



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS)
Departamento de Economia (ECO)
Instituto de Ciências Biológicas (IB)
Instituto de Geociências (IG)
Instituto de Química (IQ)

HYLAEA DE ALBUQUERQUE MILLER
PALOMA SOARES ALVIM

**DETECÇÃO DE MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DO SOLO NOS
TERRITÓRIOS ESPECIAIS AMACRO E MATOPIBA**

Brasília
2024

HYLAEA DE ALBUQUERQUE MILLER
PALOMA SOARES ALVIM

**DETECÇÃO DE MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DO SOLO NOS
TERRITÓRIOS ESPECIAIS AMACRO E MATOPIBA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (UnB), como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista

Brasília

2024

**DETECÇÃO DE MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DO SOLO NOS
TERRITÓRIOS ESPECIAIS AMACRO E MATOPIBA**

HYLAEA DE ALBUQUERQUE MILLER
PALOMA SOARES ALVIM

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista

BANCA EXAMINADORA

Prof Orientador: Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista

Instituto de Geociências - Universidade de Brasília

Membro Convidado: Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição

Departamento de Economia - Universidade de Brasília

RESUMO

As mudanças no uso e cobertura do solo nas regiões AMACRO (Amazonas, Acre e Rondônia) e MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) têm apresentado grande incidências de atividades agropecuárias, indicando um crescimento de conversão de vegetação nativa. Pela associação com impactos ambientais diversos, faz-se necessário uma avaliação da evolução da perda de vegetação nativa ao longo dos anos. Esta pesquisa analisa as mudanças de uso e cobertura do solo nessas duas regiões e seus impactos ambientais, por meio de uma análise dos dados fornecidos pelo MapBiomas no período de 1985 a 2022. Para isto foi realizada uma análise estatística e descritiva do histórico de uso e cobertura do solo nas áreas de estudo, acompanhada por uma discussão sobre os impactos ambientais. Em ambas as regiões, observou-se uma diminuição da vegetação nativa e o crescimento da classe de uso "Agropecuária". Na região AMACRO, a perda de "Formação Florestal" foi de aproximadamente 6 milhões de hectares, enquanto na MATOPIBA, a "Formação Savânica" perdeu 10,5 milhões de hectares e a "Formação Florestal" 4,3 milhões. O aumento das classes de "Agropecuária" no AMACRO chegou a 14,66%, enquanto no MATOPIBA foi de 21,96%. A pesquisa indicou possíveis impactos causados pela acelerada mudança no uso do solo, incluindo: desmatamento, degradação do solo, alteração e contaminação de mananciais, microclimas mais secos, perda de biomassa e emissões de carbono.

Palavras-chave: MapBiomas, vegetação nativa, territórios especiais, série temporal, impactos ambientais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação da coleta de dados por meio de Sensoriamento Remoto....	9
Figura 2. Fluxograma do MapBiomias das etapas de mapeamento da dinâmica da vegetação usando uma série temporal anual.....	10
Figura 3. Fluxograma do processo de Geração dos Mapas Anuais de Uso e Cobertura da Terra do MapBiomias.....	11
Figura 4. Mapa de localização e limite da região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) e seus biomas.....	18
Figura 5. Mapa de declividade (a); e pedologia (b) da região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).....	19
Figura 6. Mapa de localização e limite da região AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia) e seu bioma.....	21
Figura 7. Mapa de declividade (a); e pedologia (b) da região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia).....	23
Figura 8. Gráfico de diferença relativa com relação ao ano anterior da classe “Agropecuária” em porcentagem da região AMACRO e MATOPIBA.....	26
Figura 9. Mapas do histórico de mudanças do uso e ocupação do solo e suas classes referente aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).....	29
Figura 10. Gráfico de série histórica de uso e cobertura do solo na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) em área por hectare utilizando dados no nível 2 do MapBiomias.....	34
Figura 11. Diagrama Sankey com dado nível 1 de uso e cobertura do solo do MapBiomias na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), de 1985 a 2022.....	35
Figura 12. Gráfico da área queimada registrada na região do MATOPIBA	

(Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) no período de 1985 a 2022.....	38
Figura 13. Mapas do histórico de mudanças do uso e ocupação do solo e suas classes referente aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 na região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia).....	39
Figura 14. Gráfico de série histórica de uso e cobertura do solo na região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia) em área por hectare utilizando dados no nível 2 do MapBiomias.....	43
Figura 15. Diagrama de Sankey com dados de nível 1 de uso e cobertura do solo do MapBiomias na região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia), de 1985 a 2022.....	46
Figura 16. Registros de áreas queimadas referente aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 na região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia).....	48
Figura 17. Gráfico da área queimada em hectares registrada na região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia) no período de 1985 a 2022.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores em hectares de Classes de Uso e ocupação do Solo, nível 2, entre 1985 a 2022, na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).....	36
Tabela 2. Valores em hectares de uso e cobertura do solo para a classe de agricultura (nível 4) do MapBiomas, entre 1985 e 2022, na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).....	37
Tabela 3. Valores em hectares das áreas das classes de uso e cobertura do solo na região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia), entre 1985 e 2022, do nível 2 do MapBiomas.....	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	8
2.1. Objetivo geral	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1. Sensoriamento Remoto	8
3.2. MapBiomas	9
3.3. Mudanças no uso e cobertura do solo	11
3.3.1. MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia)	12
3.3.2. AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia)	13
3.4. Políticas públicas	14
3.4.1. MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia)	14
3.4.2. AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia)	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS	17
4.1. Área de estudo	17
4.1.1. MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia)	17
4.1.2. AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia)	20
4.2. Procedimentos metodológicos	24
4.3. Aquisição, caracterização e análise dos dados	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1. MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia)	28
5.2. AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia)	37
6. CONCLUSÃO	49
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXO A - Quadro com a descrição das classes da legenda da	63

1. INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas décadas, o avanço das técnicas de monitoramento e observação da Terra, incluindo o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, desempenhou um papel essencial nos estudos globais sobre as alterações no uso e na cobertura do solo. A detecção dessas mudanças constitui um dos conjuntos de dados espaciais mais abrangentes, uma vez que oferece informações cruciais sobre a qualidade ambiental, o planejamento urbano, o estado da vegetação, o aquecimento global e as mudanças climáticas.

Com o objetivo de fornecer dados sobre as mudanças na cobertura do solo, foi criada a rede colaborativa MapBiomas, uma iniciativa do SEEG/OC (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima), composta por ONGs, universidades e uma startup de tecnologia. A rede estabeleceu um acordo de cooperação técnica, utilizando a plataforma Google Earth Engine, com o intuito de realizar o mapeamento anual da cobertura e uso da terra, além do monitoramento mensal da superfície de água e cicatrizes de fogo, utilizando dados a partir de 1985. O MapBiomas também inclui a validação e a elaboração de relatórios detalhados para cada evento de desmatamento detectado no Brasil desde janeiro de 2019.

O MapBiomas possibilita o monitoramento e a avaliação de áreas remotas em toda a extensão do território brasileiro, abrangendo os biomas nacionais e as florestas tropicais. A análise da evolução da perda de cobertura de vegetação nativa ao longo de uma série temporal revela que o período de maior redução ocorreu antes da aprovação do Novo Código Florestal, formalizado pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei 12.651/12) em 2012. Entretanto, mesmo após a implementação dessa legislação, a degradação ambiental continua em ascensão, afastando o país dos objetivos de proteger a vegetação nativa, conforme previsto no Novo Código Florestal, e de eliminar o desmatamento ilegal.

Esse processo de conversão da vegetação nativa foi particularmente intenso na Amazônia e no Cerrado, onde 52 milhões de hectares e 31,9 milhões de hectares, respectivamente, sofreram a antropização. Entre 1985 e 2022, o avanço da agropecuária foi registrado em todos os biomas brasileiros, com destaque para a Amazônia, onde houve um crescimento de aproximadamente 13%, e para o Cerrado, que atualmente tem metade de sua extensão, cerca de 50%, ocupado por atividades agropecuárias. Dois novos arcos de desmatamento têm se destacado pela expansão agrícola: o território conhecido como AMACRO, localizado no oeste da Amazônia, nas fronteiras entre Amazonas, Rondônia e

Acre, onde o agronegócio já ocupa 5,3 milhões de hectares, equivalentes a 21% da área, e o MATOPIBA, localizado no nordeste do Cerrado, abrangendo o estado do Tocantins e parte dos estados do Maranhão, Piauí e Bahia, onde a expansão agropecuária alcançou 25 milhões de hectares em 2022, correspondendo a 35% do território.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo investigar o histórico das mudanças na cobertura e uso do solo nos territórios especiais AMACRO e MATOPIBA no período de 1985 a 2022.

2.2. Objetivos específicos

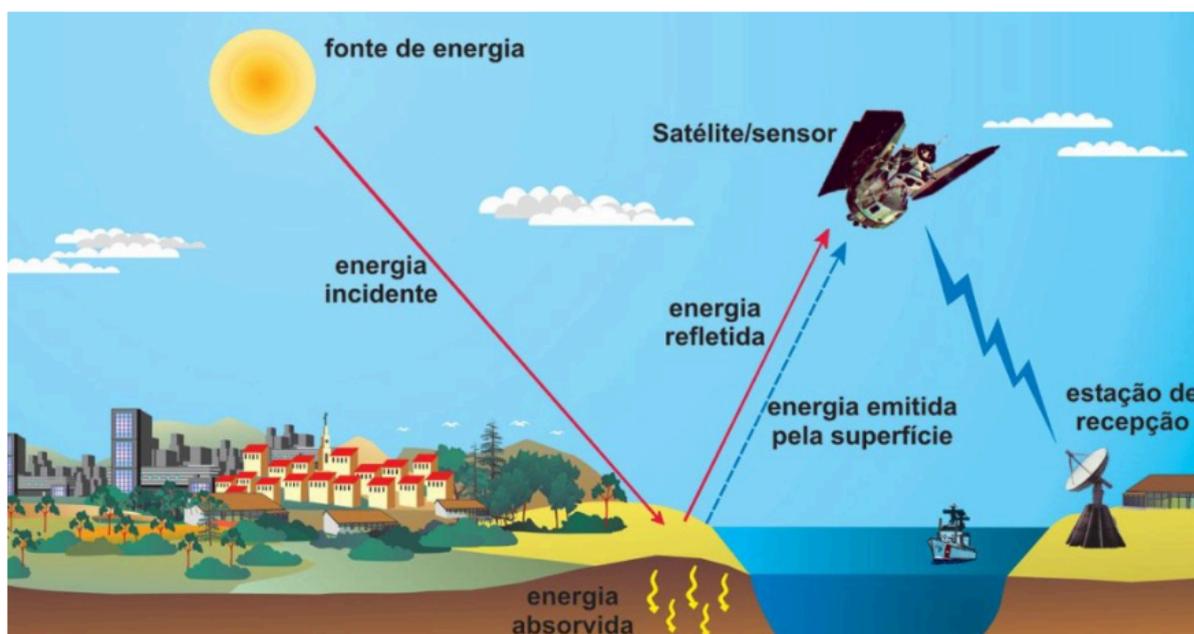
- Avaliar as tendências temporais das classes de cobertura e uso da terra identificadas pelo MapBiomas na região de estudo.
- Discutir as variações temporais da cobertura e uso da terra na área de estudo.
- Analisar os impactos causados pelas mudanças de cobertura e uso da terra.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto (SR) pode ser compreendido como a obtenção de informações sobre objetos ou fenômenos sem contato físico, geralmente por meio da detecção de alterações no ambiente eletromagnético, acústico ou potencial. O SR orbital permite a coleta rápida e econômica de dados em grandes áreas, sendo fundamental para estudos e monitoramento ambiental. Os dados de sensoriamento remoto são adquiridos em grande parte por meio de sensores acoplados em satélites, que podem ser classificados como imageadores e não imageadores e passivos ou ativos (Lorenzzetti, 2015 e Rudorff, 2024), como pode ser exemplificado na figura a seguir.

Figura 1. Representação da coleta de dados por meio de Sensoriamento Remoto.



Fonte: Florenzano, (2007).

Com os avanços das tecnologias de satélites e sensores, é possível a aquisição de dados com alta resolução temporal e espacial, o que é fundamental para estudos de fenômenos como desmatamento, expansão agrícola e urbanização. Ademais, o SR orbital permite um monitoramento preciso e contínuo, contribuindo significativamente para análises de transformações no uso e cobertura do solo (Zhang et al., 2023; Formaggio e Sanches, 2017).

