município de Cumaru do Norte, no Estado do Pará, por meio da identificação dos fatores econômicos em plena atividade naquele Município, que mais promovem transformações em seu ecossistema. Eles recorreram à técnica de análise multivariada aplicada às variáveis relacionadas a silvicultura, pecuária, extração vegetal e produção agrícola, bem como os totais de desflorestamento, em km<sup>2</sup>, para o período de 2000 até 2013.

Seguindo a mesma óptica, Padrão, Lirio e Lima (2016), fazendo uso de dados do censo agropecuário, realizaram um estudo de caso para o Estado do Acre, com vistas a identificar quais os municípios com maiores índices de degradação. Com essa intenção, estimaram o Índice de Degradação (ID) e, posteriormente, procederam à análise de *Cluster*. Foi quando sobrou constatado que houve aumento dos níveis de desmatamento em todos os municípios, em especial, nas regiões identificadas como de risco. Tendo como principal atividade responsável pelo avanço do desmatamento a pecuária, que, em razão do seu caráter extensivo, demanda a expansão contínua à cata de novas terras para a produção.

De acordo com a pesquisa realizada por Pereira e Ferreira (2020), considerando a relevância das áreas florestais da Amazônia para a conservação da biodiversidade e

sociodiversidade, constatou-se que a criação de uma rede de áreas protegidas é decisiva na conservação das áreas naturais da Amazônia. Destarte, mediante aplicação da análise fatorial em um conjunto de variáveis espaciais, foi procedida à avaliação acerca de quais tipos de áreas protegidas estão mais propensos ao desflorestamento.

Reis (2022) compreende, arrimado em estudos recentes, que, para identificar os principais fatores socioeconômicos que influenciam o desmatamento na Amazônia Legal brasileira, bem como compreender o processo de perda da cobertura vegetal, que o desmatamento ocorre como resultado da interação complexa de variados fatores, os quais não são suscetíveis de ser analisados isoladamente. Os dados analisados correspondem ao período de 2000 a 2019 e foram submetidos às análises de componentes principais, de correlação, de *cluster* e discriminante. Foram, então, identificados, entre os principais fatores do desflorestamento, as atividades relacionadas à exploração florestal, agricultura, pecuária, construção de infraestrutura, ao crescimento demográfico e econômico.

Campos, Faria e Lírio (2022) objetivaram, num ensaio, identificar uma tipologia dos municípios da Amazônia Legal com base em indicadores de desmatamento, econômicos, de produção agrícola, de desenvolvimento e pobreza. Após a utilização das técnicas de análise fatorial e análise de agrupamentos, remansou averiguado o fato de que as principais evidências demonstram uma associação entre maior desmatamento e indicadores socioeconômicos mais favoráveis, como PIB mais elevado, maior população, maior produção agrícola e melhores indicadores de desenvolvimento, educação, emprego e infraestrutura de moradia. Em soma, observou-se uma relação inversa entre desmatamento e pobreza, indicando que áreas com menor incidência de pobreza tendem a exprimir maiores taxas de desmatamento.

Nessa perspectiva, de acordo com estudos realizados por Gazoni, 2011; Santos; Lima, 2010; Rivero *et al.*, 2009; Fearnside, 2005, foram identificados diversos fatores com tarefas significativas na dinâmica do desmatamento na Região Amazônica. Esses fatores são agrupáveis assim: aspectos populacionais, agropecuária, políticas de acesso, mercado, extrativismo vegetal, políticas ambientais, ambiente biofísico, mineração, assentamentos rurais e outros aspectos. Esses fatores abrangem desde características demográficas e atividades produtivas até aspectos ambientais e políticas governamentais.

### 3 METODOLOGIA

Este experimento perfilhou uma metodologia composta por variadas etapas. Inicialmente, foi realizada a Análise Fatorial (AF) para extrair os fatores relevantes relacionados ao desmatamento na Amazônia Legal Brasileira no patim municipal. Em seguida, elaborou-se o Índice Hierárquico de Propensão ao Desmatamento (IPD), que sintetiza as informações dos fatores extraídos pela AF. Esse índice proporciona uma medida quantitativa da propensão de cada município ao desmatamento, considerando as características específicas de cada região.

Posteriormente ao IPD, os municípios foram agrupados com base em suas características semelhantes, mediante o uso da média e do desvio-padrão dos valores do índice de propensão ao desmatamento. Tal procedimento conduziu a se identificar grupos de municípios com padrões de desmatamento similares, auxiliando na compreensão das dinâmicas regionais do desmatamento.

Recorreu-se à análise discriminante para identificar as variáveis que mais contribuem para a discriminação do desmatamento dentre os grupos de municípios. Essa técnica estatística transporta a se avaliar a importância relativa de cada variável na diferenciação dos padrões de desmatamento, fornecendo *insights* sobre os fatores-chave que impulsionam o desmatamento.

Em conjunto, essas etapas metodológicas proporcionam uma análise abrangente e detalhada dos fatores determinantes do desmatamento na Amazônia Legal brasileira, obtendo-se uma compreensão mais aprofundada das dinâmicas e padrões envolvidos nesse fenômeno. O detalhamento de cada técnica utilizada é expresso nas seções seguintes.

#### 3.1 Área de estudo

O bioma Amazônia abrange 4,2 milhões de km<sup>2</sup> e é caracterizado por suas florestas tropicais úmidas, rica biodiversidade e extensa rede hidrográfica. Representa 48% do Território Nacional (Santos; Santos; Veríssimo, 2022).

Por sua vez, a Amazônia Legal abrange aproximadamente 5 milhões de km<sup>2</sup>, incluindo toda a área do bioma Amazônia, além de partes dos biomas Cerrado e Pantanal. Abarca e concentra os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins, e parte do Estado do Maranhão. É distribuída em 772 municípios, que totalizam 59% do Território Nacional (IBGE, 2023; Santos; Santos; Veríssimo, 2022).

A delimitação geográfica da Amazônia Legal foi definida por meio das seguintes leis específicas: A Lei nº 1.806, de 06 de janeiro de 1953, estabeleceu inicialmente esse recorte, sendo posteriormente modificada pela Lei nº 5.173 de 27, de outubro de 1966 e pela Lei complementar nº 31, de 11 de outubro de 1977. Essas legislações foram responsáveis por estabelecer os limites geográficos da Amazônia Legal de modo oficial. Atualmente, a Amazônia Legal é delimitada de acordo com o Art. 2º da Lei Complementar nº 124, de 03.01.2007, correspondendo à área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM). Essa delimitação tem como objetivo principal estabelecer os limites geográficos da região política na qual a SUDAM atua, com vistas a promover o desenvolvimento inclusivo e sustentável em sua área de atuação, além de integrar de maneira competitiva a base produtiva regional na economia nacional e internacional (IBGE, 2023).

### 3.2 Fonte dos dados e descrição das variáveis

O objeto de estudo engloba todos os municípios da ALB, com disponibilidade de dados para o período observado selecionado (2017 e 2021).

A seleção das variáveis foi baseada em uma revisão abrangente da literatura sobre o desmatamento na Amazônia Legal Brasileira, que apontava a sua relevância no processo de degradação florestal. Ademais, também foram consideradas variáveis previamente desconsideradas em outros estudos, a fim de explorar novas perspectivas e possíveis relações com o fenômeno em foco. O número de municípios a ser estudado ainda está indefinido, pois está sendo analisada a relevância das variáveis pré-selecionadas e, conseqüentemente, quais devem ser excluídas da seleção final. Por se tratar de dois períodos, a base de dados está sendo trabalhada de modo que ambos mantenham os municípios.

O Quadro 1, a seguir, expressa as variáveis propostas a serem estudadas e em quais respectivos métodos foram submetidas, Análise Fatorial (AF), Índice de Propensão ao Desmatamento (IPD) e Análise discriminante (AD).

Quadro 1 - Variáveis estudadas

(continua)

Indicadores	Fonte de dados	Referências	Método Utilizado		
			AF	IPD	AD
População (Quantidade)	IBGE	Vasconcelos (2015); Reis (2022)			

Quadro 1 - Variáveis estudadas

(conclusão)

Indicadores	Fonte de dados	Referências	Método Utilizado		
			AF	IPD	AD
Área Municipal (Km <sup>2</sup> )	IBGE	Vasconcelos (2015); Reis (2022)	x	x	x
Área de floresta	INPE	Vasconcelos (2015); Reis (2022)	x	x	x
Não Floresta	INPE				
Hidrografia	INPE				
Desmatamento (KM <sup>2</sup> )	INPE	Vasconcelos (2015); Reis (2022)	x	x	
Efetivo dos rebanhos bovinos (Cabeças)	IBGE	Vasconcelos (2015); Reis (2022)	x	x	x
Quantidade produzida na extração vegetal	IBGE				
Quantidade produzida na extração vegetal Lenha	IBGE				
Quantidade produzida na extração vegetal Carvão Vegetal (Toneladas):	IBGE				
Área plantada (Hectares):	IBGE		x	x	x
Área colhida (Hectares):	IBGE		x	x	x
Valor da produção na extração vegetal Madeira em Tora	IBGE				
Valor da produção na extração vegetal Lenha	IBGE				
Valor da produção na extração vegetal	IBGE	Reis (2022)			
Valor da produção das lavouras temporárias e permanentes	IBGE	Reis (2022)	x	x	x
Estoque de crédito rural no Custeio Agrícola	BANCO CENTRAL	Vasconcelos (2015); Reis (2022)	x	x	x
Estoque de crédito rural para custeio em pecuária	BANCO CENTRAL	Vasconcelos (2015); Reis (2022)	x	x	x
Estoque de crédito rural para investimento agrícola	BANCO CENTRAL	Vasconcelos (2015); Reis (2022)	x	x	x
Estoque de crédito rural para investimento em pecuária	BANCO CENTRAL	Vasconcelos (2015); Reis (2022)	x	x	x
Estoque de crédito rural para comercialização agrícola	BANCO CENTRAL	Vasconcelos (2015); Reis (2022)	x	x	x
Estoque de crédito rural para comercialização na pecuária	BANCO CENTRAL	Vasconcelos (2015); Reis (2022)			

Fonte: Elaboração própria.

1. **População (Quantidade):** refere-se ao número total de habitantes por município da Amazônia Legal.
2. **Área (km<sup>2</sup>):** indica a extensão territorial do município em quilômetros quadrados. Essa medida abrange desde áreas urbanas até áreas rurais e florestais.
3. **Desmatamento (km<sup>2</sup>):** representa o montante da variação na área desmatada durante um período específico (anual), medida em quilômetros quadrados, por município. Essa variável é essencial para monitorar as mudanças na cobertura vegetal e avaliar o impacto das atividades humanas sobre os ecossistemas florestais.
4. **Efetivo dos rebanhos bovinos (Cabeças):** refere-se ao número total de cabeças de gado bovino no município. Essa variável é importante para compreender a atividade pecuária e seu impacto, bem como a pressão sobre áreas de pastagem e desmatamento.
5. **Quantidade produzida na extração vegetal (Metros cúbicos):** indica o volume total de recursos vegetais extraídos do município, medido em metros cúbicos. Esses recursos incluem madeira, frutos, fibras e outros produtos da flora, sendo essenciais para a subsistência e a economia local.
6. **Quantidade produzida na extração vegetal lenha (Metros cúbicos):** refere-se ao volume de lenha extraído dos recursos vegetais do município, medido em metros cúbicos.
7. **Quantidade produzida na extração vegetal carvão vegetal (Toneladas):** indica o volume de carvão vegetal produzido com base nos recursos vegetais do município, medido em toneladas. O carvão vegetal é utilizado, principalmente, na indústria siderúrgica e de energia, sendo um produto de grande importância econômica.
8. **Área plantada (Hectares):** representa a área total destinada à agricultura ou ao cultivo de plantas específicas no município com cultura temporária e permanente. Essa variável é essencial para avaliar a extensão das atividades agrícolas e sua contribuição para a segurança alimentar e a economia local.
9. **Área colhida (Hectares):** refere-se à área total efetivamente colhida durante um período de cultivo com cultura temporária e permanente.
10. **Valor da produção na extração vegetal madeira em tora (Reais):** indica o valor monetário da produção de madeira em tora no município, em reais.
11. **Valor da produção na extração vegetal lenha (Reais):** representa o valor monetário da produção de lenha no município, em reais.

12. **Valor da produção na extração vegetal (Reais):** indica o valor monetário total da produção vegetal extraída no município, em reais. Essa variável engloba todas as receitas geradas pela extração de recursos vegetais, incluindo madeira, lenha e outros produtos florestais.
13. **Valor da produção das lavouras temporárias e permanentes (Reais):** refere-se ao valor monetário da produção agrícola das lavouras temporárias e permanentes no município, em reais.
14. **Estoque de crédito rural no Custeio Agrícola (Reais):** indica o montante total de crédito rural usado para custeio na agricultura do município, em reais. Essa variável é crucial para avaliar o acesso dos agricultores a recursos financeiros e seu impacto na produtividade e na renda agrícola.
15. **Estoque de crédito rural para custeio em pecuária (Reais):** refere-se ao montante total de crédito rural utilizado para custeio na pecuária do município, em reais.
16. **Estoque de crédito rural para investimento agrícola (Reais):** indica o montante total de crédito rural usado para investimentos na agricultura do município, em reais.
17. **Estoque de crédito rural para investimento em pecuária (Reais):** representa o montante total de crédito rural usado para investimentos na pecuária do município, em reais.
18. **Estoque de crédito rural para comercialização agrícola (Reais):** indica o montante total de crédito rural usado para comercialização na agricultura do município, em reais.
19. **Estoque de crédito rural para comercialização na pecuária (Reais):** refere-se ao montante total de crédito rural utilizado para comercialização na pecuária do município, em reais.
20. **Área de floresta:** refere-se à extensão territorial coberta por florestas nativas no município.
21. **Não Floresta:** indica a área territorial municipal que não é coberta por florestas nativas.
22. **Hidrografia:** representa os corpos d'água, como rios, lagos e riachos no município.

### 3.3 Identificação de fatores determinantes do desmatamento

Neste estudo, foram utilizadas técnicas da análise multivariada como método para avaliar os determinantes do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira (ALB), pois

engloba um conjunto de técnicas estatísticas robustas que conduzem a analisar e interpretar, simultaneamente, múltiplas variáveis inter-relacionadas.

Mediante a complexidade da extensa base de dados e quantidade de variáveis utilizadas para identificar os determinantes do desmatamento na ALB, foi empregada a análise fatorial (AF), o que levou a uma redução das variáveis em fatores latentes, facilitando a compreensão dos padrões e das relações entre os elementos estudados, preservando suas particularidades.

Hair *et al.*, (2009), Matos; Rodrigues, (2019), Corrar, Paulo e Dias Filho (2014) acentuam que a AF oferece ferramentas para examinar a estrutura das inter-relações num grande número de variáveis, identificando conjuntos fortemente inter-relacionados conhecidos como fatores. Esses fatores representam dimensões dentro dos dados, criando medidas compostas para reduzir o número de variáveis. O objetivo da técnica de análise fatorial é resumir a informação contida em várias variáveis originais em um conjunto menor de novas dimensões compostas ou variáveis estatísticas, minimizando a perda de informação (condensando as variáveis semelhantes).

O modelo de análise fatorial, baseado na matriz de correlação, estabelece uma relação linear entre as variáveis padronizadas e os fatores comuns não observados. Esse modelo pressupõe que as variáveis originais são influenciadas por fatores latentes ou subjacentes, que não mensuráveis diretamente. A análise fatorial identifica e extrai esses fatores comuns a partir das correlações entre as variáveis. A matriz de correlação é utilizada como base para estimar os coeficientes de relação entre as variáveis e os fatores latentes. O modelo fornece uma representação mais simplificada dos dados, possibilitando a compreensão das relações entre as variáveis e os fatores subjacentes que as influenciam (Mingoti, 2005), como observado a seguir.

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \dots + l_{1m}F_m + \varepsilon_1 \\
 Z_2 &= l_{21}F_1 + l_{22}F_2 + \dots + l_{2m}F_m + \varepsilon_2 \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 &\vdots \\
 Z_p &= l_{p1}F_1 + l_{p2}F_2 + \dots + l_{pm}F_m + \varepsilon_p .
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

De acordo com a descrição do modelo, mostrado acima, tem-se que as variáveis originais padronizadas, representadas por  $Z_i$  ( $i = 1, 2, \dots, p$ ), estão linearmente relacionadas

com as novas variáveis aleatórias  $F_j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ), que são os fatores comuns não identificados responsáveis por explicar as correlações entre as variáveis. Os coeficientes  $l_{ij}$ , conhecidos como "cargas fatoriais" (*factor loading*), expressam o grau de relacionamento linear entre  $Z_i$  e  $F_j$ , ou seja, a associação entre a variável original e o fator comum. Além disso, os componentes  $\varepsilon_i$  ( $i = 1, 2, \dots, p$ ) representam os erros aleatórios, que correspondem aos erros de medida e à variação de  $Z_i$  não explicada pelos fatores comuns  $F_j$  considerados no modelo (Braga; Campos, 2022).

Segundo Favero *et al.*, (2009), o método de extração define como os fatores são extraídos dos dados, considerando distintas abordagens; é utilizado o método de Componentes Principais (ACP) para identificar se as variáveis  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  apresentam alta correlação entre si, essas variáveis podem ser combinadas para formar um fator. Esse processo é repetido sucessivamente com todas as outras variáveis da matriz de correlação para fins de formar os demais fatores. Neste método, os fatores são extraídos com base na variância total dos dados, com vistas a explicar o máximo possível da variância observada nas variáveis originais.

Quanto à definição do número de fatores, é utilizado o critério da raiz latente (Kaiser) para determinar o número adequado de fatores a serem considerados, que se baseia na análise dos autovalores associados aos componentes principais dos dados. A ideia central é reter apenas os fatores com autovalores maiores do que 1. Essa escolha é baseada no pressuposto de que fatores com autovalores maiores que 1 explicam mais variância do que única variável original e, portanto, são considerados mais relevantes. Os fatores com autovalores menores do que 1 são considerados menos significativos e são descartáveis. O critério de Kaiser oferece uma medida objetiva para determinar o número adequado de fatores a serem retidos, ajudando na interpretação e simplificação dos dados na análise fatorial; e o critério da porcentagem da variância, que consiste em selecionar os fatores que, em conjunto, explicam uma porcentagem significativa da variância total dos dados, ou seja, reter os fatores que explicam uma porcentagem predefinida da variância acumulada. Em algumas situações, é difícil identificar com clareza quais variáveis estão sendo mais efetivamente explicadas por um determinado fator. Assim, foi adotado o método de rotação ortogonal Varimax, que minimiza o número de variáveis com altas cargas em distintos fatores, associando uma variável a único fator (Hair *et al.*, 2009; Fávero *et al.*, 2009).

Sobraram estimados os escores dos fatores para cada elemento da amostra - por meio do método dos mínimos quadrados ponderados, que é uma técnica estatística útil para ajustar

modelos em situações onde os resíduos têm variâncias desiguais. Na análise fatorial, este método é empregado para estimar os parâmetros do modelo, considerando a heterogeneidade das variâncias dos resíduos e a incerteza associada às variáveis explicativas. Variáveis mais fortemente correlacionadas com os fatores tendem a receber pesos mais elevados, refletindo sua maior contribuição para a explicação da estrutura subjacente dos dados (Barroso; Artes, 2003; Campos, 2008).

Fávero *et al.*, (2009) e Hair *et al.*, (2009) compreendem que, para avaliar se a análise fatorial (AF) é uma abordagem eficiente para o tipo de estudo, precisa-se analisar a matriz de correlações, verificar a estatística de KMO, o Teste de Esfericidade de Bartlett e analisar a matriz “anti-imagem” - além da análise da normalidade por meio dos Testes de Kolmogorov -Smirnov, Shapiro-Wilks e do Alfa de Cronbach.

Os testes Shapiro-Wilks e o Kolmogorov-Smirnov são usados para avaliar a normalidade dos dados, calculando o nível de significância para as diferenças em relação a uma distribuição normal. O teste Shapiro-Wilks é especialmente sensível para detectar desvios da normalidade em amostras pequenas, enquanto a versão modificada do teste de Kolmogorov-Smirnov é frequentemente preferida para amostras maiores. Essas ferramentas estatísticas são decisivas para garantir a adequação dos pressupostos necessários em muitas análises estatísticas, com vistas a uma interpretação precisa e confiável dos resultados. Na pesquisa em foco, foi considerado um nível de significância de até 5% para a inclusão das variáveis, garantindo a robustez e a confiabilidade dos resultados (Hair *et al.*, 2009).

O coeficiente Alfa de Cronbach, conforme descrito por parte de Hair *et al.* (2009), é uma medida de consistência interna amplamente utilizada na avaliação da confiabilidade de escalas. Este coeficiente varia de 0 a 1, sendo os valores de 0,60 a 0,70 considerados o limite inferior de aceitabilidade, onde valores mais próximos de 1 indicam maior consistência entre os itens da escala. Ao calcular o Alfa de Cronbach, intenta-se avaliar se os itens de uma escala estão medindo uma só dimensão de maneira consistente e confiável.

A interpretação da matriz de correlação envolve analisar os valores de correlação entre as variáveis e entender a natureza das relações. Hair *et al.*, (2009); Field *et al.*, (2012) afirmam que, quanto maior for a quantidade de valores acima de 0,30 na matriz de correlação, melhor a adequação da técnica ao estudo.

Em sequência, será utilizado o Teste de Esfericidade de Bartlett para verificar se a matriz de correlação entre as variáveis é uma matriz de identidade, o que indicaria que as variáveis são independentes e não têm relação entre si. Se o Teste de Bartlett for

estatisticamente significativo, indica que a matriz de correlação não é uma matriz de identidade e, portanto, há relações significativas entre as variáveis. Por outro lado, o Teste de KMO avalia a adequação da amostra e a correlação entre as variáveis, fornecendo um índice que varia de 0 a 1, em que valores mais próximos de 1 indicam uma amostra mais adequada para a análise fatorial. Valores abaixo de (0,5) são considerados inadequados, indicando que os dados podem não ser apropriados para a aplicação da análise fatorial. Se o Teste de KMO indicar uma amostra adequada e o Teste de Bartlett for significativo, isso sugere que os dados são apropriados para a aplicação da análise fatorial, indicando correlações entre as variáveis e justificando a utilização desse método de redução de dimensionalidade (Hair *et al.*, 2009; Kaiser, 1974).

São utilizados os resultados da matriz de correlação “anti-imagem” como medida de valores de adequação da amostra (MSA), para assim saber se é necessário excluir alguma variável do estudo. A matriz de correlação “anti-imagem” é derivada dos valores negativos das correlações parciais entre as variáveis. Essa medida varia de 0 a 1, onde 1 indica que cada variável é perfeitamente prevista sem erro pelas outras variáveis. Tanto para o teste geral ou cada variável individual, as MSA devem ser superiores a 0,50. Caso alguma variável tenha um valor inferior a 0,50, ela é omitida da análise fatorial uma por vez, sendo a variável com o menor valor eliminada a cada vez (Hair *et al.*, 2009; Fávero *et al.*, 2009).

### **3.4 Elaboração do Índice de Propensão ao Desmatamento dos municípios**

Segundo Campos (2008); Campos; Carvalho (2011), os índices têm um papel de alta relevância na síntese e simplificação da informação proveniente de múltiplas variáveis que descrevem um determinado fenômeno. Ao combinar e condensar os dados coletados, os índices proporcionam uma representação resumida e eficiente das características-chave do fenômeno em análise. Ao concentrar as informações relevantes em única ou em poucas variáveis, os índices facilitam a compreensão, interpretação e comunicação dos aspectos essenciais do fenômeno, tornando-o mais acessível para análise e tomada de decisões. Assim, a partir dos resultados da análise fatorial, foi construído um índice de propensão ao desmatamento que representa a vulnerabilidade dos municípios da ALB ao desmatamento.

A estrutura metodológica do índice foi construída e adaptada conforme a abordagem exposta nos estudos de Campos (2008); Campos; Carvalho (2011); Rossato (2006); essa última compreende que o índice em foco é passível de ser descrito como a soma dos escores

fatoriais padronizados derivados da análise fatorial. Esses escores são ponderados pelas proporções de variância explicada por parte de cada fator, considerando a variância total dos dados, ou seja, representa uma medida combinada que leva em consideração as contribuições de cada fator, proporcionando uma representação resumida e ponderada das distintas variáveis envolvidas, como observado na equação a seguir:

$$IPD_m = \sum_{j=1}^k \frac{\lambda_j}{tr(R)} F_{jm}, \quad (2)$$

em que:

$IPD_m$  = Índice de Propensão ao Desmatamento para o município “m” da Amazônia Legal Brasileira;

$\lambda_j$  = j-ésima raiz característica da matriz de correlação  $R_{p \times p}$  das variáveis utilizadas;

$k$  = número de fatores da análise fatorial;

$F_{jm}$  = escore fatorial do município “m”, do fator j;

$tr(R)$  = traço da matriz  $R_{p \times p}$ .

Com o objetivo de simplificar a comparação dos índices de propensão ao desmatamento dos municípios, foi realizada uma transformação na escala dos índices, para que os valores sejam estimados dentro de uma faixa de 0 a 100, proporcionando uma referência mais intuitiva e facilitando a interpretação comparativa dos resultados. Assim, está exposto na equação abaixo:

$$IPDT_m = \frac{(IPD_m - IPD_{min})}{(IPD_{máx} - IPD_{min})} \times 100 \quad (3)$$

em que:

$IPDT_m$  = Índice de Propensão ao Desmatamento Transformado para o município “m” da Amazônia Legal Brasileira;

$IPD_m$  = Índice de Propensão ao Desmatamento para o município “m” da Amazônia Legal Brasileira;

$IPDT_{máx}$  = Índice de Propensão ao Desmatamento máximo da Amazônia Legal Brasileira;

$IPDT_{min}$  = Índice de Propensão ao Desmatamento mínimo da Amazônia Legal Brasileira.

Com base nos conceitos e cálculos discutidos anteriormente, foi adotada a metodologia aplicada por Costa Filho; Campos e Lemos (2023), dividindo os municípios estudados em variadas categorias, de acordo com seu grau de suscetibilidade ao desmatamento, que vai entre "Muito Alto, Alto, Médio e Baixo". Com vistas a facilitar a compreensão sobre os padrões de propensão ao desmatamento nos municípios estudados, foi criado um intervalo de classificação com base na média (M) e no desvio-padrão (DP) dos valores dos índices de propensão ao desmatamento. Esse intervalo proporciona uma referência para comparar e interpretar os índices de cada município (Quadro 2).

Quadro 2 – Classificação do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira, segundo Índice de Propensão ao Desmatamento

Classificação	Intervalos
Muito Alta	Índice > (M + DP)
Alta	Índice > (M + 0,5DP)
Média	Índice = (M ± DP)
Baixa	Índice < (M – 0,5DP)

Fonte: Adaptado de Costa Filho; Campos e Lemos (2023),

Quando o valor do índice for maior do que a média, somada ao desvio-padrão o município será classificado com muito alta propensão ao desmatamento. Maior do que a média, somada a 0,5 vez o desvio-padrão, alta. Entre o intervalo em que a média é somada e subtraída ao desvio-padrão, o município tem média propensão. Quando o índice for menor do que a média, menos 0,5 vez o desvio-padrão, este é considerado com baixa propensão.

### 3.5 Identificação das variáveis que melhor discriminam os grupos de municípios quanto ao desmatamento

A análise discriminante é uma técnica estatística que testa a hipótese de igualdade das médias de um conjunto de variáveis independentes entre grupos distintos. Ela tenciona encontrar uma função discriminante que maximize a separação entre as médias dos grupos, classificando-se corretamente novos casos em grupos predefinidos. Essa análise identifica as variáveis que mais contribuem para a discriminação entre os grupos, ajudando a compreender as diferenças entre eles e auxiliando na tomada de decisões com base nessas diferenças (Corrar; Paulo; Dias Filho, 2014).

Afirma-se que existem dois pressupostos principais em relação à normalidade multivariada das variáveis explicativas e à homogeneidade das matrizes de variância e covariância entre os grupos. Em relação ao primeiro pressuposto, espera-se que as variáveis explicativas denotem uma distribuição normal ou próxima a ela; no entanto, se houver uma violação desse pressuposto, isso é capaz de afetar a capacidade discriminatória da análise, especialmente se as amostras em cada grupo forem pequenas.

O segundo pressuposto da análise discriminante está relacionado à homogeneidade das matrizes de variância e covariância entre os grupos, testável por meio do Teste Box's M. Esse pressuposto implica que a dispersão e as relações entre as variáveis explicativas são consistentes em todos os grupos. O Teste de Igualdade de Box's M avalia se as matrizes de covariância são estatisticamente iguais entre os grupos. Se o valor de Box's M for estatisticamente significativo, indica que as matrizes de covariância são diferentes entre os grupos, o que é capaz de impactar a eficácia da análise discriminante (Fávero *et al.*, 2009).

Foi adotado o Método *Stepwise* para estimar uma função discriminante, em que cada variável é incluída na análise uma de cada vez, com base em seu poder discriminatório. Dessa maneira, utiliza-se o Teste de Igualdade de Médias entre os grupos para determinar quais variáveis possuem uma capacidade superior de distinguir entre os grupos. Quanto menor for o valor da estatística Lambda de Wilks, maior será a capacidade discriminatória da variável em questão, pois essa estatística varia de 0 a 1. Ademais, o Teste ANOVA é utilizado para validar a estatística Lambda de Wilks e identificar quais variáveis possuem um poder discriminatório significativo, com um nível de significância estabelecido em 0,05 (Maroco; Robalo, 2007).

Após encontrar as funções discriminantes que maximizam a separação entre os grupos, é necessário avaliar se essas funções são estatisticamente significativas. Quanto maior o valor do Lambda de Wilks, mais semelhantes são os grupos e menor é a contribuição das variáveis na discriminação entre eles - assim como o Teste ANOVA, também citado anteriormente (Fávero *et al.*, 2009).

De acordo com Gonçalves, Dias e Muniz (2008), a equação da função discriminante é deste modo expressa:

$$D = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_4X_4 + \dots + \beta_kX_k \quad (4)$$

em que:

D = escore discriminante;

$\beta$  = coeficiente ou o peso discriminante;

$\beta_k$  = coeficiente discriminante para a variável independente;

$X_k$  = variável independente;

O cálculo do valor da função discriminante envolve a multiplicação das variáveis independentes pelos seus respectivos coeficientes na função discriminante, seguido da soma desses produtos. Essa combinação linear das variáveis gera uma pontuação ou valor para cada observação, utilizado para classificar os casos em grupos predefinidos. Durante o processo de análise discriminante, a função discriminante é estabelecida, visando a maximizar a separação entre os grupos com base nas variáveis explicativas. Ao atribuir pesos diferentes às variáveis por meio da multiplicação pelos coeficientes, a função discriminante reflete a importância relativa de cada variável na discriminação entre os grupos (Braga, 2003; Fávero *et al.*, 2009).

A Análise Discriminante oferece duas medidas para avaliar a importância das funções discriminantes. Uma delas é a porcentagem relativa do autovalor associada à função. A soma dos autovalores representa a variância total nas variáveis discriminantes. Como as funções discriminantes são derivadas em ordem de importância, interromp-se o processo quando a porcentagem relativa é considerada muito pequena, embora não haja uma regra fixa para determinar o que é considerado "muito pequeno". Ademais, a correlação canônica associada à função discriminante é considerada uma ajuda adicional na avaliação da importância. Essa correlação mede a associação entre a função discriminante e os grupos da variável dependente. Invertendo essa lógica, interpreta-se o quadrado da correlação canônica como a proporção da variância na função discriminante explicada pelos grupos (Braga, 2003; Hair *et al.*, 2009).

Após a confirmação da significância das funções discriminantes, é possível analisar os coeficientes padronizados de cada variável no modelo. Os coeficientes padronizados indicam a contribuição relativa de cada variável para a separação dos grupos. Quanto maior o valor absoluto do coeficiente, maior é a importância da variável na discriminação. Além disso, a matriz estrutural mostra a relação entre as variáveis originais e as funções discriminantes. Ela dá a entender como as variáveis se combinam para formar as funções discriminantes (Fávero *et al.*, 2009).

Nessa perspectiva, os coeficientes de classificação da função discriminante são usados para determinar a qual grupo pertence um provável caso. Há tantas funções de classificação quanto há grupos. Cada função enseja que se calculem os valores de

classificação para cada caso e cada grupo. Esses valores de classificação indicam a probabilidade de um caso pertencer a cada grupo com base em suas variáveis independentes. Assim, ao examinar esses valores, identifica-se não apenas a classificação final de um caso, mas também se localiza a relação entre suas variáveis e os grupos de maneira mais detalhada (Braga, 2003; Hair *et al.*, 2009).

Para determinar a qual grupo um indivíduo pertence na análise discriminante, é necessário estabelecer um critério de comparação para cada escore discriminante. Esse critério, conhecido como Z crítico ou escore de corte ótimo, é baseado nos tamanhos dos grupos predefinidos e é calculado por meio de uma média ponderada desses grupos. Quando, no entanto, os grupos possuem tamanhos diferentes, a probabilidade de classificação dos indivíduos também varia. Portanto, no cálculo do escore crítico, são consideradas essas variadas probabilidades a fim de obter uma classificação precisa (Hair *et al.*, 2009). Está exposto na equação a seguir:

$$Z_{CS} = \frac{N_A Z_B + N_B Z_A}{N_A + N_B} \quad (5)$$

em que:

$Z_{CS}$  = escore de corte ótimo entre os grupos A e B;

$N_A$  = número de indivíduos do grupo A;

$Z_A$  = centroide do grupo A;

$N_B$  = número de indivíduos do grupo B;

$Z_B$  = centroide do grupo B.

A classificação de um elemento em um grupo é determinada pelo seu escore Z na função discriminante. Se o escore Z for maior do que um valor de referência, o elemento é classificado no Grupo 1. Caso contrário, sua taxionomia fica no Grupo 2. Quando há mais de dois grupos, são definidas zonas de fronteira exclusivas para cada par de grupos, delimitando regiões específicas para a classificação dos elementos. A análise realizada privilegia quatro grupos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seção de resultados e discussões contém uma análise detalhada dos dados coletados durante a pesquisa, apresentando as principais descobertas e interpretações.

### 4.1 Identificação e análise dos fatores determinantes do desmatamento

Com a implementação da Análise Fatorial (AF), foram identificados fatores correlacionados ao desmatamento. A análise diz respeito à média de dois períodos - 2015-2016-2017 e 2019-2020-2021 - proporcionando uma compreensão abrangente das tendências no curso desses anos. Inicialmente, a análise cobriu 22 variáveis, alinhadas com as recomendações da literatura. No decurso da análise fatorial, contudo, foi necessário excluir algumas variáveis para aprimorar a identificação dos fatores mais relevantes.

As variáveis **Valor da Produção da Extração Vegetal, Produção de Lenha, Produção de Carvão Vegetal, Valor da Produção de Madeira em Tora, Valor da Produção de Lenha e Produção da Extração Vegetal** foram excluídas da análise em razão do excesso de ausência de valores. De outra vertente, as variáveis **Área de não Floresta, População, Hidrografia e Valor de Comercialização em Pecuária** exibiram comunalidades baixas, pois, de acordo com Hair *et al.* (2009), um nível mínimo de 0,50 deve ser observado para que essas variáveis permaneçam na análise. Assim, também, estas sobraram excluídas.