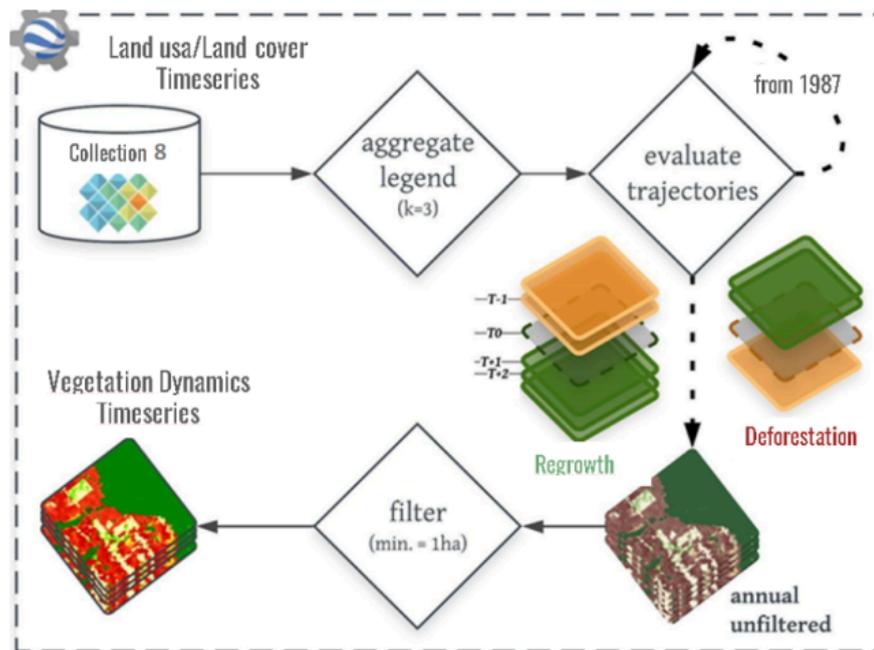
3.2. MapBiomass

A iniciativa MapBiomass, lançada em 2015 por universidades, ONGs e empresas de tecnologia, foi criada para desenvolver um método rápido, colaborativo e econômico para gerar mapas anuais de uso e cobertura da terra no Brasil, com resolução de 30 metros. A iniciativa abrange diferentes biomas e temas transversais, reunindo especialistas de várias áreas, como sensoriamento remoto, geografia, ecologia e ciência da computação (MapBiomass, 2024).

De acordo com o Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) do manual geral do MapBiomass (2023), o processo de produção dos dados da Coleção 8 (dados analisados até 2022) envolve a criação de mosaicos anuais, treinamento de classificadores de floresta aleatória e aquisição de amostras de treinamento anuais em cada bioma, sendo utilizado redes neurais convolucionais para identificar algumas áreas específicas. Na etapa de

pós-classificação são utilizados filtros espaço-temporais nos dados classificados para remoção de ruído e estabilização temporal, seguida pela integração dos mapas e as temáticas transversais. São aplicados novamente os filtros espaço-temporais e finalizado com uma análise estatística e avaliação de acurácia (MapBiomas, 2023).

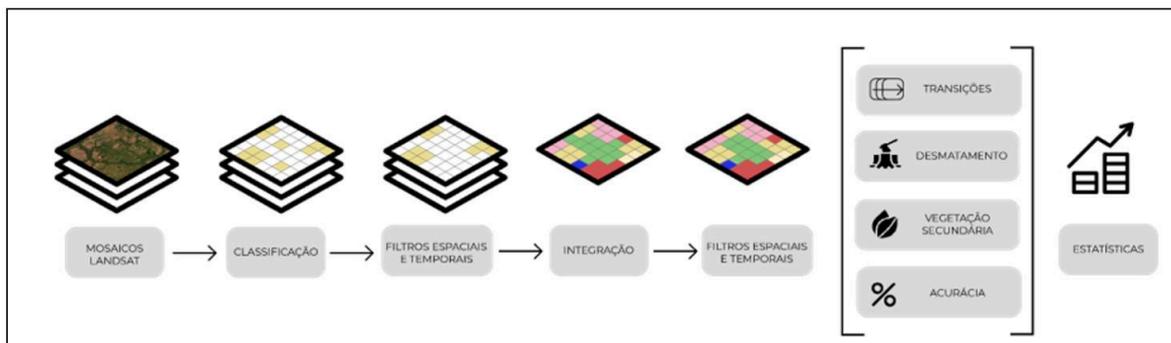
Figura 2. Fluxograma do MapBiomas das etapas de mapeamento da dinâmica da vegetação usando uma série temporal anual.



Fonte: Deforestation and Secondary Vegetation - Collection 8, Mapbiomas (2023).

Para construir os mosaicos que cobrem o Brasil, o MapBiomas utiliza 380 imagens do satélite Landsat, com resolução de 30 metros, disponíveis na plataforma do Google Earth Engine. Para cada ano, é montado um mosaico que cobre o Brasil, representando o comportamento de cada *pixel* ou camadas de informação consideradas "limpas", ou seja, sem detalhes de nuvens e fumaças (MapBiomas, 2024). A partir desses mosaicos de imagens, as equipes produzem um mapa de cada classe de cobertura do solo e uso da terra (floresta, campo, agricultura, pastagem, área urbana, água, etc.), utilizando um classificador automático chamado "random forest", no qual as "máquinas" são treinadas com amostras dos alvos a serem classificados (MapBiomas, 2024).

Figura 3. Fluxograma do processo de Geração dos Mapas Anuais de Uso e Cobertura da Terra do MapBiomias.



Fonte: MapBiomias (2024).

Segundo o MapBiomias (2024), o filtro temporal é aplicado em cada *pixel* analisando todos os anos da Coleção (por exemplo, para chegar na Coleção 8 foram analisados 38 anos) e para compreender as mudanças da cobertura e uso da terra são produzidos mapas com as transições das classes entre diferentes pares de anos selecionados. Assim é possível visualizar o dinamismo do território e perceber quanto de floresta virou pastagem de um ano para outro, por exemplo, e entre outras alterações na paisagem.

3.3. Mudanças no uso e cobertura do solo

As mudanças na cobertura do solo muitas vezes são impulsionadas por transformações causadas pelo ser humano, na qual é possível gerar alterações rápidas e distintas nos ecossistemas naturais, influenciando significativamente o seu funcionamento e a provisão de serviços ambientais. Essas mudanças exigem a adoção de estratégias eficazes de manejo para preservar a biodiversidade e conservar bens e serviços essenciais para a humanidade, fundamentais tanto para enfrentar as mudanças climáticas quanto para sustentar atividades econômicas (Zhao *et al.*, 2023; Diallo *et al.*, 2009).

Uma transformação da paisagem natural em áreas agrícolas, manifestada por meio de mudanças na cobertura do solo, pode ser facilmente e efetivamente monitorada utilizando dados multitemporais com técnicas de sensoriamento remoto. Com sua ajuda, as mudanças no uso da terra ao longo do tempo podem ser identificadas e quantificadas, visando gerenciar ecossistemas de forma mais efetiva e criando estratégias de conservação da biodiversidade e de recursos críticos para a humanidade (Diallo *et al.*, 2009). Neste contexto, um número cada vez maior de estudos vêm investigando fatores que explicam as taxas de conversão do uso da

terra, com o intuito de avaliar impactos ambientais, prever padrões futuros de uso e cobertura do solo e formular e avaliar políticas públicas.

3.3.1. MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia)

Na região do MATOPIBA, o agronegócio tem sido um fator crucial na mudança do uso e cobertura do solo. Houve rápidas transformações no uso do solo, com mudanças nas espécies cultivadas e na dinâmica agrícola tradicional, resultando em uma expansão acelerada da agricultura com monocultivos em grande escala e das áreas de pastagem para a pecuária. Esse crescimento sem precedentes tem causado a devastação das áreas naturais em prol de atividades econômicas produtivas (Nepomoceno e Carniatto, 2022).

O estudo de Bolfe *et al.* (2016), na área do MATOPIBA, indica que nos estados do Maranhão e Piauí o desmatamento da vegetação nativa foi intenso nos primeiros momentos da expansão agrícola. Em contraste, nos estados de Tocantins e Bahia, o uso agrícola do solo ocorreu principalmente em áreas que já haviam sido desmatadas antes de 2002. O estudo afirma que as terras com boa aptidão agrícola na região estão diminuindo e que mais pastagens naturais estão sendo convertidas para o uso agrícola.

A pesquisa de Souza *et al.* (2020) demonstrou que as maiores proporções de desmatamento do Cerrado no período de 1985 a 1990 ocorreram no sul de MATOPIBA (Tocantins e Extremo Oeste Baiano). Em 1991 a 2005 o desmatamento do Cerrado avançou em direção às mesorregiões orientais do Tocantins, Sudoeste Piauiense e Sul Maranhense. Foram identificados variações nas áreas desmatadas ao longo do tempo que variaram de 0,086 milhões de hectares a 2,146 milhões de hectares por ano, ademais picos bem definidos de desmatamento nos anos de 1986, 1991 e 2012. O estudo também indicou que os eventos de desmatamento acompanharam a expansão da soja, especialmente em terrenos planos e de alta elevação e mostraram que as maiores proporções de áreas de degradação do solo foram no Sudoeste Piauiense e Centro Maranhense.

O estudo de Souza *et al.* (2019) indicou que entre 2000 e 2012 houve uma redução nas áreas de vegetação natural do MATOPIBA, acompanhada por um aumento das áreas dedicadas à atividade agrícola. A classe de uso do solo que apresentou maior perda foi a de "pastagem natural", seguida pela classe de "vegetação campestre", ambas localizadas no bioma Cerrado. Por outro lado, as classes que mais aumentaram em termos percentuais foram as de "área agrícola", "pastagem com manejo" e "mosaico de área agrícola com remanescentes campestres".

O estudo de Souza *et al.* (2020) contemplou a relação de áreas queimadas e degradação da vegetação, e indica que o número de eventos de incêndios aumentou com o desmatamento da vegetação. No entanto, a quantidade de áreas desmatadas correlacionou-se moderadamente com a de áreas queimadas, devido ao uso múltiplo do fogo na região. Foi observado também que a quantidade de áreas degradadas aumentou com a frequência de incêndios sobre áreas agrícolas, mas permaneceu relativamente estável sobre áreas de vegetação nativa.

3.3.2. AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia)

As mudanças no uso e cobertura do solo na região Amazônica atingiram um nível preocupante nos últimos anos, sendo que a conversão das áreas naturais implica em um conjunto de impactos ambientais que alteram o ecossistema local (Santos *et al.*, 2023). O desmatamento tem avançado dentro do bioma amazônico, mais especificamente na região sul do Amazonas, situado na divisa entre o Acre e o norte de Rondônia, o qual é considerado a área de expansão da fronteira agrícola pela forte presença da atividade agropecuária (Santos *et al.* 2023).

Conforme Rivero *et al.* (2009), o desmatamento na Amazônia brasileira tem como principais causas diretas a pecuária, a agricultura de larga escala e a agricultura de corte e queima, sendo que dessas causas, a expansão da pecuária bovina é a mais importante. Por meio dessas constatações, é possível afirmar que a mudança do uso e cobertura do solo representa uma remoção temporária ou parcial da floresta para a sua conversão em áreas de pastos e agrícolas, associada à extração seletiva da madeira (Rivero *et al.*, 2009). Segundo Defries *et al.* (2002 *apud* Rivero *et al.*, 2009) as estimativas dessas atividades representam 15% a 35% da emissão global média de combustíveis fósseis da década de 1990.

As causas próximas do desmatamento estão associadas ao uso do solo que são dirigidas por processos econômicos que as sustentam, em associação com o crescimento do mercado que induz a mudança de cobertura do terreno com a urbanização e o crescimento populacional, fatores estruturais, culturais e, finalmente, com políticas governamentais (Rivero *et al.*, 2009). O reconhecimento dos problemas associados às causas do desmatamento se mostra um ponto focal para possíveis políticas públicas direcionadas a ações de fiscalização para o combate e controle desses impactos na região (Rivero *et al.* 2009; Santos *et al.*, 2023).

3.4. Políticas públicas

As políticas públicas, de acordo com Lahera (2004), são um componente central tanto das ações governamentais quanto das decisões da oposição, na qual a prática da política pode ser vista como a tentativa de criar ou influenciar políticas públicas em temas específicos. Uma parte essencial das atividades governamentais envolve o planejamento, a gestão e a avaliação dessas políticas. Conseqüentemente, o objetivo dos políticos, independentemente de seus interesses, é implementar políticas públicas que favoreçam seus interesses ou impedir aquelas que considerem prejudiciais (Dias *et al.*, 2008).

O Poder Público, por meio de políticas públicas, consegue influenciar diretamente ou indiretamente as mudanças no uso e na cobertura da terra, podendo utilizá-las para impulsionar ou restringir o uso do solo para determinadas atividades, como indicado por Khan e Silva (2023).