Após os ajustes no modelo, a Análise Fatorial (AF) foi conduzida utilizando 12 variáveis associadas ao desmatamento (**X1 – Área Plantada, X2 – Área Colhida, X3 – Valor da Produção, X4 – Valor de Custeio Agrícola, X5 – Valor de Investimento Agrícola, X6 – Valor de Comercialização Agrícola, X7 – Efetivo Bovino, X8 – Valor de Custeio em Pecuária, X9 – Valor de Investimento em Pecuária, X10 – Área Municipal, X11 – Desmatamento, X12 – Área de Floresta**). É relevante evidenciar que, embora a Amazônia Legal abranja 772 municípios, a análise concentrou-se em apenas 719 (setecentos e dezenove). Essa exclusão foi uma medida necessária para manter a integridade da análise, considerando a carência significativa de dados nessas variáveis específicas. Essa abordagem visa a garantir que a análise seja robusta e confiável, mesmo ante as limitações da disponibilidade de dados em alguns municípios da Região Amazônica.

Inicialmente, realizou-se uma análise da viabilidade dos dados para a técnica de Análise Fatorial (AF). A análise da normalidade das variáveis foi conduzida utilizando testes de hipóteses específicos, sendo os mais comumente adotados o Teste de Kolmogorov-Smirnov e o Teste Shapiro-Wilks. Todas as provas efetuadas indicaram significância estatística, confirmando que as variáveis examinadas não seguem uma distribuição normal. Em complementação, o Coeficiente Alfa de Cronbach foi empregado para avaliar a consistência das múltiplas medidas da variável, indicando o grau de confiabilidade e a ausência de erros aleatórios. Conforme sugerido por parte de Hair *et al.*, (2009), um nível mínimo de confiabilidade de 0,6 ou 0,7 é considerado adequado para garantir a consistência interna das medidas. Ao se contabilizar a densidade da base de dados, o resultado encontrado (Alfa de Cronbach igual a 0,588 e 0,682) para ambos os períodos analisados atesta a confiabilidade da escala utilizada.

Os resultados do Teste de Esfericidade de Bartlett revelaram valores significativos de 18.434,581 para o período 2015-2016-2017 e 20.677,980 para 2019-2020-2021, ambos a um nível de significância de 1%. Esses resultados levaram à rejeição da hipótese nula, indicando que a matriz de correlações não é uma matriz-identidade. Essa constatação fortalece a base para a extração de fatores desde as variáveis selecionadas, dada a confirmação de que as correlações entre os pares de variáveis são estatisticamente distintas de zero.

Os resultados obtidos do teste KMO, com valores de 0,824 para o período 2015-2016-2017 e 0,819 para 2019-2020-2021, sugerem que os dados são bastante adequados para a aplicação da Análise Fatorial. Em termos práticos, segundo Fávero *et al.*, (2009) e Hair *et al.*, (2009), o valor do KMO varia de 0 a 1, sendo que valores mais próximos de 1 indicam uma adequação mais robusta dos dados para a análise fatorial. No contexto ora experimentado, os resultados superiores a 0,8 refletem adequação elevada dos dados, sugerindo que a estrutura subjacente das variáveis é suficientemente rica para que suceda a extração de fatores significativos nos dois períodos analisados. Portanto, com base nos valores do KMO, infere-se que os dados possuem uma variabilidade substancial e são apropriados para uma análise fatorial mais aprofundada nos períodos mencionados.

A avaliação da matriz “anti-imagem” revelou que os valores de MSA foram superiores a 0,50 em todas as variáveis, o que indica uma consistência satisfatória para dar continuidade à análise. Ao comparar a matriz de correlação observada com a matriz dos resíduos (estimada), identificou-se que os resíduos expressaram valores inferiores a 0,05 em

84% dos dados observados. Esse resultado sugere um ajuste eficaz dos dados ao modelo, indicando que a análise está conforme as relações esperadas entre as variáveis.

Bem como proposto por Mingoti (2005), o estudo realizado denotou resultados bem satisfatórios quanto à viabilidade dos dados. Assim ocorreu com o ensaio desenvolvido por Campos, Faria e Lírio (2022), onde o Teste de Esfericidade de Bartlett foi significativo. A comunalidade das variáveis foi alta, com 16 das 24 variáveis exprimindo valores acima de 0,80. O critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) teve um valor de 0,84, indicando que a análise fatorial é apropriada para os dados, pois a maioria da variância é explicada pelas próprias variáveis.

Para aprimorar a interpretação dos fatores resultantes da Análise Fatorial (AF), optou-se por aplicar a Rotação Varimax, uma técnica ortogonal que visa a redistribuir as cargas fatoriais para maximizar a variância compartilhada. Após essa rotação, a análise revelou três fatores, cujas raízes características superaram 1 (um), representando coletivamente 86,064% para o período 2015-2016-2017 e 87,843% para 2019-2020-2021 da variação total das variáveis originais. Essa abordagem visa a simplificar a interpretação dos fatores e das variáveis associadas, proporcionando uma visão mais clara e concisa das relações subjacentes no conjunto de dados analisado. Visualize-se a Tabela 1.

Tabela 1 - Raiz característica da matriz de correlações simples e percentual de variância explicado por fator

<b>Média do período 2015-2016-2017</b>			
<b>Fatores</b>	<b>Raiz Característica</b>	<b>Variância Explicada (%)</b>	<b>Variância acumulada (%)</b>
1	5,492	45,765	45,765
2	2,544	21,198	66,962
3	2,292	19,101	86,064
<b>Média do período 2019-2020-2021</b>			
<b>Fatores</b>	<b>Raiz Característica</b>	<b>Variância Explicada (%)</b>	<b>Variância acumulada (%)</b>
1	5,417	45,142	45,142
2	2,686	22,383	67,525
3	2,438	20,318	87,843

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Conforme expresso na Tabela 1, para o período 2015-2016-2017, o principal fator abrange 45,765% da variação total nos dados, assumindo destaque na explicação das relações subjacentes. Logo em seguida, o segundo fator, que representa 21,198% da variação

dos dados, contribui significativamente para a compreensão das nuances que há no conjunto. Complementando, o terceiro fator, responsável por explicar 19,101% da variação total, tem grande relevo na representação das complexidades observadas.

Expressando valores bem próximos ao anterior, o principal fator do período 2019-2020-2021 representa 45,142% da variação total nos dados. Em seguida, o segundo perfaz 22,383% da variação dos dados, ao passo que o terceiro fator responde pela explicação de 20,318%. Os dois períodos denotaram resultados bem próximos quanto à relevância de explicação de cada fator. De efeito, esses três fatores, avaliados pelo critério percentual de variância, emergem como elementos representativos, delineando eficazmente a diversidade e a contribuição relativa de cada fator para a variabilidade total do conjunto de dados analisado.

A Tabela 2 mostra as cargas fatoriais e as comunalidades para os três fatores identificados. As cargas fatoriais indicam a força e direcionamento da relação entre cada variável e os fatores extraídos. Isto porque os valores absolutos verificados das cargas fatoriais maiores do que 0,50 sugerem que cada variável está moderadamente associada aos fatores, contribuindo, significativamente, para a explicação da variabilidade observada. As comunalidades representam a proporção da variância total de cada variável explicada pelos fatores extraídos. Os valores absolutos verificados maiores do que 0,50 evidenciam que pelo menos metade da variabilidade de cada variável é compartilhada com os fatores identificados.

Como esperado, as cargas fatoriais destacadas denotam correlações significativas entre as variáveis e os fatores identificados na análise. De tal jeito, torna-se evidente que o primeiro fator assume lugar preponderante, explicando a maior parcela da variância observada e as demais variáveis no segundo e terceiro fatores, respectivamente. Este padrão reflete uma distribuição discernível da influência dos fatores sobre as variáveis, fornecendo uma perspectiva clara sobre como cada fator contribui para a variabilidade total no conjunto de indicadores sob exame.

Tabela 2 - Cargas fatoriais após rotação ortogonal e comunalidades

(continua)

<b>Média do Período 2015-2016-2017</b>				
<b>Variáveis</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>Comunalidades</b>
X <sub>1</sub> – Area Plantada	<b>0,987</b>	0,075	0,011	0,979
X <sub>2</sub> – Area Colhida	<b>0,987</b>	0,075	0,011	0,979
X <sub>3</sub> – Valor da Produção	<b>0,957</b>	0,075	0,034	0,923

Tabela 2 - Cargas fatoriais após rotação ortogonal e comunalidades (conclusão)

<b>Média do Período 2015-2016-2017</b>				
<b>Variáveis</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>Comunalidades</b>
X <sub>4</sub> – Valor de Custeio Agrícola	<b>0,958</b>	0,058	-0,006	0,922
X <sub>5</sub> – Valor de Investimento Agrícola	<b>0,968</b>	0,110	-0,010	0,949
X <sub>6</sub> – Valor de Comercialização Agrícola	<b>0,831</b>	0,046	-0,017	0,693
X <sub>7</sub> – Efetivo Bovino	-0,031	<b>0,901</b>	0,212	0,859
X <sub>8</sub> – Valor de Custeio em Pecuária	0,282	<b>0,778</b>	-0,076	0,690
X <sub>9</sub> – Valor de Investimento em Pecuária	0,045	<b>0,923</b>	0,009	0,854
X <sub>10</sub> – Área Municipal	0,025	0,044	<b>0,976</b>	0,956
X <sub>11</sub> – Desmatamento	0,011	0,487	<b>0,578</b>	0,571
X <sub>12</sub> – Área de Floresta	-0,015	-0,028	<b>0,976</b>	0,954
<b>Média do Período 2019-2020-2021</b>				
<b>Variáveis</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>Comunalidades</b>
X <sub>1</sub> – Área Plantada	<b>0,984</b>	0,065	0,009	0,973
X <sub>2</sub> – Área Colhida	<b>0,984</b>	0,065	0,009	0,973
X <sub>3</sub> – Valor da Produção	<b>0,964</b>	0,050	0,022	0,932
X <sub>4</sub> – Valor de Custeio Agrícola	<b>0,960</b>	0,080	-0,009	0,929
X <sub>5</sub> – Valor de Investimento Agrícola	<b>0,960</b>	0,126	-0,011	0,937
X <sub>6</sub> – Valor de Comercialização Agrícola	<b>0,817</b>	0,014	-0,022	0,669
X <sub>7</sub> – Efetivo Bovino	0,005	<b>0,907</b>	0,253	0,887
X <sub>8</sub> – Valor de Custeio em Pecuária	0,183	<b>0,897</b>	-0,028	0,839
X <sub>9</sub> – Valor de Investimento em Pecuária	0,060	<b>0,942</b>	0,043	0,892
X <sub>10</sub> – Área Municipal	0,028	0,034	<b>0,971</b>	0,945
X <sub>11</sub> – Desmatamento	-0,019	0,367	<b>0,699</b>	0,623
X <sub>12</sub> – Área de Floresta	-0,014	-0,046	<b>0,969</b>	0,941

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Conforme expresso na Tabela 2, as variáveis estudadas se mantiveram nos mesmos fatores em ambos os períodos analisados. O Fator 1 manifesta uma correlação positiva e robusta com diversas variáveis, incluindo Área Plantada (X1), Área Colhida (X2), Valor da Produção (X3), Custeio Agrícola (X4), Investimento Agrícola (X5) e Comercialização Agrícola (X6). Com precisão, essas variáveis estão relacionadas a Área Plantada, Área Colhida e Valor da Produção das lavouras temporárias e permanentes e do valor dos contratos válidos de Custeio, investimento e comercialização. Essas conexões indicam intensa associação com as atividades agrícolas, sugerindo que o Fator 1 desempenha um papel decisivo, na qualidade de principal responsável nos padrões de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal Brasileira.

O Fator 2 exibe uma correlação positiva com três variáveis específicas: Efetivo Bovino (X7), Valor de Custeio em Pecuária (X8) e Valor de Investimento em Pecuária (X9). Essas relações indicam uma intensa associação do Fator 2 com elementos essenciais no âmbito pecuário, sugerindo que este fator tem função significativa nos aspectos relacionados ao efetivo bovino, custeio e investimento na pecuária. Essa correlação direta destaca a importância do Fator 2 na compreensão das dinâmicas pecuárias capazes de influenciar os padrões observados nos dados estudados.

O Fator 3 exprime correlação positiva com três variáveis específicas: Área Municipal (X10), Desmatamento (X11) e Área de Floresta (X12). Essas associações sugerem que o Fator 3 está diretamente ligado a características territoriais, como a extensão municipal, o desmatamento observado e a cobertura de áreas florestais. Essa relação positiva destaca a influência do Fator 3 na compreensão das dinâmicas geográficas relacionadas aos municípios analisados, indicando seu papel na exploração das relações entre a área municipal, o desmatamento e a preservação de áreas florestais.

Com base nas 12 variáveis consideradas no estudo, por meio da Análise de Componentes Principais, estas foram reduzidas a três fatores: Fator Agrícola (1), Fator Pecuária (2) e Fator Territorial (3); identificou-se que o Fator Agrícola (1) e o Fator Pecuária (2) emergiram como os principais impulsionadores do desmatamento na Amazônia Legal. Estes fatores demonstraram uma correlação significativa com a conversão de ecossistemas na região, indicando que as atividades agrícolas e pecuárias desempenham papéis preponderantes nos padrões de desmatamento observados.

Nessa mesma realidade, Chaves, Pena e Fonseca (2015) desenvolveram um modelo econométrico que destacou a agricultura tradicional, o agronegócio e a agropecuária como principais impulsionadores do desmatamento. Os resultados indicaram que, sem mudanças nos fatores econômicos, o desmatamento total seria significativo, com o agronegócio liderando essa tendência, especialmente em decorrência do aumento da produção de soja e da extração de madeira. O estudo alerta para os impactos negativos dessas atividades no ecossistema e enfatiza a necessidade urgente de intervenções governamentais para conter o ritmo acelerado do desmatamento, considerando que grande parte da floresta remanescente está em risco.

Após identificar o ajustamento das variáveis e identificação dos fatores determinantes, foram gerados os escores fatoriais que representam as contribuições relativas de cada variável para os fatores extraídos. Esses escores fatoriais são de relevância para a

elaboração do índice e agrupamento destes municípios. A Tabela 3 mostra a relação entre número e proporção dos municípios quanto à média dos escores fatoriais.

Tabela 3 - Número e proporção de municípios em relação à média dos escores fatoriais

<b>Média do Período 2015-2016-2017</b>			
<b>Municípios (quant./prop.)</b>	<b>Fator 1</b>	<b>Fator 2</b>	<b>Fator 3</b>
↑ (quantidade)	115	230	166
↑ (proporção)	15,99%	31,99%	23,09%
↓ (quantidade)	604	489	553
↓ (proporção)	84,01%	68,01%	76,91%
<b>Média do Período 2019-2020-2021</b>			
<b>Municípios (quant./prop.)</b>	<b>Fator 1</b>	<b>Fator 2</b>	<b>Fator 3</b>
↑ (quantidade)	127	235	166
↑ (proporção)	17,66%	32,68%	23,09%
↓ (quantidade)	592	484	553
↓ (proporção)	82,34%	67,32%	76,91%

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Quanto aos escores fatoriais referentes ao período 2015-2016-2017- concernente ao Fator 1, dos 719 municípios - 115 exprimiram valores acima da média e 604 abaixo da média, ou seja, 15,99% dos municípios denotam maior influência do Fator Agrícola em relação à amostra. O maior escore encontrado foi no Município de Sorriso (MT) (12,53313) e o menor em São Félix do Xingu (PA), com -0,88708. No contexto do Fator 2, comprovou-se que 230 municípios exibiram escores superiores à média, enquanto 489 municípios registraram escores abaixo. Isso mostra que 31,99% dos municípios associados ao Fator Pecuário expressaram escores acima da média da amostra. O maior escore encontrado foi no Município de Porto Velho (RO) (6,61732) e o menor em Barcelos (AM), com -1,88431. De semelhante modo, no Fator 3, 166 municípios mostraram escores superiores à média, enquanto 553 ficaram abaixo da média. Com efeito, é nítido o fato de que 23,09% dos municípios associados ao Fator Geográfico relataram escores acima da média da amostra. O maior escore encontrado foi em Altamira (PA) (11,82005) e o menor em Lucas do Rio Verde (MT) com -1,52781.

Em relação aos escores fatoriais do período 2019-2020-2021, observa-se que, para o Fator 1, dos 719 municípios analisados, 127 expressaram escores acima da média, enquanto 592 obtiveram escores abaixo. Isso significa que 17,66% dos municípios associados ao Fator Agrícola exibiram escores superiores à média da amostra. Destaca-se que o Município de Sorriso (MT) obteve o maior escore, alcançando 12,17255, enquanto São Félix do Xingu (PA) registrou o menor escore, atingindo -0,65256.

No contexto do Fator 2, verifica-se que 235 municípios apontaram escores superiores à média, enquanto 484 municípios obtiveram escores abaixo da média. Esses resultados indicam que 32,68% dos municípios associados ao Fator Pecuário registraram escores acima da média da amostra. O Município de Porto Velho (RO) teve o maior escore, atingindo 7,18624, enquanto Barcelos (AM) obteve o menor, com -1,94381. De igual jeito, para o Fator 3, 166 municípios tiveram escores superiores à média, enquanto 553 ficaram abaixo. Isso evidencia que 23,09% dos municípios associados ao Fator Geográfico obtiveram escores acima da média da amostra. O maior escore foi encontrado em Altamira (PA), alcançando 12,51444, enquanto Vila Bela da Santíssima Trindade (MT) registrou o menor escore, com -0,83836. Esses resultados refletem as dinâmicas em curso nos municípios em relação aos fatores analisados.

Ao analisar os fatores determinantes do desmatamento na Amazônia Legal nos períodos de 2015-2016-2017 e 2019-2020-2021, foram revelados padrões e tendências significativas. Nos dois períodos estudados, os fatores Agrícola (F1), Pecuária (F2) e Territorial (F3) emergiram como os principais impulsionadores do desmatamento, demonstrando uma correlação significativa com as atividades de conversão de ecossistemas na região.

A análise comparativa dos dois períodos revelou que mais de 15,99% dos municípios estudados relataram escores abaixo da média para o Fator Agrícola no primeiro período, enquanto no segundo período esse percentual aumentou para 17,66%. De outra vertente, os resultados do Fator 2, relacionado ao Fator Pecuária, mostram um aumento na proporção de municípios com escores acima da média, passando de 31,99% para 32,68%. Essa variação indica um aumento da influência da pecuária no desmatamento e na redistribuição das atividades pecuárias à proporção do tempo. Os municípios que exprimiram escores fatoriais acima da média para o Fator 1 demonstraram propensão significativamente maior ao desmatamento, no entanto, em contrapartida, aqueles com escores abaixo da média

indicaram uma influência menor nesse processo. Essa diferenciação liberou a identificação dos municípios com maior predisposição ao desmatamento em ambos os períodos.

Em tais circunstâncias, os trabalhos a seguir evidenciam os fatores direcionados à agricultura e à pecuária como elementos-chave na compreensão do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira.

O experimento de Padrão, Lírio e Lima (2016) sobre os principais determinantes do desmatamento no Estado do Acre revelaram que o Fator 1 está intensivamente correlacionado aos indicadores DEVANI e DEMORU, que se referem à Degradação decorrente da Produção Animal e Degradação derivada da Mão-de-Obra Rural, respectivamente. Essa associação sugere que as atividades relacionadas à produção animal e à mão de obra rural exercem uma influência significativa na degradação ambiental, como indicado pela substancial correlação com o Fator 1.

Os resultados do estudo de Campos, Faria e Lírio (2022), que se concentrou na tipologia dos municípios da Amazônia Legal, revelaram uma estrutura de seis fatores adequados para a análise - assim como ocorre com o estudo em questão. O primeiro fator, denominado "Desmatamento e Condicionantes", está diretamente ligado ao desmatamento e seus determinantes tradicionais, tais como a área destinada a estabelecimentos agrícolas, a extensão das pastagens e a criação de gado. Destacam a importância desses fatores na compreensão dos padrões de desmatamento na Região Amazônica.

#### **4.2 Índice de Propensão ao Desmatamento e agrupamento dos municípios com características semelhantes**

Utilizando os escores fatoriais gerados para o Fator Agrícola (F1), Fator Pecuária (F2) e Fator Territorial (F3), realizou-se o cálculo de um índice, com o propósito de mensurar a tendência ao desmatamento dos municípios da Amazônia Legal Brasileira (ALB). Este índice representa a predisposição ao desmatamento de cada município, considerando a influência dos três fatores mencionados. Isto é observável na Tabela 4.

Ao se examinar os dados da Tabela 4, comprova-se uma variação nos Índices de Propensão ao Desmatamento Transformado (IPDT) entre os dois períodos estudados. Na fase de 2015-2016-2017, o IPDT registrou uma média de 5,73, enquanto no tempo subsequente, de 2019-2020-2021, esse valor aumentou para 6,31. O aumento no Índice de Propensão ao Desmatamento Transformado (IPDT) no segundo período, conforme o Imazon

(2022), apenas confirma a persistência das altas taxas de desmatamento enfrentadas pela Amazônia Legal nos últimos cinco anos. Essa tendência reflete a continuidade dos desafios ambientais e sociais associados à exploração não sustentável dos recursos naturais na região.

Levando em conta o fato de que, quanto maior o IPDT, mais propenso ao desmatamento estará determinado município, esta elevação indica um potencial crescimento das atividades de desmatamento *pro rata temporis*. Importante é ressaltar, no entanto, que, malgrado essa elevação, o IPDT médio permanece relativamente baixo, refletindo uma propensão moderada ao desmatamento nos municípios analisados, considerando-se que as principais áreas desmatadas se concentram em uma pequena parcela do total de municípios. Desse modo, Sorriso, situado no Mato Grosso, emergiu como o município com maior propensão ao desmatamento, enquanto Ananindeua e Colares, no Estado do Pará, foram identificados como os menos propensos.

No contexto do período 2015-2016-2017, analisando a situação em escala estadual, é evidente que o Estado de Mato Grosso se destaca com o maior IPD médio, sendo Sorriso o município com a maior propensão ao desmatamento, enquanto São Pedro da Cipa, em Mato Grosso, registra o menor valor médio nesse índice. Em contrapartida, o Estado do Amapá exprime o menor IPD médio, com Laranjal do Jari e Cutias como os municípios com os maiores e menores índices de propensão, respectivamente.

No segundo período analisado, 2019-2020-2021, é interessante notar que os estados com as maiores e menores médias de índice de propensão ao desmatamento (IPD) mantiveram suas posições. Mato Grosso continuou a se destacar como a UF com o maior IPD médio, mantendo Sorriso como o município com a maior propensão ao desmatamento, enquanto Ponte Branca indicou o menor valor médio. De igual maneira, o Amapá conservou sua posição como a UF com o menor IPD médio, com Laranjal do Jari e Cutias mantendo-se como os municípios com os maiores e menores índices de propensão, respectivamente.



Com base nos dados do índice de propensão ao desmatamento (IPD), foi realizada uma classificação dos municípios em relação à sua suscetibilidade ao desmatamento. Esse processo de classificação agrupou os municípios em distintas categorias (Muito alta, Alta, Média e Baixa), proporcionando uma análise mais próxima da precisão dos padrões e tendências de desmatamento em toda a região estudada, conforme está na Tabela 5.

Ao se examinar o Índice de Propensão ao Desmatamento (IPD) por grupos de municípios com características semelhantes, observa-se na Tabela 5, para o período 2015-2015-2017, a representação dos municípios classificados com um nível de propensão ao desmatamento considerado "Muito Alta". Nesse grupo, composto por 67 municípios, o índice médio transformado foi calculado como sendo 27,68, onde se confirmaram os Municípios de Sorriso, Campo Novo do Parecis e Nova Mutum, pertencentes ao Estado do Mato Grosso como os mais propensos ao desmatamento. De modo geral, o Estado do Mato Grosso é o que exprime a maior quantidade de municípios nesse grupo. Quanto à classificação do índice considerado de "Alta" propensão, 41 municípios foram categorizados nessa classe. O índice médio transformado para esse grupo foi calculado em 12,20.

O índice que representa os municípios com uma propensão considerada "Média" ao desmatamento denotou um valor médio de 4,08. Nessa categoria, permaneceram 406 municípios. Esses dados indicam uma situação moderada em relação à suscetibilidade ao desmatamento nessas áreas. Duzentos e cinco (205) municípios foram classificados como de "Baixa" propensão ao desmatamento, com um índice médio de 0,53. Essa taxionomia demonstra que esses municípios têm menor tendência ou risco de experimentar processos de desmatamento significativos.

No que diz respeito à análise do Índice de Propensão ao Desmatamento (IPD) entre grupos de municípios com características semelhantes durante o período de 2019-2020-2021, a Tabela 5 revela que, no grupo considerado com "Muito Alta", composto por 68 municípios, o IPD médio alcançou 29,81. Permanecem os Municípios de Sorriso, Campo Novo do Parecis e Nova Mutum, no Estado do Mato Grosso, como os mais propensos ao desmatamento, evidenciando a predominância dessa situação nessa Unidade Federativa Estadual.

Trinta e nove municípios foram classificados com um índice de "Alta" propensão, exprimindo um IPD médio de 13,24. Em contrapartida, 368 municípios mantiveram uma propensão "Média" ao desmatamento, com um índice médio de 4,08, sugerindo uma situação moderada nesse aspecto. Duzentos e quarenta e quatro (244) municípios foram identificados

como tendo uma propensão "Baixa", indicando, assim, menor tendência para processos significativos de desmatamento.

Tabela 5 - Classificação do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira, segundo Índice de Propensão ao Desmatamento (IPD)

<b>Média do período 2015-2016-2017</b>					
Classificação	IPD	Média	IPDT	Média	Nº de municípios
Muito Alta	0,62 a 6,44	1,50	14,9133 a 100	27,68	67
Alta	0,31 a 0,59	0,44	10,3271 a 14,4410	12,20	41
Média	(-0,31 a 0,29)	-0,11	1,158 a 10,052	4,08	406
Baixa	(-0,39 a -0,31)	-0,35	0 a 1,149	0,53	205
<b>Média do período 2019-2020-2021</b>					
Classificação	IPD	Média	IPDT	Média	Nº de municípios
Muito Alta	0,62 a 6,00	1,50	16,04 a 100	29,81	68
Alta	0,32 a 0,61	0,44	11,33 a 15,86	13,24	39
Média	(-0,30 a 0,30)	-0,08	1,499 a 11,13	4,95	368
Baixa	(-0,40 a -0,30)	-0,35	0 a 1,496	0,7	244

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

As análises do Índice de Propensão ao Desmatamento (IPD) revelaram padrões consistentes no decurso dos períodos estudados. De 2015 a 2017, observou-se que o desmatamento era mais prevalente em municípios classificados como "Muito Alta", com um IPD médio de 27,68. Mato Grosso destacou-se como o Estado mais propenso ao desmatamento, abrigando a maioria dos municípios nessa categoria. Em contrapartida, no período 2019-2021, embora a situação geral tenha se mantido, houve um aumento no IPD médio para os municípios classificados como "Muito Alta", atingindo 29,81. Este resultado sugere uma continuidade na predominância do desmatamento em certas áreas, com destaque, novamente, para municípios de Mato Grosso. *In alia manu*, houve ligeiro declínio no número de municípios classificados como "Alta", enquanto aqueles com propensão "Média" permaneceram relativamente constantes. A persistência de uma grande proporção de municípios com propensão "Baixa" ao desmatamento indigita a eficácia das medidas de conservação que vêm sendo adotadas.

A tabela 6, a seguir, contém a composição dos grupos de municípios com características semelhantes, por estado. Nela, fica evidente que, em ambos os períodos analisados, os Estados do Mato Grosso e do Pará são os que concentram a maior quantidade de municípios com "Muito Alta" e "Alta" propensão ao desmatamento.

Tabela 6 - Composição dos grupos de municípios com características semelhantes, por Estado

Grupo		Média do período 2015-2016-2017				Média do período 2019-2020-2021			
		Muito Alto	Alto	Médio	Baixo	Muito Alto	Alto	Médio	Baixo
<b>AMLB</b>	Total	67	41	406	205	68	39	368	244
<b>AC</b>	Total	0	0	20	2	0	0	19	3
	%	0,00	0,00	2,78	0,28	0,00	0,00	2,64	0,42
<b>AM</b>	Total	5	6	39	11	5	5	33	18
	%	0,70	0,83	5,42	1,53	0,70	0,70	4,59	2,50
<b>AP</b>	Total	0	0	8	8	0	0	5	11
	%	0,00	0,00	1,11	1,11	0,00	0,00	0,70	1,53
<b>MA</b>	Total	2	2	50	89	2	3	48	90
	%	0,28	0,28	6,95	12,38	0,28	0,42	6,68	12,52
<b>MT</b>	Total	46	16	74	5	45	16	69	11
	%	6,40	2,23	10,29	0,70	6,26	2,23	9,60	1,53
<b>PA</b>	Total	10	5	78	48	11	5	67	58
	%	1,39	0,70	10,85	6,68	1,53	0,70	9,32	8,07
<b>RO</b>	Total	2	7	43	0	3	7	41	1
	%	0,28	0,97	5,98	0,00	0,42	0,97	5,70	0,14
<b>RR</b>	Total	0	0	12	3	0	0	11	4
	%	0,00	0,00	1,67	0,42	0,00	0,00	1,53	0,56
<b>TO</b>	Total	2	5	82	39	2	3	75	48
	%	0,28	0,70	11,40	5,42	0,28	0,42	10,43	6,68

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Com vistas a compreender as contribuições que as variáveis exibem para as mudanças nas dinâmicas regionais, econômicas e nas características dos municípios, foram traçados os perfis de cada um dos quatro grupos gerados com base nos valores mínimos, médios e máximos de cada variável nos agrupamentos, por município, oferecendo resultados valiosos sobre as tendências e padrões observados durante os períodos analisados, conforme é dado se observar nas Tabelas 7 e 8. Esse perfil conduz a se compreender quais variáveis se destacaram e contribuíram para a formação dos grupos.

Conforme as mencionadas ilustrações, foi de grande relevância notar que, em sua maioria, as variáveis exprimiram valores máximos e médios mais elevados nos municípios com classificação de "Muito Alta" propensão ao desmatamento, diminuindo progressivamente nos demais grupos. Essa observação indica uma associação substancial entre a intensidade das atividades agropecuárias e o grau de impacto ambiental.

Tabela 7 - Tipificação de grupos de municípios, quanto às variáveis utilizadas na análise fatorial para a Amazônia Legal Brasileira para o período 2015-2017

Média do período 2015-2016-2017					
Variáveis	Estatística	Índice de Propensão ao Desmatamento			
		Muito Alta	Alta	Média	Baixa
Area Plantada (hectares)	Valor Máximo	1.131.739,33	171.391,00	122.031,67	8.993,33
	Média	193.037,62	47.125,02	11.430,84	1.904,24
	Valor Mínimo	323,00	698,00	46,67	26,67
Area Colhida (hectares)	Valor Máximo	1.126.892,67	171.224,33	122.031,67	8.971,67
	Média	191.634,72	46.855,72	11.342,57	1.891,68
	Valor Mínimo	322,67	662,33	46,67	26,67
Valor de Produção (R\$)	Valor Máximo	4.289.163,73	905.307,66	1.509.212,61	141.824,24
	Média	767.997,29	223.870,43	69.170,50	11.690,38
	Valor Mínimo	1.762,64	8.728,01	253,60	105,23
Valor de Custeio Agrícola (R\$)	Valor Máximo	572.441.447,25	63.687.570,28	59.820.368,16	4.064.635,64
	Média	83.544.974,25	17.833.524,89	4.095.742,82	270.647,44
	Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor de Investimento Agrícola (R\$)	Valor Máximo	200.691.711,89	27.223.495,88	21.067.500,66	3.757.878,67
	Média	30.229.377,77	7.666.470,55	1.894.679,24	263.278,31
	Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor de Comercialização Agrícola (R\$)	Valor Máximo	79.742.878,60	23.460.168,33	25.591.377,04	5.890.761,66
	Média	13.203.890,62	1.716.683,46	441.671,08	51.915,07
	Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Efetivo Bovino (nº de cabeças)	Valor Máximo	2.221.261,00	643.122,33	618.440,67	153.608,00
	Média	338.655,04	240.993,88	113.182,01	18.574,24
	Valor Mínimo	36,67	107,67	291,00	20,33
Valor de Custeio em Pecuária (R\$)	Valor Máximo	154.931.895,52	42.605.672,80	31.816.683,42	4.599.171,02
	Média	22.488.741,69	12.602.138,10	5.008.868,45	551.575,00
	Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor de Investimento em Pecuária (R\$)	Valor Máximo	96.355.512,75	50.384.549,36	58.436.488,75	5.297.898,99
	Média	18.063.660,64	16.190.799,64	7.049.450,16	1.078.382,59
	Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Área Municipal (R\$)	Valor Máximo	159.482,00	76.400,00	55.750,00	8.551,00
	Média	22.825,31	18.620,44	5.991,57	1.179,35
	Valor Mínimo	409,00	1.436,00	234,00	69,00
Desmatamento (km²)	Valor Máximo	313,70	151,90	93,00	13,17
	Média	54,38	38,29	14,59	1,68
	Valor Mínimo	0,00	0,57	0,00	0,00
Área de Floresta (km²)	Valor Máximo	145.511,17	75.786,57	54.216,47	5.196,30
	Média	17.297,31	15.339,30	4.258,36	520,35
	Valor Mínimo	23,40	264,03	1,10	0,90

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Quanto ao período 2015-2016-2017, dentre os municípios classificados com “Muito alta” propensão ao desmatamento, estão as variáveis Área Plantada, Área Colhida, Valor da Produção das lavouras temporárias e permanentes, do valor dos contratos válidos de Custeio, investimento e comercialização como as principais para tal classificação. O aumento da Área Plantada na Amazônia Legal está intimamente relacionado com diversos fatores, incluindo o desenvolvimento da agricultura comercial e a demanda por outras fronteiras agrícolas (Flexor; Leite, 2017).

A produção agrícola em larga escala demanda uma série de dimensões e recursos significativos para ser efetivamente implementada. Essa modalidade de agricultura requer extensas áreas de terra para a plantação de culturas, bem como investimentos substanciais em maquinário agrícola, infraestrutura de irrigação e sistemas de armazenamento. Santos, Silva e Santana (2022) compreendem que os grandes produtores, historicamente, são os responsáveis por desmatamentos em maior escala na região. Assim, Mato Grosso destaca-se como um dos principais estados na produção agrícola da Região Amazônica, com ênfase na colheita de soja, milho, algodão e gado. O Pará, embora seja reconhecido por sua economia baseada em mineração e produção de madeira, também possui significativo aporte agrícola, incluindo cacau, dendê, soja, milho e arroz. Já em Rondônia, a economia agrícola é diversificada, destacando-se na produção de café, cacau, milho, soja, feijão e carne bovina. Tocantins, apesar de ser UF mais recente, emerge feito um importante produtor de *commodities* agrícolas, como soja, milho, arroz, feijão e gado. Esses estados são fundamentais na agricultura da Região Amazônica, contribuindo significativamente para o aporte nacional de alimentos e recursos agrícolas.