Torrens (2013) aponta que o Poder Legislativo é o principal órgão responsável por elaborar leis que traduzem as diretrizes gerais da atuação governamental. Santos (2007) e Frade (1996) acrescentam que as forças internas no Legislativo são representadas pelos partidos políticos, influenciados pela ação direta de grupos de interesse, que muitas vezes transcendem as limitações partidárias. Esse fenômeno ocorre quando parlamentares de diferentes orientações políticas se unem em torno de objetivos comuns, formando as chamadas frentes parlamentares. Essas frentes se configuram como grupos de pressão internos no Congresso, compostos por representantes com interesses semelhantes, que defendem causas específicas de forma institucionalizada.

3.4.1. MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia)

A expansão agrícola se iniciou na região do MATOPIBA com a implantação de Programas Nacionais de Desenvolvimento (PND) nas décadas de 1960 a 1970 pelo Governo Federal Brasileiro, que visavam modernizar e expandir regionalmente a produção agrícola (Souza *et al.*, 2019).

O Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER), realizado em parceria entre os governos do Brasil e do Japão, foi responsável por grande parte das mudanças na paisagem e no perfil econômico e social do MATOPIBA, transformando a região no principal polo de crescimento da agricultura brasileira nas últimas cinco décadas. Idealizado e desenvolvido a partir de 1974, o programa contou com o apoio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), para a produção de grãos,

desenvolvimento de tecnologias e estudos para a correção do solo, além de equipamentos e insumos para a exploração agropecuária, como o aprimoramento genético de grãos (Santos, 2016; Souza *et al.*, 2019).

O acordo da Moratória da Soja assinado em 2006, em vigor há 18 anos, afetou indiretamente a expansão da soja no Cerrado. A moratória, cujo objetivo é erradicar o desmatamento relacionado à produção de soja no bioma Amazônico, possui uma gestão e execução conduzida pelo Grupo de Trabalho da Soja (GTS), composto por empresas associadas à ABIOVE e ANEC, além de representantes do governo e de organizações da sociedade civil (ABIOVE, 2022). Souza *et al.* (2020) indicam como esse acordo da Moratória e fatores políticos e econômicos, ao restringir a expansão de soja na Amazônia, promoveu aumento nas áreas desmatadas do MATOPIBA, sendo descrito que após a assinatura da Moratória da Soja em 2006, a área desmatada no MATOPIBA aumentou 41% no período de 10 anos após o acordo.

3.4.2. AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia)

A política de conservação na Amazônia brasileira é um assunto de muitas controvérsias, pois o desmatamento e a degradação seguem em ritmo rápido, excluindo as oportunidades para a conservação e para o desenvolvimento sustentável (Fearnside, 2022).

Existe uma espécie de coronelismo subjacente à expansão das relações sociais de poder. O processo de territorialização e apropriação da terra gera a concentração fundiária e esta gera conflitos no campo (Santos, 2020). A política ruralista está estreitamente associada à atuação de parlamentares que defendem os interesses dos grandes latifundiários no Brasil. Esses grupos de interesse, figuras centrais na questão agrária do país, desempenham um papel ativo nas dinâmicas de aquisição de terras, moldadas pelo desenvolvimento desigual e combinado do sistema capitalista na agricultura. A bancada ruralista no Congresso Nacional é um grupo suprapartidário, de caráter informal, cujo foco é promover os interesses do setor rural, podendo até se opor ao governo quando for preciso para assegurar que suas reivindicações sejam atendidas (Cunha, 2017).

Os incentivos fiscais foram um forte condutor do desmatamento nas décadas de 1970 e 1980 (Mahar, 1979 apud Fearnside, 2022). Embora tenha surgido um decreto em 1991 para suspender novos incentivos, os antigos continuavam, ao contrário da impressão sustentada por afirmações de autoridades do governo de que tudo acabou, relatou em seu estudo Fearnside

(2022). As terras eram valorizadas e os preços atingiram níveis mais altos do que poderiam ser justificados como um insumo para a produção agropecuária (Fearnside, 2022).

A recessão econômica brasileira explica a diminuição nos dados do desmatamento entre os anos de 1987 e 1991, pois os fazendeiros não tinham capacidade de expandir suas áreas desmatadas tão rápido e o governo não tinha recurso para a construção de rodovias e para projetos de assentamentos (Fearnside, 2022).

“Em seu ponto mais baixo, em 1991, muitos fazendeiros foram impossibilitados de usar seus recursos para investir em desmatamento porque o então presidente, Fernando Collor de Melo, havia confiscado as contas bancárias em março de 1990, com o dinheiro sendo posteriormente liberado em pequenas prestações.” (Fearnside, 2022, p. 9 e 10)

O pico do desmatamento em 1995 foi um reflexo do Plano Real e recuperação na economia, sendo que as reformas econômicas aumentaram a disponibilidade de capital e as eleições municipais de 1994 resultaram no aumento do crédito agrícola, incentivando o desmatamento, ao invés das mudanças econômicas influenciarem o valor dos bens duráveis, como a terra. A queda posterior nos índices de desmatamento entre 1996 e 1997 foi uma consequência lógica do Plano Real de ter cortado de forma brusca o índice de inflação.

No contexto mais atual, duas décadas que se seguiram à Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92 ou Rio-92) na conjuntura da “política internacional em torno do desmatamento da Amazônia” (Hurrell 1992 *apud* Barretto, 2020), caminhos diferentes vêm sendo construídos com apoio da cooperação internacional (Barretto, 2004, *apud* Barretto, 2020), juntamente com o engajamento das redes de movimento sociais. Esse período foi quando mais se reduziu a taxa de desmatamento e mais avançou-se na criação de áreas protegidas (Barreto, 2020). Esses desenvolvimentos, no entanto, representaram uma ameaça à economia do agronegócio, pois a inserção no Brasil na ordem econômica internacional é em grande parte como provedor de recursos primários de commodities. Diante desta ameaça, houve o estreitamento dos vínculos do agronegócio com as fases do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), tendo ocorrido no âmbito dos governos do PT (Barreto, 2020).

No cenário do último governo do ex- presidente, Jair Bolsonaro, entendeu-se que a estrutura governamental dele seria um planejamento na área econômica que tende a reforçar a reprimarização da economia, sobretudo com base na exploração dos recursos naturais de

forma acelerada e sem regulamentações (Scantimburgo, 2018). Com base na pesquisa de Scantimburgo (2018), houve uma preocupação com o desmonte na área ambiental que teve como consequência a imediata flexibilização em larga escala das políticas de controle do desmatamento em vigor no país.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

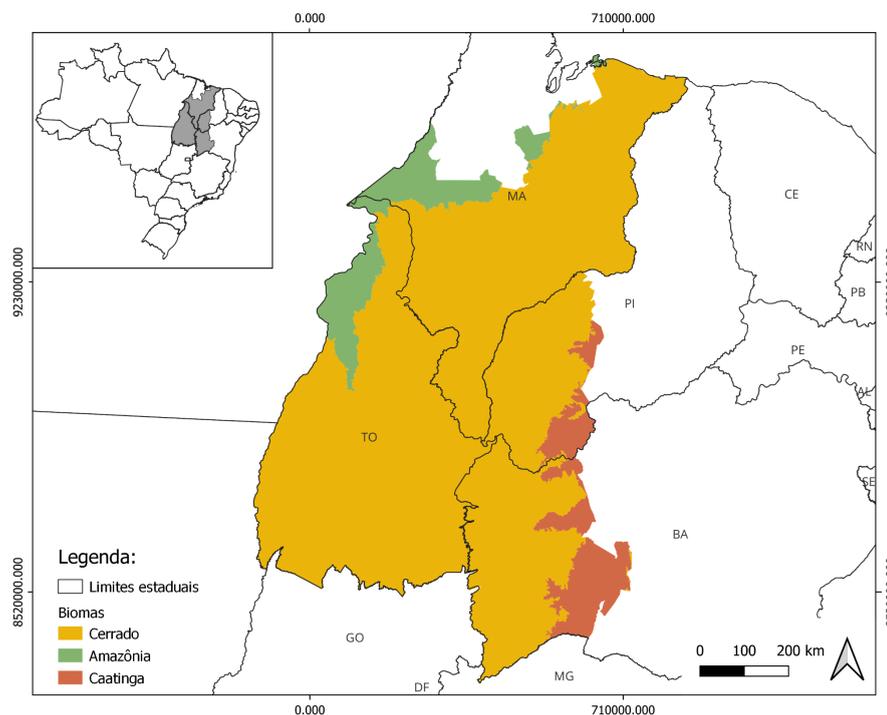
4.1.1. MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia)

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, cobrindo aproximadamente 2 milhões de km², o que representa cerca de 23% do território nacional (Ratter *et al.*, 1997). O Cerrado se destaca por sua alta biodiversidade, sendo reconhecido como um dos hotspots de biodiversidade do mundo devido à presença de inúmeras espécies endêmicas (Myers *et al.*, 2000). A área de estudo, localizada na região do MATOPIBA, está predominantemente inserida no bioma Cerrado, sendo considerada uma das principais fronteiras agrícolas do país (Miranda *et al.*, 2014).

MATOPIBA é um acrônimo utilizado para designar a região que abrange o estado do Tocantins, parte do Maranhão, Piauí e Bahia (Figura 4). A região foi oficializada no Decreto Nº 8.447 do Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba (PDA-Matopiba) em 6 de maio de 2015, revogado posteriormente em 2020. A região do MATOPIBA está inserida em 337 municípios e 31 microrregiões geográficas, totalizando cerca de 73 milhões de hectares. Devido a uma combinação de fatores, como a topografia relativamente plana, a disponibilidade de tecnologias agrícolas e o baixo custo das terras, a produção agropecuária na região do MATOPIBA é intensiva e altamente produtiva, o que impulsionou uma grande expansão agrícola iniciada em 1985 (EMBRAPA, 2024).

A região é conhecida como a "última fronteira agrícola" do Brasil por abranger as últimas remanescentes de vegetação nativa do Cerrado e devido a seu crescimento acelerado da produção de grãos, especialmente soja, milho, e algodão, dos quais uma grande parcela é destinada ao mercado externo (Cerqueira *et al.* 2022).

Figura 4. Mapa de localização e limite da região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) e seus biomas.



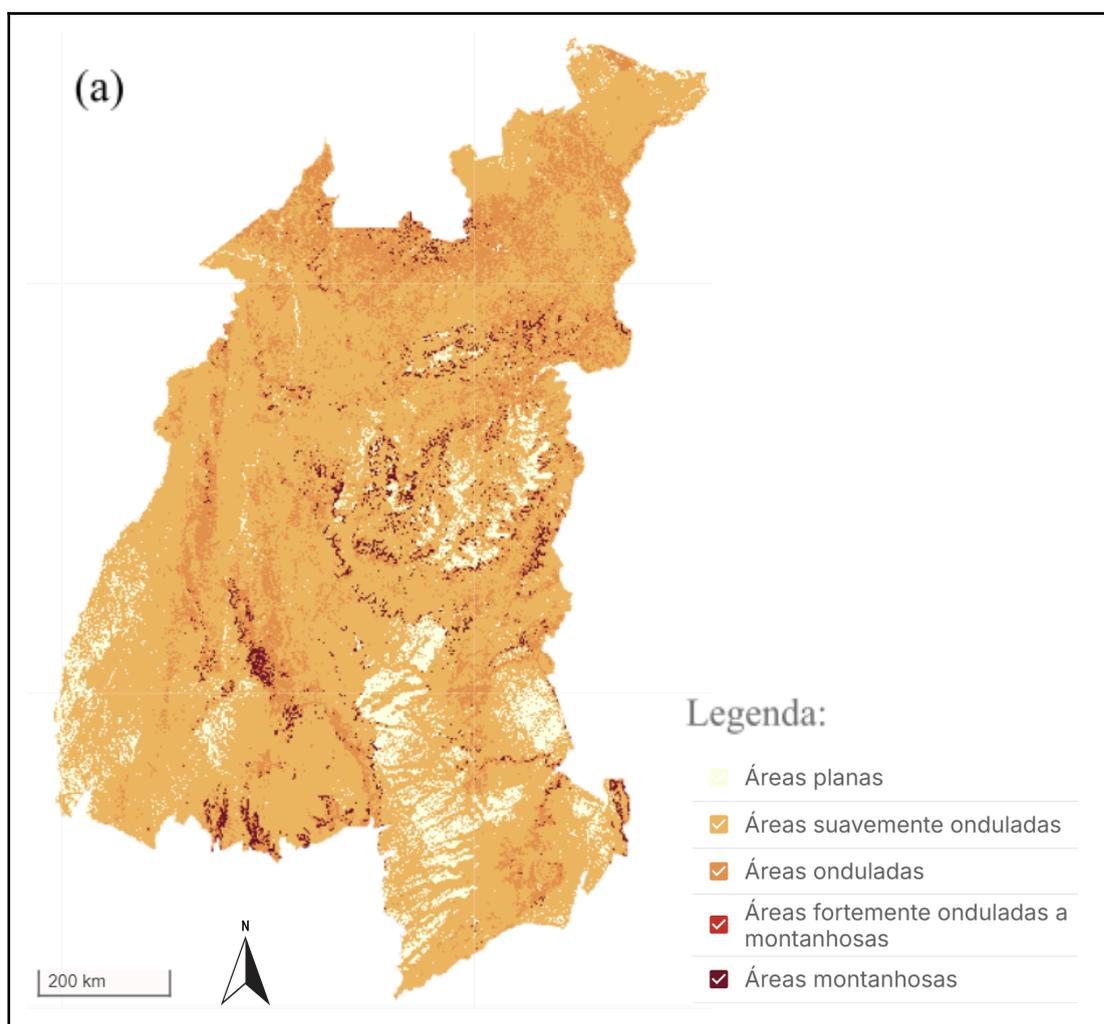
Fonte: Elaborado pelas autoras com dados da Embrapa e IBGE disponibilizados pelo MapBiomias 2024.