Nessa perspectiva, Santos (2019) acentua que o crédito rural é considerado um meio essencial da política de modernização da agricultura brasileira, que o adotou por meio da concessão de subsídios na taxa de juros para incentivar o uso de insumos industriais no setor agrícola. O crédito rural é insubstituível, pois fornece acesso a recursos financeiros para os agricultores, dando-lhes o ensejo de investir em tecnologia, maquinário e insumos, promovendo, com efeito, a modernização e o aumento da produtividade rural.

Em síntese, quanto maiores os incentivos direcionados ao setor agrícola em um município, maior será a propensão desse ao desmatamento. Isso ocorre pela relação direta entre o aumento da atividade agrícola e a necessidade de expansão das áreas cultivadas, muitas vezes resultando na supressão de terrenos de vegetação nativa.

As variáveis, Efetivo bovino, expresso em número de cabeças, Valor de Custeio em

Pecuária e Valor de Investimento em Pecuária, também, são bastante expressivas nos municípios pertencentes a esse grupo, ressaltando, também, a importância do Fator Pecuária como um impulsionador do desmatamento na região.

São Félix do Xingu, no Pará, e Cáceres, em Mato Grosso, são reconhecidos como importantes produtores de gado bovino. São Félix do Xingu destaca-se como o maior município em extensão territorial do País, contribuindo para a liderança do Pará na produção pecuária. Cáceres, situado no sudoeste de Mato Grosso, é uma região historicamente ligada à pecuária, com grandes fazendas de criação de gado. Outros municípios, como Marabá (PA) e Vila Bela da Santíssima Trindade (MT), também, são relevantes na produção bovina, consolidando o Pará e Mato Grosso como importantes polos pecuários no Brasil.

McManaus *et al.* (2016) e Silva *et al.* (2018) acentuam que o aumento na produção bovina no Brasil ocorreu, principalmente, em decorrência da adoção do sistema de produção baseado no regime de alimentação em pastagem. Isso implica que a expansão para áreas previamente não utilizadas é de subida relevância no crescimento da produção brasileira, sustentando a hipótese de um avanço da produção seguindo um formato extensivo de criação de gado. Esse rápido crescimento e a ligeiríssima modernização, especialmente, sobram evidentes nas regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil, numa tendência que reflete, não apenas, uma demanda crescente por carne bovina, mas, também, significa mudanças nas práticas de produção.

O Valor de Custeio em Pecuária refere-se aos gastos operacionais necessários para a manutenção e operação das atividades pecuárias, enquanto o Valor de Investimento em Pecuária engloba os recursos direcionados para melhorias e expansões dentro desse setor. O destaque dessas variáveis comprova a relevância da atividade pecuária nesse conjunto de municípios, conforme discutido na seção anterior, indicando uma concentração significativa de investimentos e despesas operacionais associadas à produção de gado.

Ficou evidente que a área dos municípios tem a maior média identificada, 22.825,31 km<sup>2</sup> no grupo de municípios com “Muito alta” propensão ao desmatamento, seguido dos grupos “alta”, “Média” e “Baixa”. O grupo de municípios com “Muito alta” propensão ao desmatamento também expressa maiores valores médios em relação ao desmatamento, com média de 54,38 km<sup>2</sup>. Dentre os municípios que conduziram a tal resultado, os principais são Altamira (PA), Porto Velho (RO) e Lábrea (AM).

A variável Área de floresta, indicativa da extensão total de floresta nativa nos municípios analisados, revelou o maior valor médio - 17.297,31 km<sup>2</sup> - no grupo de

municípios com “Muito alta” propensão ao desmatamento. Isso decorre da atuação dos municípios de Altamira, São Gabriel da Cachoeira, Barcelos e Oriximiná, que possuem as maiores áreas de floresta em comparação com os demais.

O grupo de municípios com “Alta” propensão ao desmatamento compartilha características semelhantes àqueles classificados com “Muito alta”. Os valores, todavia, são menos expressivos, porquanto esses, conquanto demonstrem uma tendência significativa para o desmatamento, registram índices menores em variáveis como Área Plantada, Área Colhida, Valor da Produção das lavouras temporárias e permanentes, bem como nos valores de Custeio, investimento e comercialização. Essa diferença nos valores aponta menor intensidade nas atividades agrícolas e pecuárias, resultando em impactos ambientais potencialmente menores, embora ainda relevantes. Com efeito, malgrado esses municípios compartilhem características com os de “Muito alta” desmatamento, suas atividades agrícolas são suscetíveis de ser consideradas menos intensivas e, conseqüentemente, denotam menor pressão sobre os ecossistemas locais.

Os municípios com “Média” e “Baixa” propensão ao desmatamento representam parcela significativa da região estudada. Nestas áreas, caracterizadas por uma baixa média territorial e índices reduzidos de desmatamento em comparação com os outros analisados, as práticas agrícolas tendem a ser mais tradicionais e menos intensivas, resultando em menor impacto ambiental. Esses municípios, via de regra, abrigam uma predominância de agricultores familiares e pequenos produtores. Essa abordagem mais sustentável é habilitada a contribuir para a preservação dos recursos naturais e promover uma agricultura mais equilibrada na região.

Mediante o observado, remansa evidente a ideia de que quanto maior a área territorial e de floresta de uma região, mais complexo é identificar o desmatamento. Isso ocorre em consequência da extensão das áreas a serem monitoradas e da diversidade de ecossistemas, o que torna a detecção de atividades de desmatamento mais desafiadora. Nessa perspectiva, Fearnside (2017) sugere que propriedades maiores são passíveis de estar correlacionadas a níveis mais altos de desmatamento. Isso se deve ao fato de que áreas de terra maiores têm uma probabilidade aumentada de serem desmatadas para obter retorno econômico, especialmente por meio de práticas agrícolas e pecuárias. Demais disso, na região, é comum ocorrer especulação sobre o valor da terra, mesmo sem a realização de atividades econômicas produtivas, o que incentiva, decerto, o desmatamento como uma maneira de obter lucro futuro.

Para fins comparativos com o período 2015-2016-2017, foi conduzido um estudo semelhante durante o período 2019-2020-2021, visando a identificar padrões de mudança à medida do tempo. Essa análise comparativa ofereceu uma avaliação mais abrangente das tendências e dinâmicas relacionadas à agricultura e ao desmatamento na região estudada. Essa comparação entre os dois períodos é observável na Tabela 8, a qual contém os principais resultados e variações à medida do trespasse temporal.

Considerando os dados e análises, é evidente que o fator agrícola, seguido pelo fator pecuária, continuam a operar um ofício central na propensão ao desmatamento dos municípios identificados com uma classificação de "Muito alta". Dentre os quatro grupos estudados, observou-se pouca mudança nos municípios dentro de cada classificação no âmbito temporal examinado. Isso sugere certa estabilidade nas características e padrões de uso da terra em cada grupo, indicando relativa consistência nas atividades agrícolas e pecuárias. Em aditamento, é importante ressaltar que as variáveis relacionadas à agricultura, como área plantada, área colhida e valor da produção, exprimiram valores médios e máximos mais elevados em comparação com o período anterior.

No que diz respeito às variáveis relacionadas ao fator pecuária, observa-se um aumento no tamanho dos rebanhos bovinos, mesmo ante uma redução dos incentivos direcionados a essa atividade. O resultado do aumento das áreas de cultivo e dos rebanhos bovinos foi um aumento extraordinário do desmatamento, que partiu de uma média de 54,38 Km<sup>2</sup> no primeiro período para 78,08 Km<sup>2</sup> na segunda fase estudada. Como resultado, houve redução significativa das áreas de floresta na região, contribuindo para a perda de biodiversidade, emissões de gases de efeito estufa e impactos negativos sobre os ecossistemas locais.

Um ponto por demais relevante a ser destacado é o aumento da área de floresta, associado à diminuição das taxas de desmatamento nos municípios com “Média” e “Baixa” propensão ao desmatamento. Esses resultados indicam que políticas de conservação ambiental e práticas agrícolas mais sustentáveis estão sendo efetivas nessas regiões, contribuindo para a preservação dos ecossistemas florestais.

Tabela 8 - Tipificação de grupos de municípios, quanto às variáveis utilizadas na análise fatorial para a Amazônia Legal Brasileira, para o período 2019-2021 (continua)

<b>Média do período 2019-2020-2021</b>					
<b>Variáveis</b>	<b>Estatística</b>	<b>Índice de Propensão ao Desmatamento</b>			
		<b>Muito Alta</b>	<b>Alta</b>	<b>Média</b>	<b>Baixa</b>
Area Plantada (hectares)	Valor Máximo	1.175.955,00	206.342,67	169.525,00	24.534,00
	Média	223.035,51	51.402,08	15.510,50	2.022,69
	Valor Mínimo	90,33	132,00	58,00	21,00
Area Colhida (hectares)	Valor Máximo	1.173.488,33	206.342,67	169.525,00	24.461,00
	Média	222.914,62	51.309,16	15.489,76	1.997,64
	Valor Mínimo	74,00	106,67	58,00	21,00
Valor de Produção (R\$)	Valor Máximo	7.663.680,02	2.035.168,67	1.664.169,72	340.487,91
	Média	1.466.034,17	382.390,62	116.093,11	18.609,09
	Valor Mínimo	1.305,70	3.063,00	437,63	62,49
Valor de Custeio Agrícola (R\$)	Valor Máximo	245.764.393,02	39.529.802,71	27.048.032,95	5.471.450,28
	Média	41.040.711,37	10.226.249,71	3.093.408,16	163.825,30
	Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor de Investimento Agrícola (R\$)	Valor Máximo	113.340.791,82	25.508.173,99	16.129.684,00	4.211.833,64
	Média	23.054.156,01	6.352.893,61	1.932.718,46	189.736,88
	Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor de Comercialização Agrícola (R\$)	Valor Máximo	87.902.398,12	28.566.368,09	14.312.308,28	1.367.747,87
	Média	12.900.106,17	2.784.263,36	495.360,99	11.377,56
	Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Efetivo Bovino (nº de cabeças)	Valor Máximo	2.357.396,00	736.513,67	670.680,33	124.457,33
	Média	380.937,71	261.073,05	131.776,58	21.812,22
	Valor Mínimo	27,67	105,00	331,00	15,00
Valor de Custeio em Pecuária (R\$)	Valor Máximo	64.302.160,57	26.115.051,54	23.402.415,88	5.084.653,67
	Média	14.100.299,13	10.499.725,66	4.264.704,52	581.605,41
	Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Valor de Investimento em Pecuária (R\$)	Valor Máximo	49.229.992,88	27.491.169,31	17.156.104,16	3.107.856,10
	Média	10.125.152,87	9.073.518,45	3.825.302,42	531.134,94
	Valor Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00
Área Municipal (R\$)	Valor Máximo	159.482,00	76.400,00	57.842,00	8.551,00
	Média	22.575,21	17.286,64	6.470,51	1.502,20
	Valor Mínimo	409,00	2.195,00	266,00	69,00
Desmatamento (km²)	Valor Máximo	712,77	192,03	228,27	22,47
	Média	78,80	43,44	20,07	2,81
	Valor Mínimo	0,00	1,73	0,00	0,00
Área de Floresta (km²)	Valor Máximo	143.433,47	75.781,03	54.211,60	7.667,23
	Média	16.939,40	13.669,08	4.635,93	742,19
	Valor Mínimo	23,40	236,93	1,10	0,90

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Nesse tocante, no estudo de Campos, Faria e Lírio (2022), também foram identificados quatro grupos distintos de municípios, cada um com características próprias em termos de desmatamento e desenvolvimento. Os principais grupos identificados, todavia, têm níveis similares de desmatamento. O Grupo 1 mostrou nível de desmatamento similar ao do Grupo 2, mas, no caso do Grupo 1, há um indicativo de que este resultado seja em razão da maior criação de gado e práticas mais extensivas de produção agrícola, em termos relativos. Já com relação ao Grupo 2, registra-se grande nível de atividade econômica observado no contexto do agronegócio, evidenciando-se o fato de que os municípios pertencentes aos Estados do Mato Grosso, Rondônia e Pará representam maioria na contextura desses grupamentos.

Ensaio elaborado por Vasconcelos (2015) cuida do desmatamento na Amazônia Legal, destacando a existência de três grupos de municípios, cada um com variados níveis de desmatamento. O primeiro é marcado por altas taxas de desmatamento, influenciadas, principalmente, pela atividade pecuária. O segundo grupo exprime taxas moderadas de desmatamento, em que as estradas e o tamanho da população conformam fatores relevantes, além da pecuária. O terceiro grupo possui as menores taxas de desmatamento, indicando menor influência das variáveis consideradas no estudo.

Durante o período analisado, que compreende os anos de 2015 a 2021, o Brasil passou por uma série de eventos políticos significativos com influxo direto nas políticas ambientais do País. O começo da fase coincide com o segundo mandato da presidente Dilma Rousseff, marcado por debates acalorados sobre a gestão ambiental e o desenvolvimento econômico. Destacam-se, em tais circunstâncias, aspectos como o aumento do desmatamento, as mudanças no Código Florestal e as discussões sobre o licenciamento ambiental. Ajunta-se, ainda, o *impeachment* da Presidenta Dilma Rousseff, em 2016, representativo de mudanças na liderança do País, com Michel Temer assumindo a Presidência e dando início a políticas de austeridade fiscal. Esses eventos políticos foram acompanhados por debates intensos sobre o papel do Estado na proteção do meio ambiente, a relação entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental, bem assim a influência de variados setores da sociedade na formulação de políticas públicas.

Nessa perspectiva, segundo a Infoamazônia (2018), durante a gestão da Presidente Dilma Rousseff, percebeu-se uma diminuição nos recursos investidos para combater o desmatamento. Foram realizadas mudanças no Código Florestal em 2012, resultando na paralisação da criação de mais unidades de preservação e na diminuição da área de certas

unidades. Ademais, houve um enfraquecimento dos órgãos ambientais responsáveis pela fiscalização, bem como uma suspensão na demarcação de territórios indígenas, afetando negativamente as políticas de conservação dos biomas.

De acordo com Freitas e Gussi (2021), após o *impeachment* da então Presidente Dilma em 2016, Michel Temer assumiu a Presidência da República e, embora não tenha promovido mudanças significativas na política ambiental de conservação dos biomas, sua gestão foi marcada pela implementação da Proposta de Emenda Constitucional (PEC) dos gastos. Essa medida, que previa o congelamento dos gastos públicos por 20 anos sem aumento real, resultou em uma redução nos investimentos destinados ao meio ambiente. Consequentemente, houve um aumento considerável no desmatamento, refletindo nos impactos das políticas de austeridade fiscal na preservação ambiental.

Conforme Paz *et al.* (2022), o desmonte da política ambiental brasileira iniciou com uma desestruturação significativa das instituições encarregadas da execução da Política Nacional de Meio Ambiente, nomeadamente o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMbio). Ambos os órgãos enfrentaram um verdadeiro antagonismo do Governo, resultando na perda de autonomia, recursos financeiros e pessoal, além de enfrentarem uma situação de insegurança que os expôs a críticas e até mesmo à recriminação por suas ações legalmente previstas. Essa fragilização foi intensificada pela transferência do Serviço Ambiental Brasileiro para o Ministério da Agricultura, evidenciando uma oposição histórica ao setor ambiental. Em adição, o Governo procurou anistiar diversos crimes ambientais por meio de um "núcleo de conciliação", reduzindo multas e incentivando a perpetração de ações prejudiciais ao meio ambiente.

Paz *et al.* (2022) ainda confirmam que a desarticulação da Funai, o enfraquecimento do Ibama e as controvérsias em torno dos dados do sistema Deter do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) contribuíram para uma realidade de incertezas e desafios socioecológicos contínuos. O governo Bolsonaro enfrentou críticas severas, tanto nacional quanto internacionalmente, mormente após os incêndios florestais associados ao crescimento do desmatamento, que resultaram em danos devastadores ao ecossistema, à biodiversidade e às comunidades locais. A resposta lenta do Governo ante as queimadas na Amazônia revela os efeitos do desmonte ambiental promovido pelo Governo de então, caracterizado pela redução de orçamentos e da fiscalização na região. A preferência política por setores do agronegócio predatório em detrimento de modelos agrícolas sustentáveis

aprofundou ainda mais a crise ambiental, submetendo a risco a biodiversidade, a cultura dos povos tradicionais e a estabilidade climática e hídrica do País.

O aumento alarmante das taxas de desmatamento na Amazônia, então, está intrinsecamente ligado à fragilidade e à falta de eficácia das políticas públicas orientadas para a conservação ambiental. Nas últimas décadas, são tangíveis o descaso e a negligência por parte das autoridades em implementar medidas efetivas para coibir a destruição infrene das florestas. O desmatamento, muitas vezes, é resultado direto de políticas governamentais que priorizam o desenvolvimento econômico a curto prazo em detrimento da preservação ambiental a tempo extenso. A falta de fiscalização adequada, a impunidade relativamente aos crimes ambientais e a ausência de incentivos para práticas sustentáveis concorrem para uma realidade desoladora.

Nessa perspectiva, observam-se os grupos formados e a totalidade de municípios, por Estado, responsáveis por compor cada grupo durante os períodos de 2015-2016-2017 e 2019-2020-2021, revelando uma dinâmica interessante na composição dos municípios com características semelhantes pertencentes à Amazônia Legal Brasileira. No primeiro período, os municípios classificados com “Média” e “Baixa” propensão ao desmatamento exibiram uma distribuição mais equilibrada que abarca a maioria dos municípios estudados e engloba vários estados da Região Amazônica. Em contrapartida, os municípios classificados com “Muito alta” e “Alta” propensão ao desmatamento representam menor quantidade. De outra parte, mesmo em menor quantidade, esses municípios são os principais responsáveis pela perda de floresta sob a realidade ora estudada. O segundo período segue a mesma óptica do primeiro, mostrando pequena mudança no agrupamento dos municípios.

Assim, o Índice de Propensão ao Desmatamento (IPD) emerge como meio robusto e eficaz na avaliação do desmatamento na Amazônia Legal Brasileira. Sua metodologia sólida deu ensejo a uma categorização precisa dos municípios, destacando sua propensão ao desmatamento. A alta taxa de acerto na classificação dos municípios, fundamentada nos fatores agrícolas, pecuários e territoriais, evidencia a confiabilidade do IPD como um indicador-chave.

#### **4.3 Condicionantes do desmatamento na ALB**

Após a elaboração do índice de propensão ao desmatamento e a classificação dos municípios em quatro grupos distintos - Muito Alta, Alta, Média e Baixa propensão ao

desmatamento - foi adotada a análise discriminante para avaliar o poder discriminatório de cada variável em relação aos grupos identificados. Essa técnica estatística não apenas identifica as variáveis mais relevantes na diferenciação entre os grupos, mas também quantifica o quanto cada uma contribui para a separação deles.

#### 4.3.1 Análise Discriminante para a média do período 2015-2016-2017

Inicialmente, foram analisados os Testes de Igualdade de Médias entre Grupos – Wilks' Lambda – Teste F-ANOVA. O de Igualdade de Médias serviu como base para uma análise preliminar, identificando as melhores variáveis discriminatórias para o grupo em estudo. O Lambda de Wilks, que indica o poder de discriminação das variáveis, revelou que a conjunção Área plantada, Área colhida, Valor de investimento agrícola e Valor da produção é que melhor discrimina o desmatamento no período analisado, demonstrando os menores valores da estatística de Wilks - conforme está na Tabela 9.

Tabela 9 - Testes de igualdade de médias de grupo para o período 2015-2017

Variáveis	Lambda de Wilks	F	df1	df2	Sig.
Área Municipal	,788	63,984	3	715	,000
Área de floresta	,840	45,264	3	715	,000
Efetivo Bovino	,734	86,420	3	715	,000
Área Plantada	,612	150,978	3	715	,000
Valor da Produção	,650	128,100	3	715	,000
V Custeio Agrícola	,646	130,601	3	715	,000
V Custeio Pecuária	,701	101,648	3	715	,000
V Investimento Agrícola	,639	134,798	3	715	,000
V Investimento Pecuária	,744	82,096	3	715	,000
V Comercialização Agrícola	,735	86,023	3	715	,000
Área Colhida	,613	150,527	3	715	,000

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

A interpretação do teste F-ANOVA, complementar ao Lambda de Wilks, aponta que todas as variáveis em que foi aplicado o teste de médias têm poder discriminatório (Significante < 0,05). Uma vez confirmada a relevância dessas variáveis, sequenciou-se a análise.

Posteriormente, com finalidade de testar a hipótese nula de matrizes de covariâncias com população igual, foi analisado o Teste M de Box, importantíssimo na verificação do

pressuposto de igualdade de covariância entre os grupos. Sua finalidade é avaliar se as matrizes de variância e covariância são estatisticamente iguais, ou seja, se são homogêneas. Os resultados obtidos com suporte no Teste M de Box estão disponíveis na Tabela 10, Tabela 10 - Teste M de Box para o período 2015-2017

<b>Resultados do teste</b>		
M de Box		10490,295
F	Aprox.	73,810
	df1	135
	df2	68675,885
	Sig.	0,000

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

O teste M de Box revelou que o pressuposto da homogeneidade das matrizes de variância-covariância não foi atendido, uma vez que o nível de significância utilizado foi de 0,05. O resultado do teste é menor (0,000). A violação dessa premissa foi indicada pelo teste, resultando na rejeição da Hipótese Nula ( $H_0$ ), o que significa ausência de homoscedasticidade, consoante é, também, expresso no estudo de Vasconcelos (2015). A violação do teste M de Box, conforme Mário (2014), é atribuída a problemas como o tamanho da amostra ou a discrepância de tamanho entre os grupos.

Conforme Corrar, Paulo e Dias Filho (2009), esses resultados destacam a importância de se realizar uma análise criteriosa dos pressupostos estatísticos subjacentes à análise discriminante, mesmo quando eles não se mostram plenamente atendidos. Apesar dessa constatação, foi dada sequência os procedimentos da análise discriminante, visando a explorar ainda mais as relações entre as variáveis e os grupos em estudo.

Na condução da pesquisa, optou-se pelo emprego do método *Stepwise* para a seleção das variáveis que melhor discriminassem a intensidade do desmatamento, conforme detalhado na seção metodológica e demonstrado na Tabela 11. Esse processo considerou a inclusão das variáveis com alto poder discriminatório e menor correlação entre si, visando a garantir uma análise mais robusta e confiável. As variáveis foram sequencialmente adicionadas ao modelo, obedecendo a uma ordem específica de entrada, consoante expresso à continuidade.

### 1 Área Plantada

- 2 Efetivo Bovino
- 3 Área Municipal
- 4 Valor Custeio Pecuária
- 5 Valor de Investimento Pecuária
- 6 Valor da Produção
- 7 Valor Comercialização Agrícola
- 8 Valor Investimento Agrícola
- 9 Área de floresta.

Essa abordagem sistemática identifica as variáveis mais relevantes para a discriminação da intensidade do desmatamento, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada dos fatores que influenciam esse fenômeno.

As variáveis não selecionadas (Área colhida e Valor de custeio agrícola) foram excluídas do modelo durante o *Stepwise*, pois não contribuíram significativamente para o aprimoramento das funções discriminantes. Isso significa que, conforme o método utilizado, essas variáveis não adicionariam valor à capacidade do modelo de distinguir entre os variegados níveis de desmatamento.

Tabela 11 - Variáveis Inseridas <sup>a,b,c,d</sup> para o período 2015-2017

Etapa	Inseridas	Lambda de Wilks											
		Estatística	df1	df2	df3	F exato				F aproximado			
						Estatística	df1	df2	Sig.	Estatística	df1	df2	Sig.
1	AreaPlantada	,612	1	3	715,00	150,98	3,00	715,00	0,00				
2	EfetivoBovino	,395	2	3	715,00	140,92	6,00	1428,00	0,00				
3	AreaMunicipal	,293	3	3	715,00					126,51	9	1735,41	0,00
4	VCusteioPecuarria	,267	4	3	715,00					101,63	12	1884,07	0,00
5	VInvestimentoPecuarria	,252	5	3	715,00					84,87	15	1963,16	0,00
6	ValordaProducao	,249	6	3	715,00					70,95	18	2008,67	0,00
7	VComercializacaoAgricola	,244	7	3	715,00					61,45	21	2036,42	0,00
8	VInvestimentoAgricola	,241	8	3	715,00					54,27	24	2054,02	0,00
9	Areadefloresta	,238	9	3	715,00					48,63	27	2065,45	0,00

Em cada etapa, a variável que minimiza o Lambda de Wilks geral é inserida.

a. O número máximo de etapas é 22.

b. A significância máxima de F a ser inserida é .05.

c. A significância mínima de F a ser removida é .10.

d. Nível f, tolerância ou VIN insuficiente para cálculos adicionais.

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

A discriminação entre os grupos, baseada nas nove variáveis explicativas restantes, demonstrou ser estatisticamente significativa em todas as etapas do procedimento, conforme indicado pelos valores de p-valor, com *sig.* < 0,05, considerando o nível de significância estabelecido (95%). Portanto, a análise discriminante enfatizou a necessidade dessas nove variáveis específicas para diferenciar adequadamente os grupos com Muito alto, Alto, Médio ou Baixo desmatamento.

Após todos esses testes e com as variáveis estatísticas produzidas, o programa produz um relatório-síntese com os resultados da função obtida, conforme, discutido a seguir.

Nessa perspectiva, foram geradas três funções discriminantes, uma vez que o resultado de k-n grupos, onde "k" representa o número de grupos a serem discriminados. Sendo assim, a Tabela 12 exprime os autovalores de cada função, fornecendo resultado sobre sua relevância na classificação dos dados. Observa-se que a primeira função possui um autovalor significativamente maior em comparação com as outras posteriores, indicando um grau de superioridade deste sobre as demais. Essa diferença é corroborada pela correlação canônica associada a cada função, que foi de 0,856 para a primeira, o que corresponde a 90,4% da explicação quanto à diferença entre os grupos; de 0,320 para a segunda, que explica apenas 9,6%; e e 0,103 para a terceira, que quase não denota valor explicativo. Ao elevar esses coeficientes ao quadrado, obtém-se uma medida do poder explicativo de cada função: a primeira função é capaz de explicar aproximadamente 73,27% da classificação, enquanto a segunda contribui com cerca de 10,24%, ao passo que a terceira concorre com apenas 1,06%. Somando esses valores, constata-se que as três funções combinadas conseguem explicar aproximadamente 84,57% da variância total.

Tabela 12 - *Eigenvalues* (Valores próprios) e Correlação canônica para o período 2015-2017

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	2,738 <sup>a</sup>	95,6	95,6	,856
2	,114 <sup>a</sup>	4,0	99,6	,320
3	,011 <sup>a</sup>	,4	100,0	,103

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

A Tabela 13 fornece a significância das equações estimadas, ensejando uma avaliação da importância das funções discriminantes. A primeira linha do quadro testa as três funções em conjunto, revelando um valor de significância (p-valor) inferior a 0,05, fato indicativo

de que, pelo menos, a primeira função discriminante é estatisticamente significativa. A segunda linha do quadro testa a segunda e a terceira funções em conjunto, revelando um valor de significância (p-valor) inferior a 0,05, apontando que a segunda função discriminante é estatisticamente significativa. A terceira linha, referente à terceira função discriminante, não fornece evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de que as médias dos grupos nesta função são iguais (p-valor > 0,05). Isso sugere que a terceira função discriminante não tem uma contribuição estatisticamente significativa para diferenciar os grupos em termos de desmatamento.

Esse resultado sugere que a primeira função é determinante na diferenciação entre os grupos com distintos níveis de desmatamento, destacando sua relevância na análise discriminante. Considere-se o fato de que, quanto mais próximo de zero for Lambda e do nível de significância, mais intensa será a diferença entre a média dos grupos.

Tabela 13 - Lambda de Wilks, para o período 2015-2017

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	Sig.
1 até 3	,238	1022,451	27	,000
2 até 3	,888	84,396	16	,000
3	,989	7,661	7	,363

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Em sequência, na Tabela 14, estão os coeficientes padronizados, também conhecidos como pesos discriminantes, indicativos da importância relativa de cada variável explicativa para a função discriminante. Quanto maior o peso atribuído a uma variável, maior é sua contribuição para a capacidade de discriminação entre os grupos. Portanto, variáveis com pesos mais altos são aquelas que exercem maior influência na diferenciação dos grupos em estudo. De tal modo, observa-se que as variáveis Área municipal e Área plantada são as que exercem maior influência na diferenciação dos grupos e se concentram na primeira função.

Tabela 14 - Coeficientes de funções discriminantes canônicas padronizados para o período 2015-2017 (continua)

Variáveis	Função		
	1	2	3
Área Municipal	1,544	-,722	-4,992
Área de floresta	-,812	1,080	5,585

Tabela 14 - Coeficientes de funções discriminantes canônicas padronizados para o período 2015-2017 (conclusão)

Variáveis	Função		
	1	2	3
Efetivo Bovino	,294	-,366	-,378
Área Plantada	1,399	-1,549	,872
Valor da Produção	-,299	1,152	-,472
V Custeio Pecuária	,355	-,088	,202
V Investimento Agrícola	-,423	,406	,075
V Investimento Pecuária	,257	,948	,158
V Comercialização Agrícola	,208	-,463	-,364

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Para uma análise mais precisa do poder explicativo de cada variável na função discriminante foi analisada, no entanto, a matriz estrutural, que mostra a correlação de cada variável independente com a função discriminante. Essa análise auxilia na interpretação do contributo que cada variável ofereceu para cada função discriminante específica, facilitando uma compreensão mais aprofundada de como cada uma delas influencia a diferenciação entre os grupos em estudo. Veja-se o exposto na Tabela 15.

Com efeito, a primeira função tem maior relação com Área Plantada e Área Colhida, e a segunda, principalmente, com a variável Valor de Investimento em Pecuária.

Tabela 15 - Matriz de estruturas para o período 2015-2017

Variáveis	Função		
	1	2	3
V Custeio Pecuária	,394	,129	-,224
V Investimento Pecuária	,330	,631	-,358
Área Plantada	,466	-,580	,156
Área Colhida <sup>b</sup>	,466	-,580	,156
V Comercialização Agrícola	,344	-,576	-,059
V Custeio Agrícola <sup>b</sup>	,404	-,560	,200
V Investimento Agrícola	,442	-,527	,140
Valor da Produção	,434	-,435	,041
Efetivo Bovino	,353	,406	-,530
Área de floresta	,253	,326	,465
Área Municipal	,305	,334	,369

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

É válido ressaltar que as variáveis Área Colhida e Valor de Custeio Agrícola foram excluídas pelo Método *Stepwise, hic est*, não foram usadas na última etapa da análise.

Não menos importante, a Tabela 16 oferece a análise dos coeficientes da função de classificação. Esses coeficientes indicam a contribuição de cada variável para a função discriminante e sua direção de influência na classificação dos grupos. Variáveis com coeficientes maiores em valor absoluto têm uma influência mais significativa na determinação da pertinência de um caso a um grupo específico. Demais disso, o sinal do coeficiente indica se a variável tem um efeito positivo ou negativo na classificação.

Em sendo assim, a análise dos coeficientes da função de classificação mostra que quando os municípios expressam maior Área municipal, Efetivo bovino, Areal plantada, Valor de custeio em pecuária e Crédito direcionado a incentivos de comercialização no setor agrícola, esses estão mais propensos a estarem classificados como Muito Alta Propensão ao Desmatamento.

Tabela 16 - Coeficientes de classificação da função discriminante, para o período 2015-2017

Variáveis	Classificação do índice			
	Muito alta	Alta	Média	Baixa
Área Municipal	8,550	,597	-,218	-2,482
Área de floresta	-4,720	1,335	-,027	1,329
Efetivo Bovino	1,794	,052	-,133	-,334
Area Plantada	9,204	1,473	-,919	-1,482
Valor da Produção	-2,346	,562	,365	-,068
V Custeio Pecuária	2,027	,690	-,164	-,476
V Investimento Agrícola	-2,697	-,392	,228	,508
V Investimento Pecuária	,916	1,604	,054	-,726
V Comercialização Agrícola	1,372	-,221	-,120	-,167
(Constante)	-13,452	-4,811	-,632	-2,116

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Em contrapartida, foi observado que a área de floresta expressa uma relação inversa com o nível de desmatamento. Quanto maior a extensão florestal, menor a probabilidade de um município ser classificado com um índice muito alto de desmatamento. De fato, áreas maiores de florestas maduras tendem a indicar menor incidência de atividades de desmatamento intenso. Isso sugere que a preservação e a extensão das florestas têm imensa relevância na mitigação do desmatamento e na conservação ambiental em níveis municipais.

A Tabela 17 contém os resultados da classificação. Considerando a amostra utilizada para desenvolver as funções discriminantes, nota-se que 68,7% das amostras classificadas com propensão ao desmatamento Muito Alta foram devidamente identificadas. Em relação

aos casos de Alta, a taxa de acerto foi de 57,3%, enquanto para o Média, essa taxa foi de 98,3%. Entrementes, para os com desmatamento Baixa, 34,1% de acerto. No índice geral, aproximadamente 74,7% das taxas anuais de desmatamento, por Estado, foram classificadas de modo preciso. Esses resultados destacam a eficácia relativa das funções discriminantes na classificação dos variegados níveis de desmatamento, proporcionando uma visão abrangente da distribuição do desmatamento nos estados analisados.

Tabela 17 - Resultados da classificação para o período 2015-2017

Classificação do índice			Associação ao grupo prevista				Total
			Muito alta	alta	Média	Baixa	
Original	Contagem	Muito alta	46	15	6	0	67
		alta	1	22	18	0	41
		Média	0	7	399	0	406
		Baixa	0	0	135	70	205
%		Muito alta	68,7	22,4	9,0	0,0	100,0
		alta	2,4	53,7	43,9	0,0	100,0
		Média	0,0	1,7	98,3	0,0	100,0
		Baixa	0,0	0,0	65,9	34,1	100,0

a. 74,7% de casos originais agrupados corretamente classificados.

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

#### 4.3.2 Análise Discriminante para a média do período 2019-2020-2021

Nesta subseção, procedeu-se à interpretação dos resultados da Análise Discriminante para a média do período 2019-2020-2021. Ao examinar os resultados, foram compreendidos mais profundamente os fatores que influenciaram as taxas de desmatamento, sobrando, também, verificado se sua distribuição, ao extenso dos anos estudados, se manteve consistente em relação ao período anteriormente analisado.

Observem-se os resultados da análise dos Testes de Igualdade de Médias entre Grupos, Wilks' Lambda e Teste F-ANOVA. O Lambda de Wilks indicou que as variáveis Valor de Investimento Agrícola, Área Plantada, Área Colhida e Valor de custeio agrícola são as mais relevantes para discriminar o desmatamento, como evidenciado na Tabela 18.

Tabela 18 - Testes de igualdade de médias de grupo, para o período 2019-2021

Variáveis	Lambda de Wilks	F	df1	df2	Sig.
Área Municipal	,800	59,729	3	715	,000
Área de floresta	,853	40,960	3	715	,000
Efetivo Bovino	,704	100,086	3	715	,000
Área Plantada	,591	164,727	3	715	,000
Área Colhida	,591	164,845	3	715	,000
Valor da Produção	,628	141,052	3	715	,000
V Custeio Agrícola	,603	157,170	3	715	,000
V Custeio Pecuária	,656	125,034	3	715	,000
V Investimento Agrícola	,572	178,024	3	715	,000
V Investimento Pecuária	,680	112,355	3	715	,000
V Comercialização Agrícola	,761	74,668	3	715	,000

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

A interpretação do Teste F-ANOVA, em complemento ao Lambda de Wilks, indica que todas as variáveis submetidas ao teste de médias denotam poder discriminatório significativo (com  $p < 0,05$ ). Confirmada a relevância dessas variáveis, prosseguiu-se com o exame.