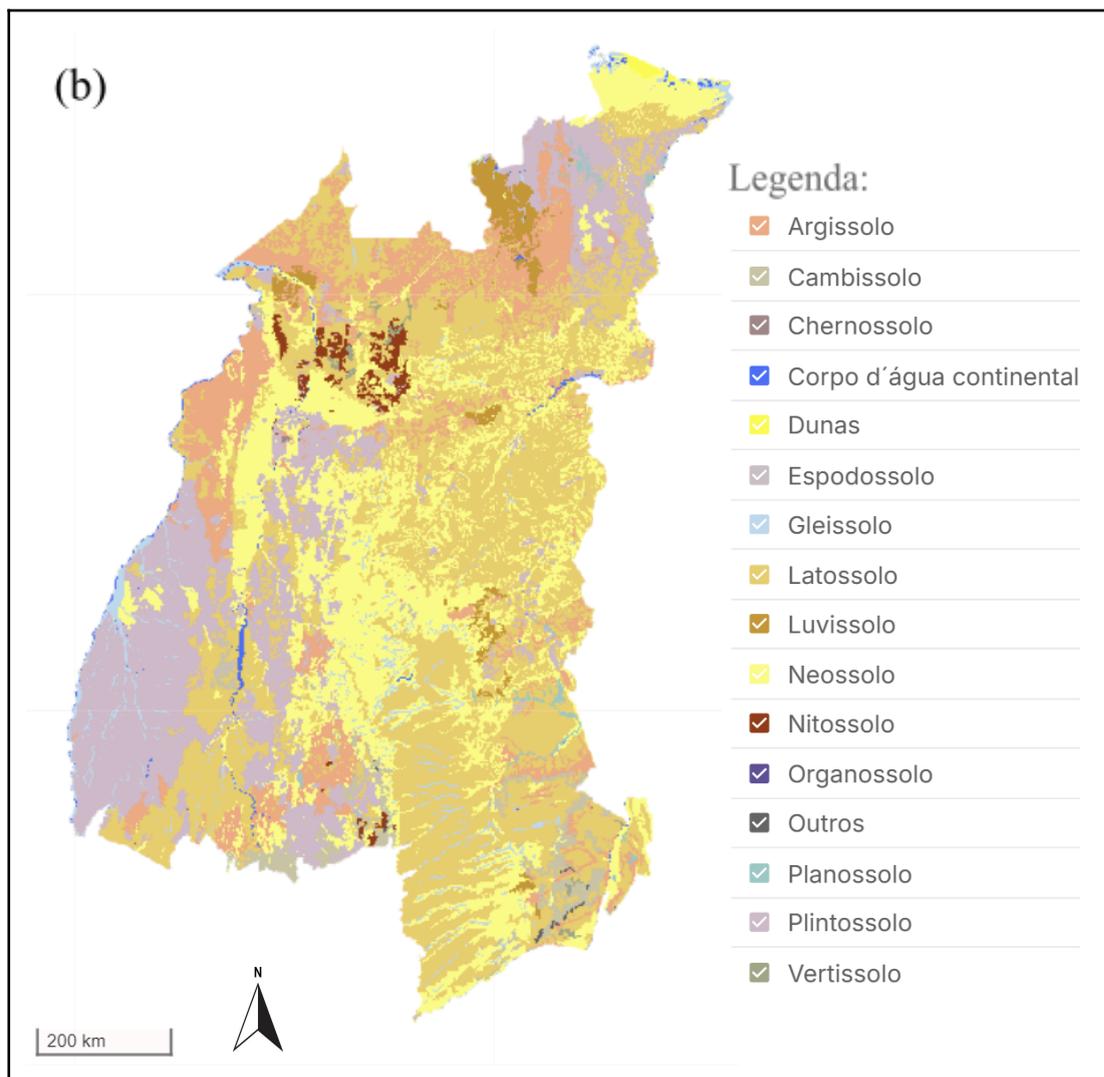
A vegetação predominante da região corresponde a fitofisionomias características do Cerrado, sendo elas agrupadas em formações florestais, savânicas e campestres. As formações florestais incluem Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão; as savânicas abrangem o Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda; já as campestres são compostas por Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre. As florestas possuem árvores com dossel contínuo ou descontínuo, enquanto as savanas têm árvores e arbustos esparsos sobre gramíneas. Os campos, por sua vez, são dominados por espécies herbáceas e arbustivas, sem a presença significativa de árvores (Ribeiro e Walter, 2008).

O clima predominante na região do MATOPIBA é classificado como tropical com inverno seco (AW), segundo a classificação climática de Köppen. A região apresenta duas estações bem definidas: uma estação chuvosa, que vai de outubro a abril, e uma estação seca, de maio a setembro. As temperaturas médias anuais variam entre 20 °C e 28 °C, enquanto a precipitação anual média varia entre 800 mm e 2200 mm, dependendo da localização específica na região (Alvares *et al.*, 2013).

Conforme a Figura 5 (a), o território do MATOPIBA é, em maior parte, classificado como área suavemente ondulada. É observado também que a maior classe de tipo de solo da região é o Latossolo, representando 38% do território, sendo altamente intemperizado, com baixa fertilidade, boa permeabilidade e alta porosidade. A segunda classe mais comum de solos na região é o Neossolo, caracterizado por solos arenosos e profundos, compostos principalmente por quartzo, correspondendo a 25% da área (Magalhães e Miranda, 2014; Araújo *et al.* 2019).

Figura 5. Mapa de declividade (a); e pedologia (b) da região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia)





Fonte: Elaborado pelas autoras, com dados do MapBiomias 2024.

4.1.2. AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia)

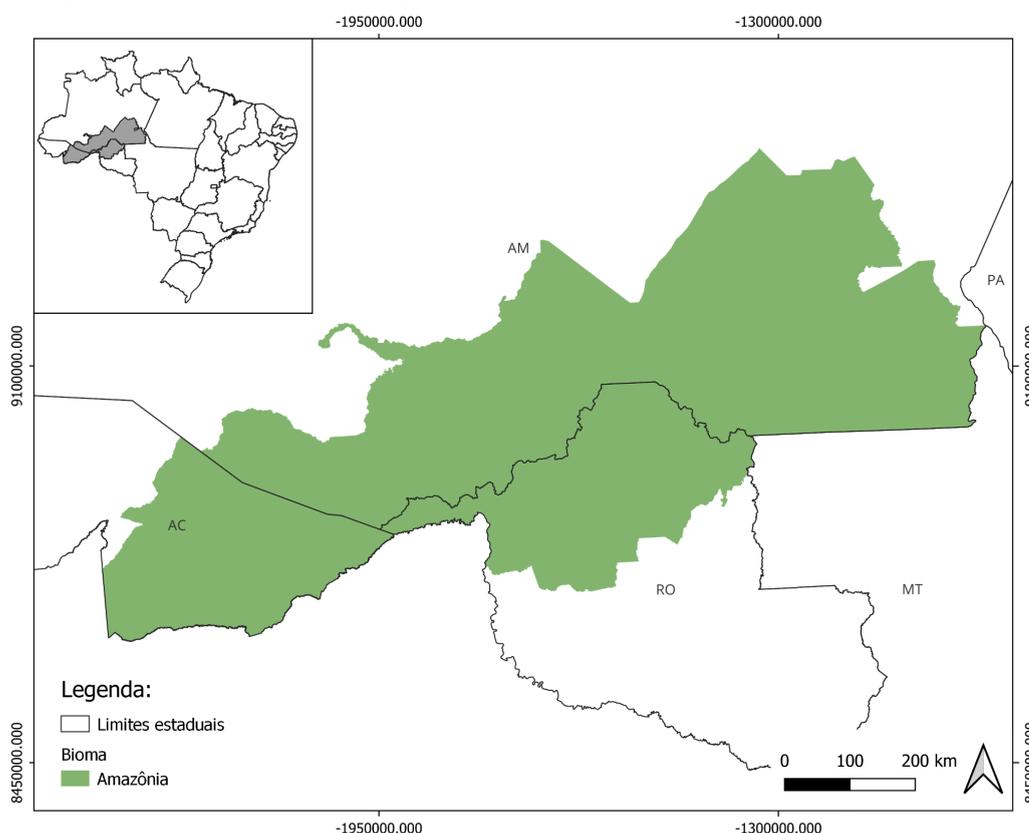
A Amazônia é considerada o maior bioma de floresta úmida do mundo, o qual contém a maior parcela das florestas úmidas remanescentes (Margulis, 2003). A Amazônia Legal cobre cerca de 60% do território brasileiro e abriga 21 milhões de habitantes, 12% da população total, dos quais 70% vivem em cidades e vilarejos (Margulis, 2003). De acordo com Margulis (2003), o uso sustentável dessas enormes riquezas garantiria os recursos para o futuro, porém a sustentabilidade ambiental é afetada pelas taxas de desmatamento, indicando a urgência de ações.

O ritmo de devastação de florestas da Amazônia atingiu um nível preocupante nos últimos anos, ultrapassando 10.000 km² de áreas desmatadas entre 2019 e 2020, tendo

avançado mais especificamente no estado do Amazonas entre a divisa da região sul do Acre e o norte de Rondônia, considerada uma área de expansão da fronteira agrícola amazônica pela forte presença de atividade agropecuária (Santos *et al.*, 2023). A região conhecida como AMACRO é o território de fronteira entre os estados do Amazonas, Acre e Rondônia, sendo considerada como a nova fronteira do desmatamento na Amazônia, e se caracteriza pelo ritmo intenso e tendência de aumento e devastação da floresta (Santos *et al.*, 2023).

A área de estudo corresponde à região AMACRO (Figura 6), o qual possui 454.220 km² de extensão, abrangendo cerca de 32 municípios com números relativamente altos de área desmatada nos últimos anos (Santos *et al.*, 2023).

Figura 6. Mapa de localização e limite da região AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia) e seu bioma.



Fonte: Elaborado pelas autoras com dados do IBGE disponibilizados pelo MapBiomias 2024.

A Amazônia possui uma diferenciação climática visível, principalmente pela influência da altitude, sendo sua classificação por Köppen em quatro tipos: Af (Clima equatorial) apresentando precipitação média razoável por mês; Am (Clima de monção) presença de um mês menos úmido; Cfa (Clima subtropical úmido) e Cfb (clima oceânico)

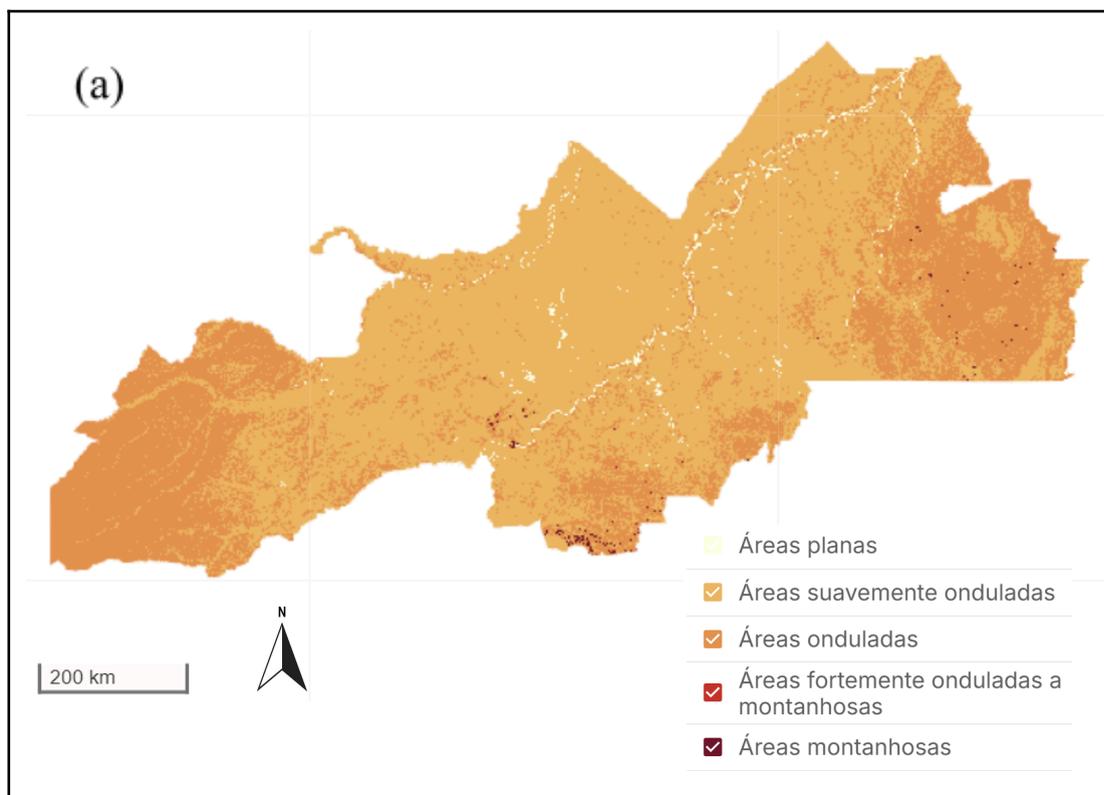
temperado) não apresentando muito período seco durante o ano (Novais, 2023). Essa grande variação climática na região, influencia diretamente na sua biodiversidade (Novais, 2023).