Posteriormente, o Teste M de Box foi realizado para testar a hipótese nula de igualdade de covariância entre os grupos, avaliar se as matrizes de variância e covariância são estatisticamente iguais. Os resultados do teste, resumidos na Tabela 19, revelaram que o pressuposto da homogeneidade das matrizes de variância-covariância não foi atendido, uma vez que o nível de significância utilizado foi de 0,05; o resultado do teste é menor (0,000). A violação dessa premissa foi indicada pelo teste, resultando na rejeição da Hipótese Nula ( $H_0$ ), o que significa ausência de homocedasticidade, problema esse, também, identificado e justificado na análise referente ao período 2015-2016-2017. Apesar disso, os procedimentos da análise discriminante foram continuados para explorar mais a fundo as relações entre as variáveis e os grupos estudados.

Tabela 19 - Teste M de Box, para o período 2019-2021

Resultados do teste		
M de Box		7191,460
F	Aprox.	110,276
	df1	63
	df2	65230,940
	Sig.	0,000

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Após o estudo e validação dos pressupostos, o Método *Stepwise* foi empregado para selecionar as variáveis que melhor discriminassem a intensidade do desmatamento, conforme expresso na Tabela 20. Esse processo visou a incluir variáveis com alto poder discriminatório e baixa correlação entre si. As variáveis foram sequencialmente adicionadas ao modelo; em cada etapa, a variável que minimiza o Lambda de Wilks geral é inserida.

- 1- Valor de Investimento Agrícola
- 2- Efetivo Bovino
- 3- Area Municipal
- 4-Valor de Investimento em Pecuária
- 5- Área Colhida
- 6- Valor de Custeio em Pecuária

Portanto, o método comprovou que todas as variáveis citadas são as que exprimem maior poder da discriminação do desmatamento.

Diferentemente do período analisado anteriormente, a diferenciação entre os grupos está baseada apenas em seis variáveis explicativas restantes. Elas se mostraram estatisticamente significativas em todas as etapas do procedimento, conforme evidenciado pelos valores de p-valor, com significância inferior a 0,05, consoante o nível estabelecido (95%). Assim, a análise discriminante destacou a importância dessas seis variáveis específicas para uma adequada diferenciação dos grupos para os distintos níveis de desmatamento.

Após a discussão dos testes estatísticos, o programa produz um relatório-síntese contendo os resultados das funções discriminantes obtidas. Como se continua a trabalhar com quatro grupos, foram geradas três funções discriminantes.

Tabela 20 - Variáveis Inseridas, para o período 2019-2021

Etapa	Inseridas	Lambda de Wilks											
		Estatística	df1	df2	df3	F exato				F aproximado			
						Estatística	df1	df2	Sig.	Estatística	df1	df2	Sig.
1	Investimento Agrícola	,572	1	3	715,00	178,02	3,00	715,00	0,00				
2	Efetivo Bovino	,362	2	3	715,00	157,43	6,00	1428,00	0,00				
3	Area Municipal	,267	3	3	715,00					139,09	9,00	1735,41	0,00
4	Investimento Pecuária	,229	4	3	715,00					117,24	12,00	1884,07	0,00
5	Área Colhida	,222	5	3	715,00					95,01	15,00	1963,16	0,00
6	Custeio Pecuária	,215	6	3	715,00					80,48	18,00	2008,67	0,00

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Notas: Em cada etapa, a variável que minimiza o Lambda de Wilks geral é inserida.

a. O número máximo de etapas é 22.

b. A significância máxima de F a ser inserida é .05.

c. A significância mínima de F a ser removida é .10.

d. Nível f, tolerância ou VIN insuficiente para cálculos adicionais

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados da pesquisa.

A Tabela 21 expressa os autovalores de cada função, evidenciando que a primeira função possui um autovalor significativamente maior em comparação com as outras posteriores, indicando um grau de superioridade desta sobre as demais. Essa diferença é corroborada pela correlação canônica associada a cada função, que foi de 0,873 para a primeira, o que corresponde a 96,8% da explicação quanto à diferença entre os grupos; de 0,298 para a segunda, que explica apenas 3,0%; e 0,088 para a terceira, que quase não exprime valor explicativo.

Notou-se que a primeira função é capaz de explicar aproximadamente 76,21% da classificação, enquanto a segunda função contribui com cerca de 8,88%, e a terceira com apenas 0,77%. Somando esses valores, constata-se que as três funções, combinadas, conseguem explicar aproximadamente 85,86% da variância total.

Tabela 21 - *Eigenvalues* (Valores próprios) e Correlação canônica, para o período 2019-2021

Função	Autovalor	% de variância	% cumulativa	Correlação canônica
1	3,199 <sup>a</sup>	96,8	96,8	,873
2	,098 <sup>a</sup>	3,0	99,8	,298
3	,008 <sup>a</sup>	,2	100,0	,088

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

A Tabela 22 destaca a importância das equações estimadas, oferecendo uma análise da relevância das funções discriminantes. Na primeira linha, o teste conjunto das três funções revela um p-valor inferior a 0,05, indicando a significância estatística da primeira função discriminante. Na segunda linha, o teste conjunto da segunda e terceira funções, também, revela um p-valor inferior a 0,05, confirmando a significância estatística da segunda função discriminante. Na terceira linha, entretanto, o teste da terceira função indica um p-valor maior do que 0,05 (0,231), sugerindo que esta função não contribui, significativamente, para diferenciar os grupos em relação ao desmatamento.

Tabela 22 - Lambda de Wilks, para o período 2019-2021

Teste de funções	Lambda de Wilks	Qui-quadrado	df	Sig.
1 até 3	,215	1095,077	18	,000
2 até 3	,904	71,981	10	,000
3	,992	5,606	4	,231

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

O resultado indica que a primeira função é essencial para distinguir os grupos com variados níveis de desmatamento, enfatizando sua importância na análise discriminante. Quanto mais próximo de zero o valor de Lambda e do nível de significância, mais pronunciada é a diferença entre as médias dos grupos.

Em sequência, na Tabela 23, estão os coeficientes padronizados, tendo sobrado evidente que as variáveis Área municipal e Área colhida são as que exercem maior influência na diferenciação dos grupos e se concentram na primeira função.

Tabela 23 - Coeficientes de funções discriminantes canônicas padronizados, para o período 2019-2021

Variáveis	Função		
	1	2	3
Área Municipal	,777	,316	-,447
Efetivo Bovino	,180	-,626	1,385
Área Colhida	,518	-,586	,050
V Custeio Pecuária	,301	,096	-,482
V Investimento Agrícola	,460	,003	-,142
V Investimento Pecuária	,428	,979	-,361

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Foi uma surpresa constatar que a Área municipal se destacou como uma das principais variáveis que exercem maior influência na diferenciação dos grupos. Esta descoberta não era esperada inicialmente, sugerindo a importância de considerar uma gama mais ampla de variáveis na compreensão dos padrões de desmatamento.

A expectativa inicial era de que a análise seguisse o padrão estabelecido pela função discriminante principal, onde variáveis como ligadas aos fatores agrícola e pecuário exerceriam maior influência. A identificação da Área municipal, todavia, como uma das principais discriminadoras indica a complexidade da natureza dos fatores envolvidos no desmatamento.

A confirmação do que foi exposto anteriormente é observável na Tabela 24, que, para uma análise mais precisa do poder explicativo, é mostrada uma matriz de estruturas. Ali, quanto maiores os coeficientes, maior a correlação absoluta entre cada variável e qualquer função discriminante. Nela, a Área municipal permanece como discriminante para a primeira função; entretanto, não é a variável com maior poder explicativo.

Assim, a primeira função tem maior relação com o Valor Investimento Agrícola.

Entrementes, a segunda, principalmente, com as variáveis Área Plantada, Área Colhida, Valor da Produção, Valor de Investimento em Pecuária. A terceira função, a seu turno, não foi significativa.

Tabela 24 - Matriz de estruturas, para o período 2019-2021

Variáveis	Função		
	1	2	3
Área Municipal	,276	,261	-,176
Área Colhida	,446	-,746	-,262
Área Plantada <sup>b</sup>	,446	-,746	-,262
Valor da Produção <sup>b</sup>	,420	-,735	-,230
V Investimento Pecuária	,364	,688	,413
V Investimento Agrícola	,469	-,669	-,281
V Custeio Agrícola <sup>b</sup>	,402	-,659	-,278
V Comercialização Agrícola <sup>b</sup>	,245	-,492	-,186
V Custeio Pecuária	,398	,430	,245
Área de floresta <sup>b</sup>	,226	,245	-,212
Efetivo Bovino	,354	,371	,839

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Conforme estabelecido pelo modelo, as variáveis (Área Colhida, Valor da Produção, Valor de Custeio Agrícola, Valor de Comercialização Agrícola e Área de floresta) com um expoente “b” foram excluídas, não sendo usadas na última etapa da análise.

A Tabela 25 fornece a análise dos coeficientes da função de classificação, destacando a contribuição e a direção de influência de cada variável na classificação dos grupos. Dessa maneira, a análise dos coeficientes da função de classificação mostra que quanto maiores Área municipal, Efetivo bovino, Área colhida, Valor de custeio em Pecuária e o Crédito direcionado a investimento no setor agrícola, mais propensos esses municípios estarão a ser classificados como Muito alto Desmatamento.

Tabela 25 - Coeficientes de classificação da função discriminante, para o período 2019-2021

Variáveis	Classificação do índice			
	Muito Alta	Alta	Média	Baixa
Área Municipal	4,133	2,160	-,171	-1,239
Efetivo Bovino	1,372	-,665	-,032	-,228
Área Colhida	3,647	,604	-,251	-,734
Custeio Pecuária	1,783	,984	-,107	-,494
Investimento Agrícola	2,994	1,247	-,143	-,818
Investimento Pecuária	2,055	2,232	,031	-,976
(Constante)	-14,660	-5,327	-,706	-2,054

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

A Tabela 26 contém os resultados da classificação. Considerando a amostra utilizada para desenvolver as funções discriminantes, observa-se que 70,6% dos municípios classificados com Muito Alta propensão ao desmatamento foram devidamente identificados. Em relação àqueles com Alta, a taxa de acerto foi de 48,7%, enquanto para os com Média essa taxa foi de 89,9% e os de Baixa, 95,5% de acerto. No índice geral, 87,8% das observações foram classificadas de modo preciso.

Tabela 26 - Resultados da classificação, para o período 2019-2021

Classificação do índice			Associação ao grupo prevista				Total
			Muito Alta	Alta	Média	Baixa	
Original	Contagem	Muito Alta	48	12	8	0	68
		Alta	0	19	20	0	39
		Média	0	7	331	30	368
		Baixa	0	0	11	233	244
%		Muito Alta	70,6	17,6	11,8	0,0	100,0
		Alta	0,0	48,7	51,3	0,0	100,0
		Média	0,0	1,9	89,9	8,2	100,0
		Baixa	0,0	0,0	4,5	95,5	100,0

Fonte: Elaboração própria, com base nos resultados da pesquisa.

Mesmo expressando alguns resultados inesperados, como a influência surpreendente da variável "Área municipal" na diferenciação dos grupos, os resultados obtidos demonstram a eficiência dos grupos previamente gerados. Essa eficácia é evidenciada pela precisão das classificações, onde a maioria das amostras foi corretamente identificada em cada nível de desmatamento. Essa consistência destaca a confiabilidade das funções discriminantes na classificação dos níveis de desmatamento.

#### ***4.3.3 Análise comparativa entre os principais resultados encontrados em ambos os períodos***

A análise dos principais resultados encontrados foi discutida nos quatro passos a seguir.

i) Primeiro: Identificação dos Grupos de Propensão ao Desmatamento.

Em ambos os períodos (2015-2017 e 2019-2021), os municípios foram classificados

em quatro grupos distintos de propensão ao desmatamento, variando de Muito Alta a Baixa. No período 2015-2017, as variáveis-chave para essa classificação foram Área Plantada, Área Colhida e Valor de Investimento em Pecuária. Já no período 2019-2021, permaneceram as variáveis Área Plantada, Área Colhida, Valor de Investimento em Pecuária, com a inclusão da variável Valor da produção das culturas temporárias e permanentes.

ii) Segundo: Contribuição das Variáveis na Classificação dos Grupos.

As variáveis identificadas em cada período demonstraram influência significativa na propensão ao desmatamento, com direções de influência específicas para cada grupo - refletindo uma dinâmica-padrão nos fatores que impulsionam o desmatamento no tempo, refletindo transformações socioeconômicas e ambientais.

iii) Terceiro: Relevância das Funções Discriminantes.

As funções discriminantes em ambos os períodos foram estatisticamente significativas, destacando a importância das variáveis selecionadas na diferenciação dos grupos de propensão ao desmatamento, ressaltando a necessidade de uma abordagem dinâmica e adaptável no enfrentamento do desmatamento, considerando o comportamento das variáveis de influência no tempo.

iv) Quarto: Precisão da Classificação e Taxas de Acerto.

No período 2015-2017, a precisão da classificação dos variados níveis de desmatamento resultou em uma porcentagem de casos corretamente classificados em torno de 74,7%. Já no período 2019-2021, a eficácia das funções discriminantes foi ainda mais evidente, com a consistência e a confiabilidade na identificação das amostras em cada nível de desmatamento.

Esses resultados se confirmam, pois, com base no estudo de Vasconcelos (2015), a variável "Bovinos", que representa o número de cabeças de gado nos estados da Amazônia Legal, emerge como elemento central nesta análise do fenômeno do desmatamento, e os coeficientes estruturais apontam que são as variáveis descritivas da primeira função: Bovinos (Bov), Malha Viária (MV); Extração da Madeira (EM) e Área de Lavoura (AL). Já a variável População é a variável descritiva da segunda função. Em suma, esses resultados destacam a intensiva influência da pecuária sobre o desmatamento na Amazônia brasileira.

Do estudo de Reis (2022), ficou evidente que as principais causas do desmatamento

estão associadas às atividades agropecuárias e sua influência na economia local, juntamente com o crescimento populacional. Embora as variáveis relacionadas à extração de madeira estejam fortemente correlacionadas com o desmatamento, é importante ressaltar que a derrubada da floresta, geralmente, ocorre para fins de conversão do uso da terra, sendo a comercialização da madeira uma consequência desse processo e não sua causa primária.

Impende observar, no entanto, que o estudo realizado pelos autores englobou apenas pequena parcela dos municípios pertencentes à Amazônia Legal. Vasconcelos (2015) estudou 207 municípios e Reis (2022) apenas dezoito. Pela pouca quantidade de observações, esperava-se que o nível de acerto na classificação desses municípios fosse mais preciso, pois mostrou 71% de casos agrupados originais classificados corretamente para o primeiro e 77,8% no segundo.

Nessa perspectiva, Fabris (2020), mesmo utilizando um modelo de análise diferente após a análise exploratória, asseriu que, conforme previsto, a principal causa do desmatamento na região da Amazônia Legal é, em média, a atividade pecuária. Isto porque a criação de gado continua sendo um fator significativo de desmatamento, malgrado mostrar tendência de redução em sua intensidade, *pro rata temporis*. Mesmo, porém, com essa diminuição, a pecuária ainda ocupa grande extensão de terras desmatadas, comparável apenas à produção de soja, que figura como o segundo maior impulsionador do desmatamento na região.

Mediante o resultado destes autores, resta evidente que a análise discriminante realizada neste estudo demonstrou sua eficiência, ao identificar e quantificar os principais fatores associados ao desmatamento na Amazônia Legal, ao destacar variáveis Área Plantada, Área Colhida, Valor de Investimento em Pecuária, Valor da Produção e Valor de Investimento Agrícola como determinantes na propensão ao desmatamento. Reforça, assim, a importância dos fatores pecuários e agrícolas como principais impulsionadores do desmatamento na região. A evolução das correlações dessas variáveis à medida temporal, conforme evidenciado nas tabelas comparativas, ressalta a persistência desses fatores como elementos-chave na compreensão dos padrões de desmatamento na Amazônia Legal.

A constatação de que os fatores pecuários e agrícolas continuam sendo as principais causas do desmatamento na Amazônia Legal, corroborada pela análise discriminante, evidencia a necessidade de políticas e ações direcionadas para mitigar esses impactos ambientais. A análise comparativa das correlações das variáveis em distintos períodos não apenas confirma a relevância desses fatores, mas também destaca a importância de monitorar

e adaptar estratégias de conservação ambiental para enfrentar os desafios contínuos relacionados ao desmatamento. Portanto, a eficácia da análise discriminante em identificar os fatores pecuários e agrícolas como determinantes do desmatamento na Amazônia Legal fornece subsídios valiosos para o desenvolvimento de políticas sustentáveis e a implementação de medidas efetivas para a preservação da biodiversidade e dos ecossistemas na região.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desmatamento na Amazônia Brasileira é um fenômeno complexo, influenciado por diversos fatores interligados, que revelam uma visão mais nítida das complexas dinâmicas que impulsionam esse fenômeno. O estudo que se finda de sustentar resumiu, pois, a dinâmica do desmatamento nos seguintes fatores, descritos no plano de importância: Fator Agrícola, Fator Pecuária e Fator Territorial. Estes demonstraram uma correlação significativa com a conversão de ecossistemas na região, indicando que as atividades agrícolas e pecuárias desempenham papéis preponderantes nos padrões de desmatamento observados.