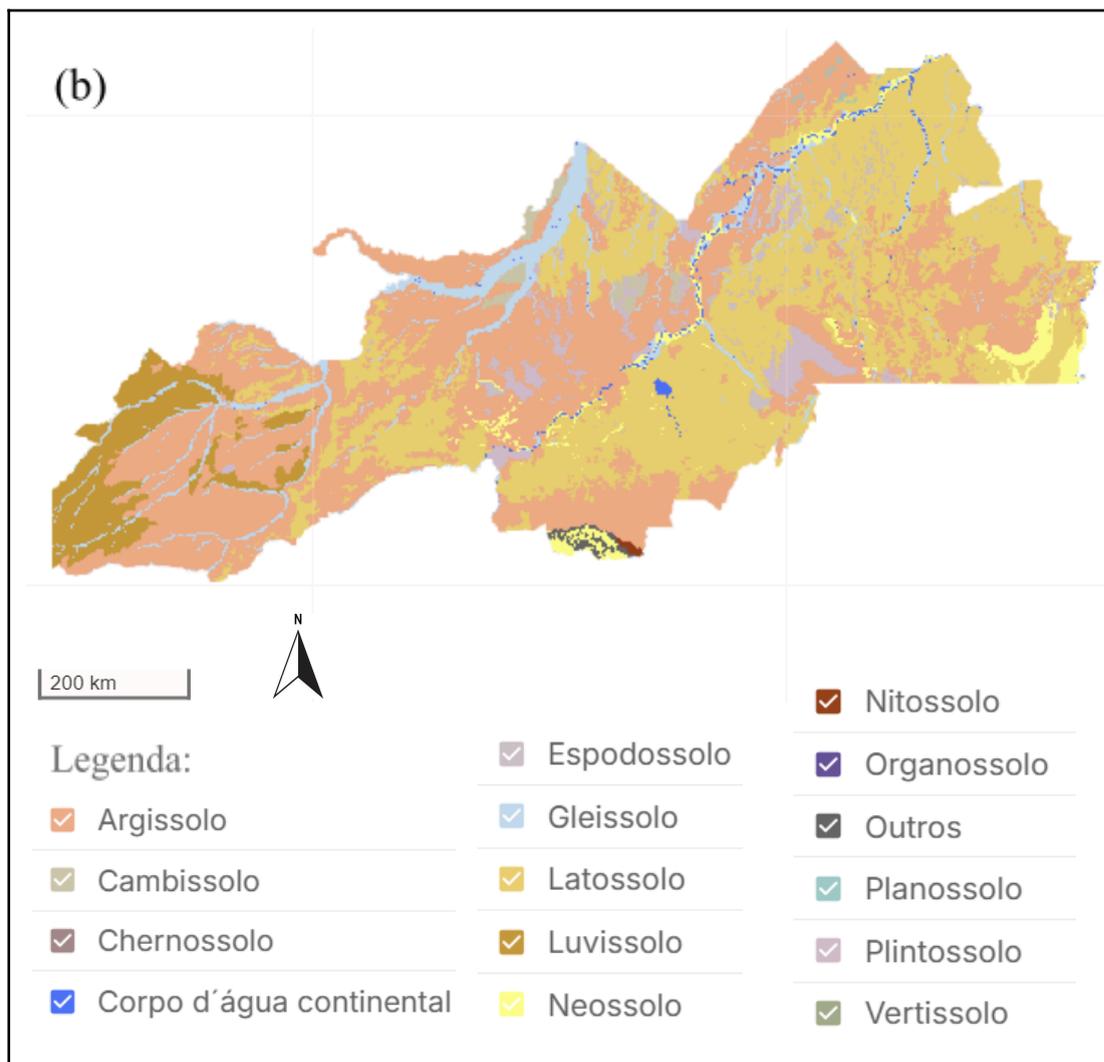
A região amazônica se caracteriza pela paisagem de mata de grande porte que se pode chamar de Floresta Tropical Úmida (Pires, 1972). Baseado em Pires (1972), as principais fitofisionomias que compõem a Amazônia são: Mata de Terra Firme, Mata de Várzea, Mata de Igapó, Campinas ou Caatingas Amazônicas, Campos de Terra Firme, Campos de Várzea e Vegetação Litorânea. Entretanto, as Matas de Terra Firme abrangem quase a totalidade da área, cerca de 90% de toda a extensão territorial da Amazônia sendo o restante composta por porcentagem pequenas ou quase insignificantes dos outros tipos de vegetação (Pires, 1972).

Em grande maioria os solos da região amazônica apresentam textura média-argilosa (Martha, 2011). Dentre as classes de solos dominantes os argissolos compreendem uma parte majoritária da região, seguidas pela presença dos latossolos, sendo mais presentes os latossolos amarelos; já Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos predominam nas planícies de inundações, opostos aos Plintossolos que são encontrados, predominantemente, em campos e cerrados principalmente; e Espodossolos predominam na área norte do Amazonas (Teixeira *et al.*, 2010). As demais classes ocorrem em menor proporção em relação à área total da região e das outras classes (Teixeira *et al.*, 2010).

Geologicamente, a Amazônia é uma bacia sedimentar, representada por formações cristalinas e sedimentares (Bacia paleozóico do Amazonas) (Vale, 2011). Quanto ao relevo, constitui-se numa região aplainada, com predomínio de superfícies onduladas e depressões, seguidas de planícies fluviais e, recortando essas superfícies surgem relevos residuais (Serras) altos planaltos e planaltos rebaixados (Vale, 2011). A Figura 7 classifica entre variação de cores a presença de determinadas características referentes à declividade (a) e à pedologia (b).

Figura 7. Mapa de declividade (a); e pedologia (b) da região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia).





Fonte: Elaborado pelas autoras, com dados do MapBiomas 2024.

4.2. Procedimentos metodológicos

Para o desenvolvimento do trabalho, foi utilizada uma metodologia organizada em 3 etapas principais:

- a) Etapa 1: aquisição e caracterização dos dados do MapBiomas;
- b) Etapa 2: análise estatística descritiva do registro histórico de uso e cobertura do solo;
- c) Etapa 3: comparação dos resultados obtidos e discussão dos impactos ambientais nas regiões de estudo.

4.3. Aquisição, caracterização e análise dos dados

Os dados utilizados neste trabalho são referentes à Coleção 8 e 9 do MapBiomas, a qual inclui mapas e dados anuais de cobertura e uso da terra no Brasil, abrangendo o período de 1985 a 2023, com uma precisão geral mínima de 82,3% para a coleção 8 e 84,6% para a 9.

Estes dados são abertos e de acesso público, gerados por classificação de imagens do satélite Landsat (MapBiomas, 2023-2024).

As atualizações de significância para o nosso estudo, realizadas na Coleção 9 referente a anterior, incluiu a reclassificação da classe "Outras Formações Não Florestais", para Pântano ou Vegetação de Restinga Herbácea, e a inclusão do módulo de variáveis ambientais como mapa de pedologia, (na escala 1:250.000; IBGE 2023), inclinação e orientação de inclinação (resolução de 30m; NASA JPL 2020), incluídas no trabalho (MapBiomas, 2024).

Os dados utilizados nas figuras e tabelas deste trabalho foram adquiridos por meio da página de estatísticas do MapBiomas (<https://brasil.mapbiomas.org/estatisticas/>), sendo referentes aos mapas de Cobertura e Transições dos recortes territoriais das regiões AMACRO e MATOPIBA. Para os mapas do histórico de Mudanças do Uso e Ocupação do Solo, foi utilizado os dashboards da plataforma de Cobertura e Uso da Terra do MapBiomas (<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>) com filtro de recorte territorial para "Territórios Especiais".

As classes de uso e cobertura do solo da plataforma do MapBiomas estão organizadas em níveis de 1 a 4, sendo que, quanto maior o nível, mais específicas são as classificações. O estudo analisou diferentes níveis e classes para as regiões, com base na relevância de cada classe para as áreas, visando uma melhor visualização e compreensão dos dados. Na região do MATOPIBA, foram consideradas as classes dos níveis 1, 2, 3 e 4, devido à maior presença de agricultura e culturas específicas, como soja e algodão. Já para a região do AMACRO, foram utilizados os níveis 1, e 2, devido à menor variabilidade no uso do solo. A legenda e a descrição das classes de uso e cobertura do solo utilizadas neste trabalho podem ser consultadas no Anexo A.

Para a análise dos dados de uso e ocupação do solo, foram realizadas a descrição das tendências, o cálculo da diferença relativa em porcentagem, a comparação entre os dados e discussão dos fatores que corroboram para a dinâmica das mudanças do solo.

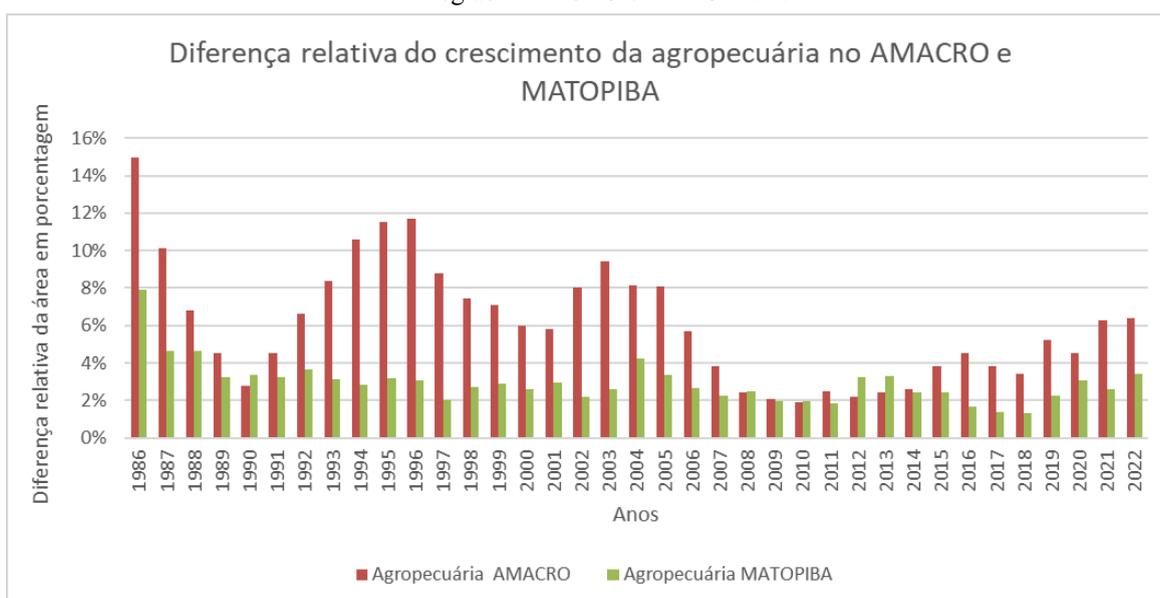
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As regiões do AMACRO e MATOPIBA apresentaram crescimento positivo na classe de uso do solo destinada à agropecuária em todos os anos disponíveis no MapBiomas (1985-2022). A Figura 8 mostra o crescimento da agropecuária em porcentagem nas duas regiões para cada ano, resultado do cálculo da diferença relativa em relação ao ano anterior. Observa-se que, na região do AMACRO, os anos com maior crescimento na agropecuária foram 1986, 1995, 1996 e 1994, com valores de 14,96%, 11,52%, 11,72% e 10,12%, respectivamente. Esses anos evidenciam uma tendência de alta conversão nos períodos de 1992-1997, 2001-2003 e 2014-2021.

Na região do MATOPIBA, a Figura 8 indica um maior crescimento da agropecuária nos anos de 1986, 1987, 1988 e 2004, com aumentos de 7,92%, 4,65%, 4,64% e 4,24%, respectivamente. Nos anos de 1990, 2008, 2010, 2012 e 2013, é possível observar que a porcentagem da diferença relativa de conversão de áreas destinadas à agropecuária em relação ao ano anterior na área do MATOPIBA supera a da região do AMACRO.

Na Figura 8, é visto uma correlação positiva entre o crescimento da agropecuária nas regiões do AMACRO e do MATOPIBA, especificamente para os períodos de 1986 a 1990 e de 2004 a 2010 quando houve uma diminuição no crescimento anual, e de 2018 a 2022, quando ocorreu um aumento nas áreas destinadas ao agronegócio.

Figura 8. Gráfico de diferença relativa com relação ao ano anterior da classe “Agropecuária” em porcentagem da região AMACRO e MATOPIBA.



Fonte: Elaborado pelas autoras com dados do MapBiomas 2024.

Em relação às taxas de conversão da região AMACRO, muito se envolve com a política ruralista que considera aqueles pertencentes às bancadas as quais representam os interesses da classe dos proprietários de terra no Brasil, ou seja, os políticos que protagonizam a questão agrária brasileira e estão inseridos nas dinâmicas territoriais de apropriação de terras em meio à lógica do desenvolvimento desigual e combinado no modo capitalista de produção na agricultura (Costa e Oliveira, 2011 *apud* Cunha, 2017). A bancada ruralista do Congresso Nacional é um grupo suprapartidário, informal e de grande eficiência, sua finalidade é atender as pautas do empresariado rural, podendo até se posicionar contra o governo para ver seus pleitos satisfeitos (Diap, 2006).

A ação do Estado na Amazônia se fundamenta como uma alternativa geopolítica para a necessidade de abrandamento das tensões na estrutura fundiária do Brasil (Santos, 2020). Já o Polocentro responsável por uma territorialidade nas áreas de Cerrado implicitamente teve suas intenções político-ideológicas sob o slogan de que ele “se transformaria no celeiro mundial de grãos” o que levou o governo a criar uma série de mecanismos para viabilizar o grande empreendimento na área do cerrado (Pessôa e Sanchez, 1989 *apud* Santos, 2020), trazendo essa maior consolidação de terras agricultáveis.

É possível observar um paralelo entre os mandatos presidenciais e a mudança de uso do solo em ambas as áreas pela Figura 8. Alguns períodos que marcam a diminuição do crescimento da agropecuária coincidem com os mandatos de José Sarney (1985-1990), Luiz Inácio Lula da Silva (2003-2010), e há variação intensa no governo FHC (1995-2003) na região AMACRO, enquanto um dos aumentos do crescimento da agropecuária para ambas as regiões ocorreu durante o mandato do ex-presidente Jair Bolsonaro (2019-2022).

Os estudos de Bolliger e Oliveira (2010) e Khan e Silva (2023) trazem fatores que corroboram com a dinâmica do gráfico 8 e os paralelos entre os mandatos presidenciais da época. Bolliger e Oliveira (2010) afirmam que com a abertura comercial e alta inflação registrada no final da década de 80, durante o governo de Sarney, o setor da agropecuária sofreu certos déficits, da qual logo se recuperou pela modernização e profissionalização que resultou em maior produtividade.

De acordo com Grisa (2021), durante o governo do FHC (1995-2003), com intuito de combater a inflação do governo anterior de Fernando Collor, houve uma tentativa de adequar o setor agropecuário em coerência com o global. Grisa (2021) afirma que as principais ações de política agrícola utilizadas basearam-se no crédito rural, privilegiando fontes não públicas de recursos e em formato diminuto comparado aos governos anteriores, foi um período de

reformas na política agrícola que orientou o projeto de modernização da agricultura, marcado pela forte intervenção do Estado na agricultura e na integração desta com a indústria.

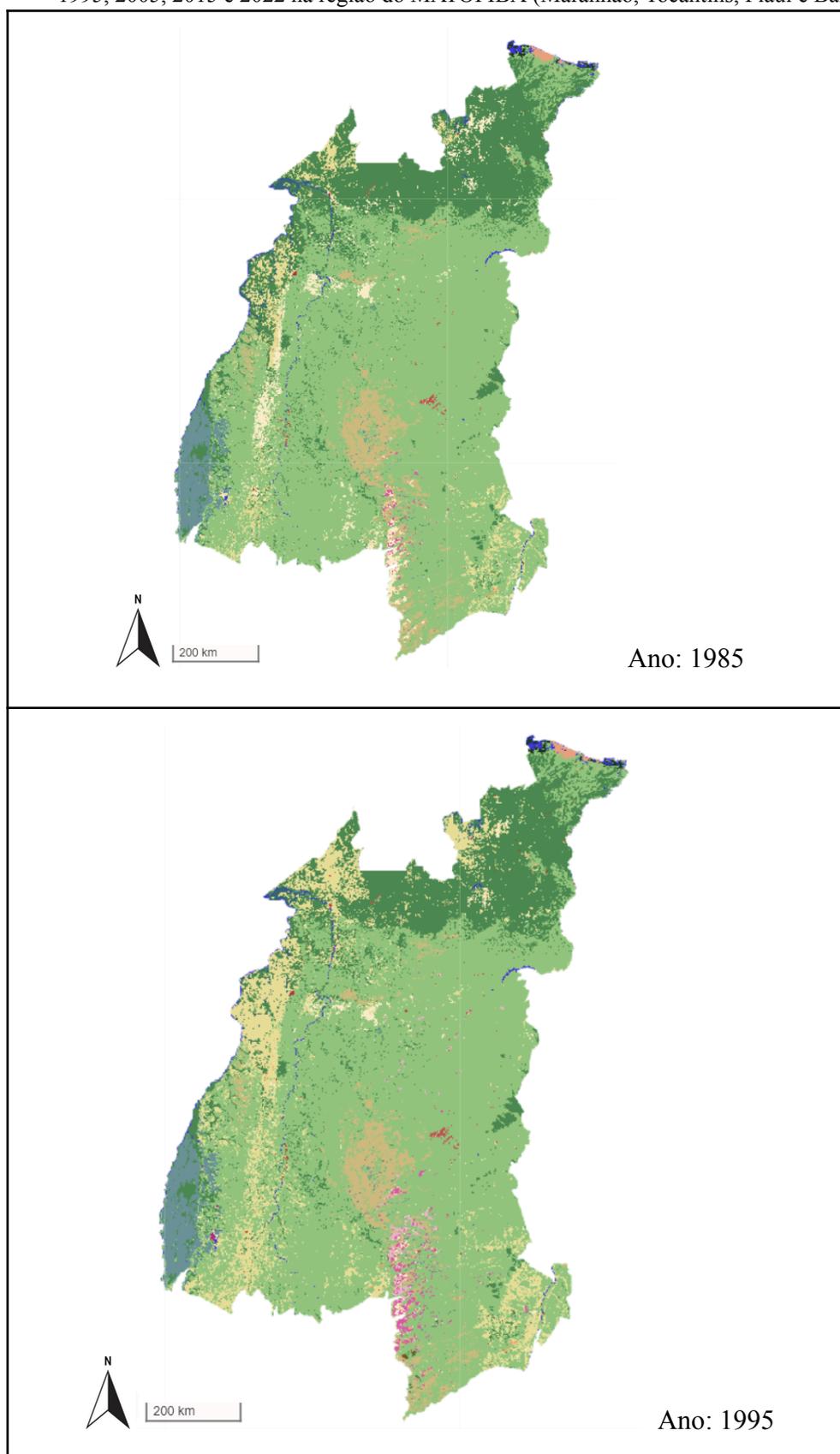
Durante o primeiro e segundo mandato de Lula, Khan e Silva (2023) destacam políticas influentes na proteção ambiental, como a criação, em 2004, do Plano Estadual de Prevenção e Controle de Alternativas ao Desmatamento (PPCAD), o Decreto Presidencial 6.321, que classificou os municípios conforme os níveis de desmatamento, e sua edição em 2008, que facilitou os processos relacionados a infrações e penalidades ambientais, além da adoção de medidas restritivas de crédito para produtores com irregularidades ambientais.

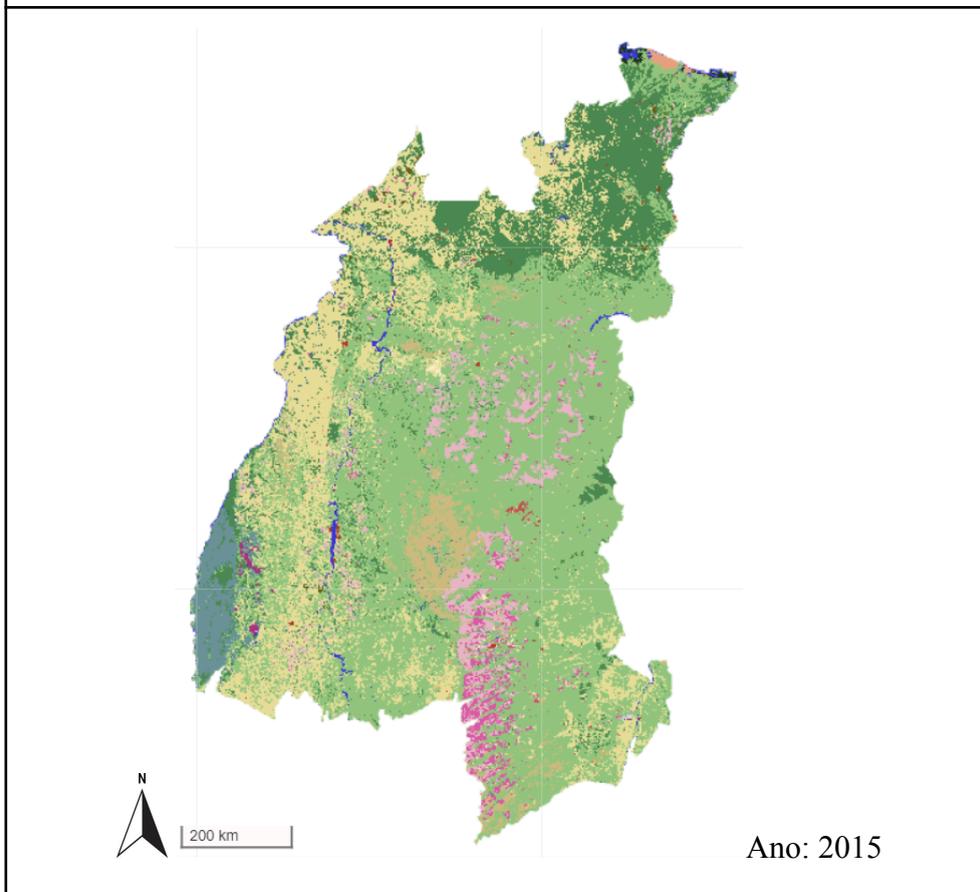
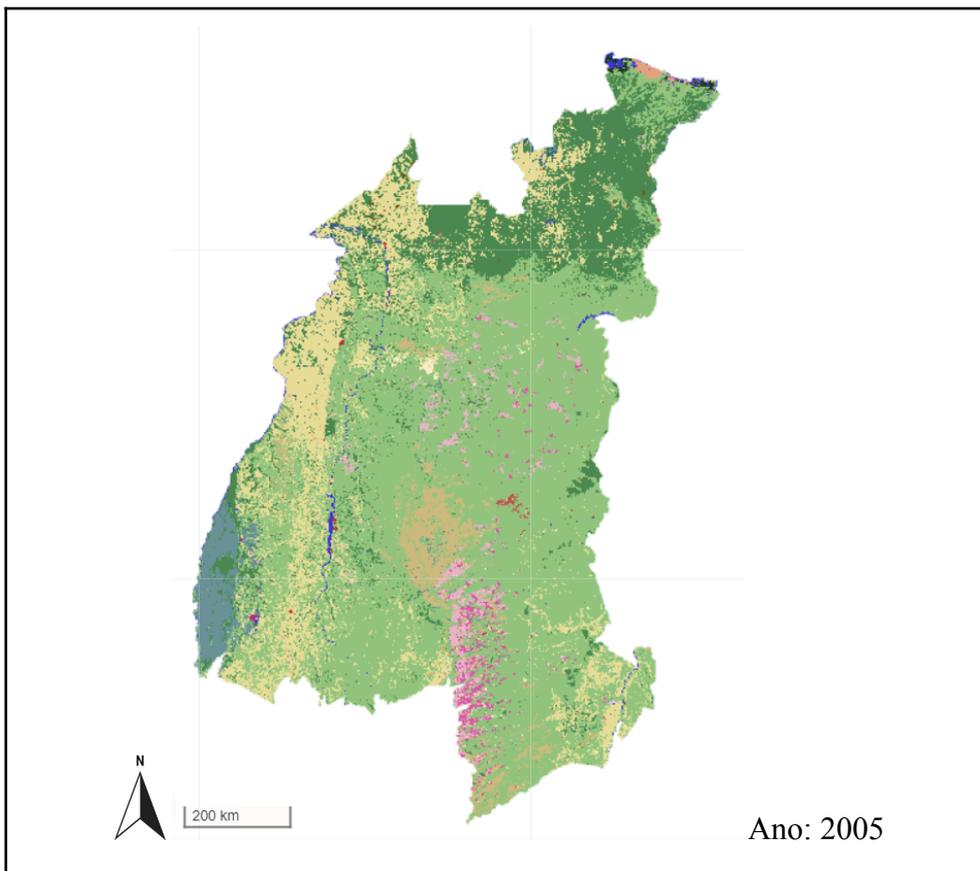
Na gestão de Jair Bolsonaro (2019-2022), Werneck *et al.* (2021) indicam a ocorrência de um desmonte das estruturas de proteção socioambiental, com um total de 593 normas ambientais impactadas pelo governo. Khan e Silva (2023) também apontaram a interrupção do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), a substituição de técnicos do Ibama por militares na fiscalização e a suspensão dos donativos do Fundo Amazônia em 2019, que havia sido criado em 2008. Essas ações resultaram em um aumento do desmatamento e na expansão da agropecuária, como apresentado na figura 8.