Os resultados revelam uma variação nos índices de propensão ao desmatamento no curso dos dois períodos estudados. A análise demonstra um aumento do índice de propensão ao desmatamento transformado (IPDT) de 2015-2016-2017 para 2019-2020-2021, sugerindo um potencial crescimento das atividades de desmatamento à proporção temporal. Impõe-se destacar, no entanto, que, apesar desse aumento, o IPDT médio permanece relativamente baixo, indicando uma propensão moderada ao desmatamento na totalidade de municípios analisados.

Nessa perspectiva, o IPDT identificou grupos de municípios com padrões de desmatamento similares, dentro das seguintes classificações: "Muito alta", "Alta", "Média" e "Baixa" propensão ao desmatamento. Essa abordagem identificou o fato de que os Estados do Mato Grosso e Pará são as áreas com maior suscetibilidade, com os Municípios de Sorriso, Campo Novo do Parecis e Nova Mutum, pertencentes ao Mato Grosso, exprimindo os maiores índices de desmatamento. Esses resultados foram consistentes em ambos os períodos analisados, indicando a persistência dos padrões de desmatamento em determinadas áreas da Amazônia Legal Brasileira.

O estudo revelou as variáveis que mais influenciam a propensão ao desmatamento nos municípios da região estudada. Em ambos os períodos - 2015-2017 e 2019-2021 - Área Plantada, Área Colhida e Valor de Investimento em Pecuária emergiram como as principais variáveis discriminantes. Além das variáveis identificadas como as principais discriminantes nos períodos analisados, é importante ressaltar que o desmatamento é influenciado por uma série de fatores inter-relacionados. Dentre eles, destacam-se o Valor da Produção, o Efetivo Bovino, Área municipal e as distintas linhas de crédito direcionadas ao setor agrícola e pecuário. Esses resultados sugerem que variados fatores estão habilitados a influenciar o desmatamento à extensão do tempo, refletindo as mudanças nas condições socioeconômicas

e ambientais da região.

Mediante os padrões de desmatamento identificados ao decorrer do estudo, políticas públicas distintas são suscetíveis de ser implementadas para cada grupo. Para os grupamentos classificados como de "Muito Alta" e "Alta" Propensão ao Desmatamento, sugere-se a implementação de medidas rigorosas e abrangentes, incluindo uma intensificação das operações de fiscalização, com o uso de tecnologias avançadas de monitoramento, como satélites e drones, para identificar e coibir atividades ilegais. Demais disso, políticas restritivas em relação ao crédito agrícola são adotáveis, condicionando sua concessão ao cumprimento das leis ambientais e práticas sustentáveis de uso da terra. Programas de incentivo financeiro para a recuperação de áreas degradadas e a restauração de ecossistemas, também, são essenciais para promover a reversão do deplorável desmatamento nesses municípios.

Para os municípios classificados com de "Média" e "Baixa" Propensão ao Desmatamento, é fundamental adotar políticas que fortaleçam a conservação e a gestão sustentável dos recursos naturais. Isso inclui incentivos para a criação e manutenção de unidades de conservação, como reservas extrativistas e áreas de proteção ambiental, visando à preservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. Em soma, programas de reflorestamento e restauração de áreas degradadas são implementáveis para promover a recuperação de ecossistemas e a mitigação dos efeitos do desmatamento. Investimentos em tecnologias de monitoramento e fiscalização ambiental também são essenciais para garantir o cumprimento das leis de proteção ambiental e prevenir atividades ilegais de desmatamento. Educação ambiental e conscientização da população local sobre a importância da conservação dos recursos naturais devem ser priorizadas, visando a promover uma cultura de sustentabilidade e coexistência harmoniosa com o meio ambiente. Essas medidas vão contribuir, sem dúvida, para reduzir a pressão sobre as florestas e promover um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável na Região Amazônica.

O estudo reconhece como limitação a indisponibilidade de dados em certos municípios ou anos para algumas variáveis, levando à exclusão de algumas unidades de análise. Apesar da robustez metodológica adotada, essa lacuna na disponibilidade de dados é capaz de ensejar alguma inconsistência nos resultados, visto que a análise não abrange completamente toda a região da Amazônia Legal. Impende ressaltar que, malgrado essa limitação, o estudo fornece uma análise significativa e informativa sobre os principais impulsionadores do desmatamento na região, contribuindo para um melhor entendimento do

fenômeno e orientando possíveis ações e políticas de conservação e desenvolvimento sustentável.

Nessa perspectiva, para futuros trabalhos, sugere-se a realização de estudos que avaliem o impacto de políticas públicas específicas na redução do desmatamento na Amazônia Legal. Também é relevante investigar a eficácia de medidas de conservação ambiental implementadas em resposta aos resultados destes estudos. Em complementação, é importante expandir o escopo das pesquisas para incluir outros biomas, uma vez que o desmatamento não é exclusivo da Região Amazônica. Outros biomas, como o Cerrado, a Mata Atlântica e o Pantanal, também, enfrentam desafios significativos relacionados ao desmatamento e à degradação ambiental. Portanto, investigações que se reportem a esses biomas são suscetíveis de fornecer resultados valiosos sobre as causas e consequências do desmatamento em distintos contextos ecológicos. Essa abordagem, uma vez ampliada, com certeza, exprimirá uma compreensão mais abrangente dos padrões de desmatamento no Brasil e vai contribuir para o desenvolvimento de políticas e estratégias mais eficazes de conservação ambiental em toda a Nação.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A.; NEPSTAD, N.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D. C. V e FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica**. Manaus: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2004. 89p.
- ARRAES, R. de A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 50, n. 1, p. 119-140, mar. 2012.
- BARROSO, L. P.; ARTES, R. **Análise Multivariada**. In: Reunião anual da RBES e SEAGRO, 48, 100, Lavras. Curso. Lavras: Departamento de Ciências Exatas. 2003. 155 p.
- BRAGA, F. L. P.; CAMPOS, K. C. Desenvolvimento econômico do Estado do Ceará: análise fatorial e de cluster. **Revista Gestão e Regionalidade**, v. 38, n. 114, p. 149-165, 2022.
- BRAGA, M. C de. M. **Caracterização teórica e aplicação da análise discriminante**. 2003. 85 f. Monografia (Bacharel em Estatística) – Departamento de Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- CAMPOS, A. L. M de.; FARIA, W. R.; LÍRIO, V. S. Tipologia dos municípios da Amazônia Legal. **Revista Geosul**, Florianópolis, v. 37, n. 81, p. 252-288, jan./abr. 2022.
- CAMPOS, K. C. **Produção localizada e inovação: o arranjo produtivo local de fruticultura irrigada na microrregião do Baixo Jaguaribe no Estado do Ceará**. 2008. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2008.
- CAMPOS, K. C.; CARVALHO, F. M. A de. Índice de Inovação: hierarquização dos produtores do arranjo produtivo local de fruticultura irrigada, Estado do Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, SP, v. 49, n. 03, p. 741-770, jul/set, 2011.
- CHAVES, M. S.; PENA, H. W. A.; FONSECA, J. L. F. Análise multivariada sobre a dinâmica econômica associada ao desflorestamento no município de Cumaru do Norte no Estado do Pará-Brasil. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Ecuador, Maio, 2015. Disponível em: <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/15/cumaru.html>. Acesso em: 22 nov. 2023.
- CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M. **Análise multivariada: para os cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. São Paulo: Atlas, 2014.
- COSTA FILHO, J. da.; CAMPOS, K. C.; LEMOS, J. de J. S. Nível tecnológico das unidades agrícolas familiares nas microrregiões do Nordeste do Brasil. **Interações**, Campo Grande, v.24, n.1, 229–245. Doi: <https://doi.org/10.20435/inter.v24i1.3771>.
- COUTINHO, A. C.; ALMEIDA, C.; VENTURIERI, A.; ESQUERDO, J. C. D. M.; SILVA, M. **Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal**. Brasília, DF: Embrapa; São José dos Campos: Inpe, 2013. 107p.

COVEY, K; SOPER, F; PANGALA, S; BERNARDINO, A; PAGLIARO, Z; BASSO, L; CASSOL, H. *et al.*. Carbon and Beyond: The Biogeochemistry of Climate in a Rapidly Changing Amazon. **Frontiers in Forests and Global Change**, Reino Unido, v.4, 2021. Doi: 10.3389/ffgc.2021.618401.

DINIZ, M. B., DINIZ, M. J. T., SILVA, A. B. da, SIMÕES, J. E. M. Dinâmica de curto prazo do desmatamento da Amazônia Legal: análise do papel das políticas públicas no período de 2000 a 2010. **Economia Aplicada**, v. 22, n 4, 177-206, 2018.

FABRIS, F. N. **Determinantes do desmatamento na Amazônia Legal**: uma análise exploratória. 2020. 38 f. Monografia (Bacharel em Economia) Faculdade de Economia e Administração. Insper, Instituto de Ensino e Pesquisa – Insper, São Paulo, 2020.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L. da; CHAN, B. L. **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. São Paulo: Elsevier, 2009.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680-688, jun. 2005.

FIELD, A.; MILES, J.; FIELD, Z. **Discovering statistics using R**. California: Sage Publications, 2012. 992p.

FLEXOR, G.; LEITE, S. Mercado de terra, *commodities boom e land grabbing* no Brasil. *In*: MALUF, R. S.; FLEXOR, G (org). **Questões agrárias, agrícolas e rurais**: conjunturas e políticas públicas. Rio de Janeiro: E-Papers, 2017. p. 20-38.

FREITAS, C. R; GUSSI, A, F. Elementos introdutórios para uma avaliação em Profundidade da Política Nacional de Mudanças Climáticas. **Revista Desenvolvimento em Debate**, v.9, n.3, p. 69-99, 2021. DOI:10.51861/ded.dmvdu.9.3.005.

GANDOUR, C.; VERÍSSIMO, B.; ASSUNÇÃO J. **Desmatamento zero e ordenamento territorial**: fundamentos para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. Rio de Janeiro, Abril, 2023. Disponível em: <https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2023/05/Amz2030DesmatamentoZero.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2023.

GAZONI, J. L. **A contribuição relativa das forças primárias do desmatamento na Amazônia**. 2011. 228 f. Tese (Doutorado) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2011.

GONÇALVES, C. A.; DIAS, A. T., MUNIZ, R. M. Análise discriminante das relações entre fatores estratégicos, indústria e desempenho em organizações brasileiras atuantes na indústria manufatureira. **Revista de Administração Contemporânea**, 12, 287-311, 2008.

HAIR JR., J. F *et. al.* **Análise multivariada de dados**. São Paulo: Bookman, 2009.

INFOAMAZÔNIA. **A política do desmatamento**. Amazonas, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3iGekjt>. Acesso: 28 de Fev. de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Amazônia Legal**. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 26 jan. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA (IPAM). **Atividades 2019-2020. Amazonas**, 2021. Disponível em: <https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2021/10/relatorio-IPAM-2019-2020.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2023.

INSTITUTO DO HOMEM E MEIO AMBIENTE DA AMAZÔNIA (IMAZON). **Desmatamento na Amazônia cresce 29% em 2021 e é o maior dos últimos 10 anos**. Belém, 2022. Disponível em: <https://imazon.org.br/imprensa/desmatamento-na-amazonia-cresce-29-em-2021-e-o-maior-dos-ultimos-10-anos/>. Acesso em: 28 jul. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento da cobertura florestal da Amazônia por satélites sistemas PRODES, DETER, DEGRAD e queimadas 2007-2008**. São José dos Campos, 2008. Disponível em: [http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/pdfs/relatorio\\_prodes2008.pdf](http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/pdfs/relatorio_prodes2008.pdf). Acesso em: 13 ago. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Metodologia utilizada nos Projetos PRODES e DETER**. São José dos Campos, 2019. Disponível em: [http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes/pdfs/Metodologia\\_Prodes\\_Deter\\_revisada.pdf](http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes/pdfs/Metodologia_Prodes_Deter_revisada.pdf). Acesso em: 13 ago. 2023.

KAISER, H. F. An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, [S.L.], v. 39, p. 31-36, 1974.

KOHLHEPP, G. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. *Estudos Avançados*, v. 16, n. 45, 37-61, 2002.

LEMOS, A. L. F.; SILVA, J. A. Desmatamento na Amazônia Legal: Evolução, causas, monitoramento e possibilidades de mitigação através do Fundo Amazônia. *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, RJ, v. 18, n. 1, 98-108, jan./mar. 2011.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Desmatamento 2021**. São Paulo, 2022. Disponível em: [https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2024/03/RAD2021\\_Completo\\_FINAL\\_Rev1.pdf](https://alerta.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/17/2024/03/RAD2021_Completo_FINAL_Rev1.pdf). Acesso em: 23 nov. 2023.

MÁRIO, P do. C. Análise discriminante. *In*: CORRAR, L. J.; PAULO, E.; DIAS FILHO, J. M (org). **Análise multivariada**: para os cursos de administração, ciências contábeis e economia. São Paulo: Atlas, p. 232-279, 2014.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. Brasília: Estação Gráfica. 100p, 2003. ISBN: 85-88192-10-1.

MAROCO, J; ROBALO, M. **Análise estatística**: com utilização do SPSS. Lisboa: SILABO, 3. ed. rev. ampl. 2007. 822p.

- MATOS, D. A. S.; RODRIGUES, E. C. **Análise fatorial**. Brasília: Enap, 2019. 74p.
- MCMANUS, C.; BARCELLOS, J. O. J.; FORMENTON, B. K.; HERMUCHE, P. M. Dynamics of cattle production in Brazil. **PloS one**, v. 11, n. 1, 2016.
- MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora: UFMG, 2005. 295p.
- PADRÃO, G. de A.; LIRIO, V. S.; LIMA, J. E de. Determinantes do desmatamento na Amazônia Legal: um estudo de caso do Estado do Acre. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia (online)**, [S.L.], V.8, n.1, jan/abr. 2016.
- PAZ, M. G. A da.; SILVA JÚNIOR, R. D da.; JACOBI, P. R.; LAUDA-RODRIGUEZ, Z.; MILZ, B. Guia para o desmonte da política ambiental brasileira. **Revista Ambiente e Sociedade**. São Paulo. Vol. 25, 2022.
- PENA, H. W. A.; OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, P. S. S. Análise multivariada e identificação dos padrões de desflorestamento no estado do Pará-Amazônia-Brasil, 2000 a 2009. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, Paraná, [S.V.], n. 13, agosto, 2011. Disponível em: <https://www.eumed.net/rev/cccss/13/psncp.html>. Acesso em: 11 ago. 2023.
- PEREIRA, J. L. G.; FERREIRA, L. V. Suscetibilidade das áreas protegidas da Amazônia Legal ao desflorestamento. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, Belém, v. 15, n. 2, p. 445-463, 2020.
- PRODES. **Taxas de desmatamento**. Amazonas, 2022. Disponível em: [http://terrabilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal\\_amazon/rates](http://terrabilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates). Acesso em: 11 ago. 2023.
- REIS, T. V. da S. **Aspectos econômicos e sociais que impactam o desmatamento na Amazônia Brasileira**. 2022. Monografia (Engenharia Florestal) - Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília – DF. 2022.
- RIBEIRO, W. C. Desmatamento na Amazônia: causas, consequências e alternativas. *In*: RIBEIRO, W. C.; JACOBI, P. R (Org.). **Amazônia: alternativas à devastação**. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2021. p. 109-122.
- RIVERO, S. *et al.* Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 41-66, 2009.
- ROSSATO, M. V. **Qualidade ambiental e qualidade de vida nos municípios do Rio Grande do Sul**. 2006. 169 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) Departamento de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2006.
- SANTOS, D.; SANTOS, M.; VERÍSSIMO, B. **Fatos da Amazônia: Meio ambiente e uso do solo**. Amazonas, 2022. 128p. Disponível em: <https://amazonia2030.org.br/fatos-da-amazonia-meio-ambiente-e-uso-do-solo/>. Acesso em: 19 nov. 2023.

SANTOS, G. R dos.; SILVA, R. P da.; Santana, A. S de. Agricultura na Amazônia: Desflorestamento, escala e desafios à produção sustentável. *In*: SANTOS, G. R dos.; SILVA, R. P da (org). **Agricultura e diversidades**: trajetória, desafios regionais e políticas públicas no Brasil. Rio de Janeiro: IPEA, 2022. p. 215-250.

SANTOS, R. F. O crédito rural na modernização da agricultura brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 393-404, 2019.

SANTOS, V. F dos.; LIMA, J. E de. Desflorestamento na Amazônia Legal uma abordagem discriminante. **Revista de Política Agrícola**, Paraná-PR, v. 19, n. 4, p. 29-38, Out./Nov./Dez, 2010.

SILVA, F. C da.; RAVENA, N. Formação institucional e desenvolvimento regional na Amazônia brasileira: Fundamentos teóricos e síntese histórica. *In*: SILVA, F. C da.; RAVENA, N (org). **Formação institucional da Amazônia**. Belém: NAEA, 2015. p. 15-38.

SILVA, M.; NASCIMENTO, C. P.; COUTINHO, A. C.; ALMEIDA, C. A., VENTURIERI, A.; ESQUERDO, J. C. D. M. A transformação do espaço amazônico e seus reflexos na condição atual da cobertura e uso da terra. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 16, n. 1, jun. 2013.

SILVA, M. M.; OLIVEIRA, F. A.; SANTANA, A. C. Mudanças socioambientais no uso da terra em Altamira, Amazônia Oriental. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 20, n. 3, 2018.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA (SUDAM). **Plano Regional de Desenvolvimento da Amazônia (PRDA): 2020-2023**. Belém, 2020. Disponível em: <https://www.selecti.am.gov.br/wp-content/uploads/2019/10/PRDA-2020-2023-SUM%C3%81RIO-EXECUTIVO.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.

VASCONCELOS, P. G. de A. **Determinantes do desmatamento na Amazônia brasileira**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2015.