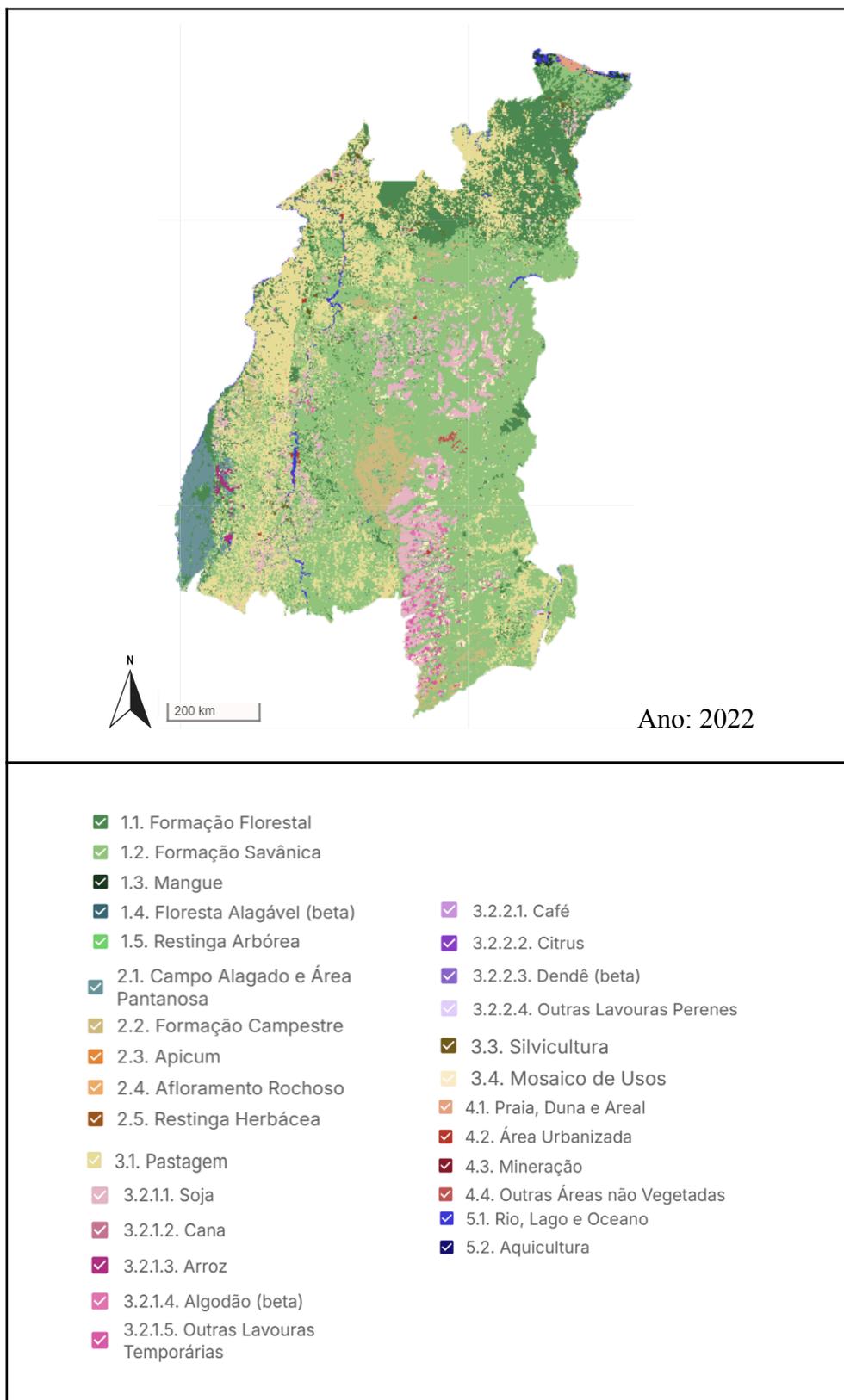
5.1. MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia)

A transformação da cobertura do solo na região do MATOPIBA vem se intensificando ao longo dos anos. A Figura 9 mostra o histórico de mudanças no uso e ocupação do solo, sendo possível notar um grande avanço principalmente da soja, em conjunto com outras lavouras temporárias na região sul do MATOPIBA (oeste da Bahia). Também é possível verificar a expansão de soja na região central do MATOPIBA (Piauí e parte sul do Maranhão). Essas regiões foram similares às encontradas na pesquisa de Polizel (2021), que indica o crescimento expressivo de soja para os municípios do sul do Maranhão, sudoeste do Piauí e oeste da Bahia.

Figura 9. Mapas do histórico de mudanças do uso e ocupação do solo e suas classes referente aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).





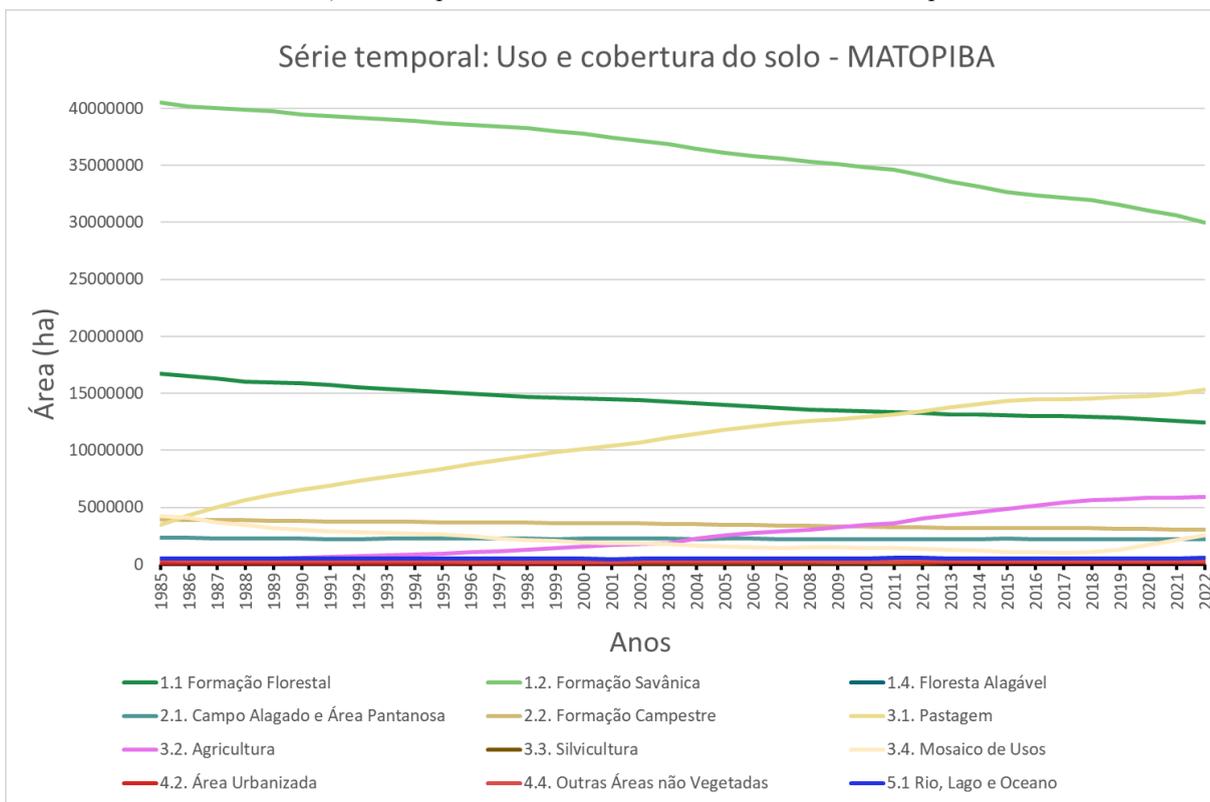


Fonte: Elaborado pelas autoras, com dados do MapBiomas, 2024.

Na Figura 9 é identificado o crescimento de áreas destinadas à plantação de arroz na região sudoeste do MATOPIBA, próximo às áreas pantanosas e de campo alagado do estado do Tocantins, especificamente nos municípios de Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão e Pium. Ademais, a classe que apresentou o maior aumento de áreas foi a pastagem, que, embora tenha ocorrido em toda a região, se concentrou principalmente nas extremidades oeste e norte da fronteira agrícola. O estudo de Pereira *et al.* (2019) identificou o MATOPIBA como a região com a maior concentração de pastagens degradadas do Cerrado, especialmente nas mesorregiões da Bahia, Piauí e Maranhão. O estudo indicou que as áreas com práticas de manejo do solo menos eficientes, menor renda e rebanho bovino reduzido são as mesmas que apresentam a maior extensão de pastagens degradadas.

A Figura 10 evidencia a série histórica do uso e cobertura do solo para os anos de 1985 a 2022 na região do MATOPIBA. Conforme apresentado na figura, as classes de “Formação Savânica” e “Formação Florestal” apresentaram uma queda constante para o período, indicando uma perda da vegetação nativa. Em contraste, ocorreu um elevado crescimento de uso do solo para a pastagem, que chegou a ultrapassar, no ano de 2012, a quantidade de área destinada à formação florestal. A agricultura também teve um crescimento significativo, chegando a ultrapassar em área as classes como “Mosaico de Usos” em 2003, “Campo alagado e Área Pantanosa” em 2004 e a “Formação Campestre” em 2010.

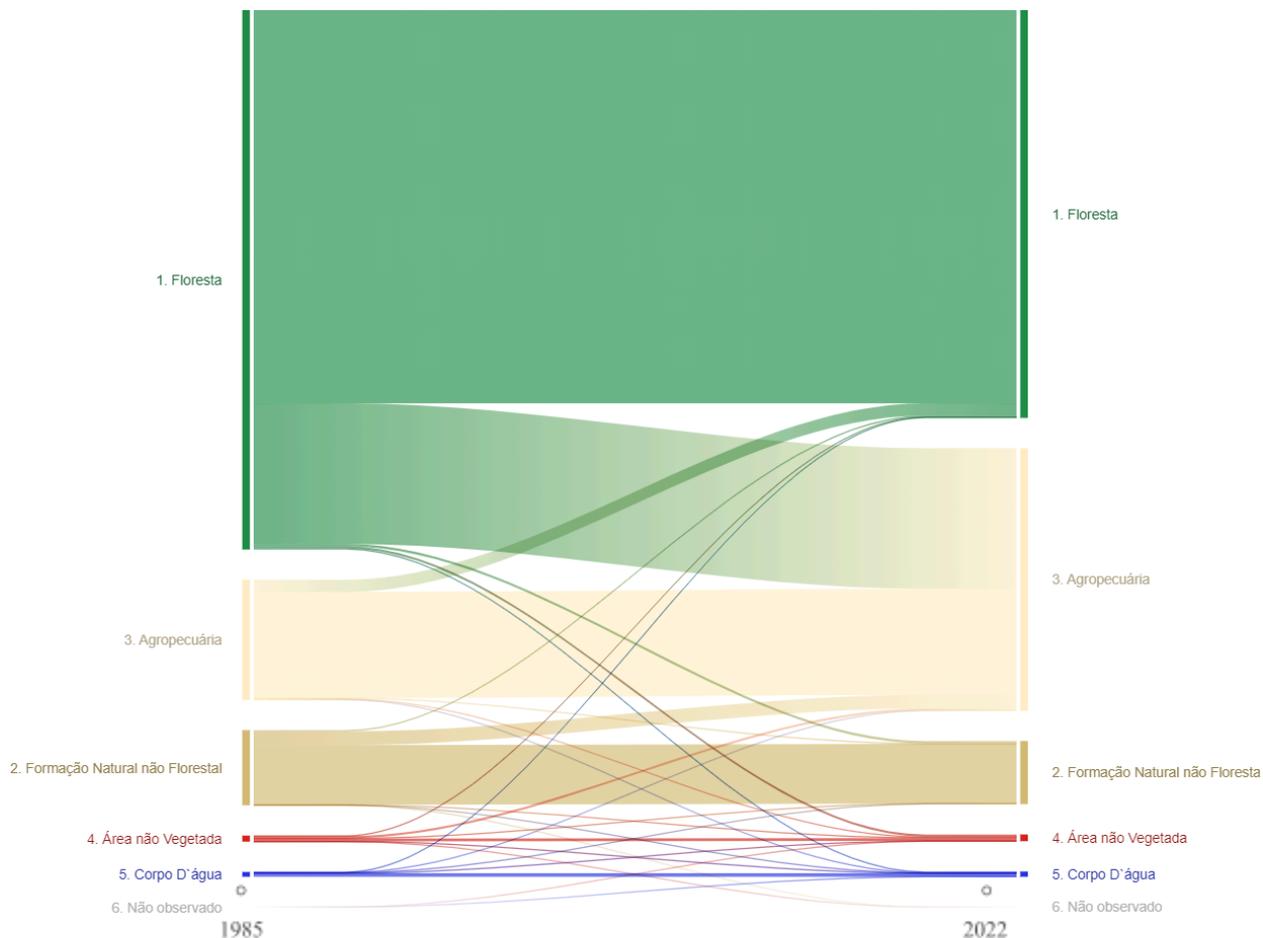
Figura 10. Gráfico de série histórica de uso e cobertura do solo na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) em área por hectare utilizando dados no nível 2 do MapBiomias.



Fonte: Elaborado pelas autoras com dados do MapBiomias, 2024.

Conforme o Diagrama de Sankey (Figura 11), é possível identificar que quase toda agropecuária da região se instaurou por meio de conversão da classe “Floresta”, que inclui as “Formação Florestal” e “Formação Savânica”. A área da agropecuária dobrou de tamanho, indicando um crescimento de mais de 202%.

Figura 11. Diagrama Sankey com dado nível 1 de uso e cobertura do solo do MapBiomias na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), de 1985 a 2022.



Fonte: MapBiomias, 2024

As classes de uso e cobertura do solo disponibilizadas pelo MapBiomias na categoria nível 2 foram retratadas na Tabela 1, abrangendo o período de 1985 a 2022. Verificou-se que as maiores perdas de cobertura de solo durante todo o período ocorreram para as classes “Formação Savânica” em 10,5 milhões de hectares (14,4%), “Formação Florestal” com 4,3 milhões de hectares (5,9%) e “Mosaico de Usos” com aproximadamente 1,7 milhão de hectare (2,3%). Em contraste, as classes com maior ganho de ocupação do solo foram: “Pastagem” com aproximadamente 11,8 milhões de hectares, (16,2%) “Agricultura” com 5,6 milhões de hectares (7,7%) e “Silvicultura” com 251 mil hectares (0,3%). Esses valores indicam crescimento extensivo de aproximadamente 24% da agropecuária na região do MATOPIBA e uma supressão de vegetação nativa maior que 20%.

Tabela 1. Valores em hectares de Classes de Uso e ocupação do Solo, nível 2, entre 1985 a 2022, na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).

Classes de Uso e Cobertura do Solo	1985		1995		2005		2015		2022	
	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%	ÁREA (ha)	%
1.1 Formação Florestal	16743474	22,9	15081480,72	20,6	13954480,27	19,1	13072093,26	17,9	12458753	17,0
1.2. Formação Savânica	40516596,8	55,4	38726221,13	52,9	36110506,74	49,4	32681474,55	44,7	29970653	41,0
1.3. Mangue	78064,1764	0,1	78940,44076	0,1	81795,50322	0,1	83310,42111	0,1	84161,865	0,1
1.4. Floresta Alagável	446029,368	0,6	293302,4806	0,4	178476,8989	0,2	187150,7705	0,3	151111,8	0,2
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	2332121,8	3,2	2231267,377	3,0	2231291,279	3,0	2232225,979	3,1	2215720,4	3,0
2.2. Formação Campestre	3938874,32	5,4	3694686,48	5,1	3467943,469	4,7	3183234,083	4,4	3009950,5	4,1
2.3. Apicum	10539,4454	0,0	10326,56437	0,0	11035,93695	0,0	9031,500526	0,0	8041,6995	0,0
2.4. Afloramento Rochoso	111657,361	0,2	111976,9415	0,2	111981,0767	0,2	111939,5287	0,2	111992,03	0,2
3.1. Pastagem	3450372,99	4,7	8372148,602	11,4	11778807,08	16,1	14307149,3	19,6	15309638	20,9
3.2. Agricultura	249265,143	0,3	916428,0299	1,3	2521900,876	3,4	4888381,577	6,7	5889448,8	8,1
3.3. Silvicultura	132,002102	0,0	19367,11816	0,0	72554,78097	0,1	198776,5513	0,3	252013,11	0,3
3.4. Mosaico de Usos	4235103,18	5,8	2617606,028	3,6	1589927,013	2,2	1086210,836	1,5	2553466	3,5
4.1. Praia, Duna e Areal	98805,2991	0,1	103673,6021	0,1	106744,1845	0,1	106982,7503	0,1	98719,69	0,1
4.2. Área Urbanizada	74663,6837	0,1	111383,392	0,2	130009,5613	0,2	156201,4186	0,2	169185,68	0,2
4.3. Mineração	121,746405	0,0	489,1432755	0,0	1073,073313	0,0	1370,042795	0,0	1510,3289	0,0
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	356002,169	0,5	270187,2204	0,4	289980,3645	0,4	318368,3397	0,4	301724,91	0,4
5.1 Rio, Lago e Oceano	515310,361	0,7	518068,7389	0,7	519034,354	0,7	533637,9969	0,7	571337,35	0,8
5.2 Aquicultura	380,930179	0,0	5,536232977	0,0	32,23430145	0,0	32,9486225	0,0	50,181867	0,0
6. Não observado	116,2563	0,0	71,41320335	0,0	56,2529298	0,0	59,10733571	0,0	152,64174	0,0
Total Geral	73157631	100	73157630,96	100	73157630,96	100,0	73157630,96	100	73157631	100

Fonte: Elaborado pelas autoras com dados do MapBiomass, 2024.

Esse rápido crescimento da agropecuária é destacado por Nepomoceno e Carniatio (2022) como uma expressão significativa que se opõe à sustentabilidade e que impacta constantemente as populações locais. A carta aberta da Campanha Nacional em Defesa do Cerrado (2016), elaborada por comunidades tradicionais, aponta violações de direitos humanos ocorridas na região do MATOPIBA, incluindo: expulsão de comunidades, desaparecimento de mananciais, poluição das fontes de água devido ao uso excessivo de agrotóxicos em monoculturas, degradação do solo e extinção de árvores e frutos nativos essenciais para a cultura alimentar da região, agravando a insegurança alimentar das comunidades.

Na análise da agricultura na região do MATOPIBA (Tabela 2), foi identificado um aumento significativo no cultivo de soja, com um crescimento de 6,38% no uso do solo em 2022 em comparação a 1985, o que corresponde a um aumento de 4,7 milhões de hectares de soja. A área de cultivo de soja para o ano de 2022 representou cerca de 79,2% de toda a agricultura no MATOPIBA, com a classe de 'Outras Lavouras Temporárias' em segundo lugar, representando 14% da agricultura na região. O cultivo de algodão também teve destaque, representando um total de 3,4% de toda a região do MATOPIBA, equivalente a 3,4% de toda a área agrícola. O único cultivo com perda de ocupação do solo foi o café, que diminuiu em 16,7 mil hectares. A pesquisa de Freitas (2022) também indicou valores similares de

crescimento acentuado para a soja e o algodão no MATOPIBA, destacando que a expansão do algodão ocorreu especialmente a partir de 2004 e está relacionada às mudanças estruturais na cadeia do agronegócio do algodão no Brasil desde a década de 1990. Além disso, afirma que as culturas permanentes e temporárias possuem diferentes necessidades em termos de insumos, crédito agrícola, assistência técnica e políticas de comercialização.

A pesquisa de Zimmermann (2009), indica que com o aumento da monocultura e do uso intensivo de fertilizantes para elevar a produtividade, surgem riscos ambientais, como desmatamento, queimadas, extinção de espécies nativas, erosão do solo e também desequilíbrio no ciclo da água.

Um levantamento realizado por Filho e Lima (2002) sinaliza que as erosões acentuadas facilitam a poluição de águas superficiais por agrotóxicos/corretivos. É disposto que o uso excessivo dos agrotóxicos pode gerar a contaminação do solo e água, além do potencial de contaminação de águas subterrâneas.

Tabela 2. Valores em hectares de uso e cobertura do solo para a classe de agricultura (nível 4) do MapBiomias, entre 1985 e 2022, na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia).

Classes da Agricultura de Uso e Cobertura da Terra (nível 4)	1985		1995		2005		2015		2022	
	ÁREA (ha)	%								
3.2.1.1. Soja	1367,124023	0,00	344315,1033	0,47	1566947,892	2,14	3283741,596	4,49	4665584,545	6,38
3.2.1.2. Cana	0	0,00	209,8895761	0,00	9518,934026	0,01	22066,20369	0,03	23163,0965	0,03
3.2.1.3. Arroz	878,5051061	0,00	13762,07275	0,02	18526,22156	0,03	75676,69651	0,10	100250,3219	0,14
3.2.1.4. Algodão (beta)	0	0,00	0	0,00	23053,07208	0,03	79495,87839	0,11	198485,8399	0,27
3.2.1.5. Outras Lavouras Temporárias	185268,7364	0,25	531229,8458	0,73	875113,443	1,20	1399617,835	1,91	849330,4751	1,16
3.2.2.1. Café	34436,62183	0,05	21868,96432	0,03	17543,01319	0,02	17334,26072	0,02	17730,8673	0,02
3.2.2.4. Outras Lavouras Perenes	27314,15599	0,04	5042,154098	0,01	11198,29982	0,02	10449,10662	0,01	34903,65537	0,05
Área total MatoPIBA	73157630,96	100								

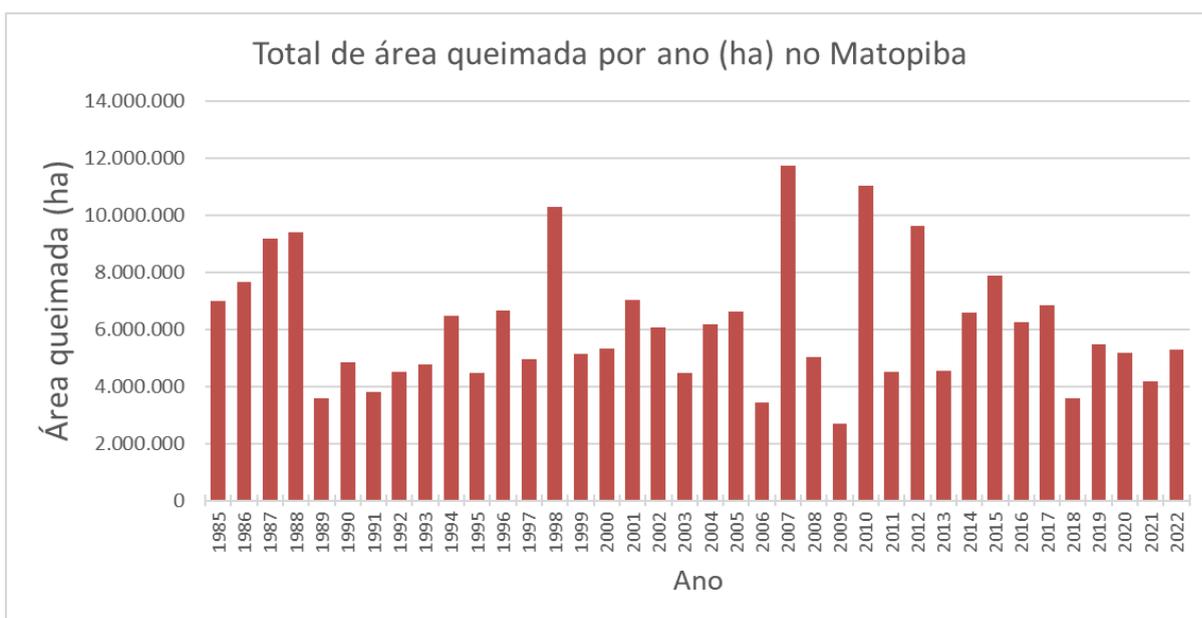
Fonte: Elaborado pelas autoras com dados do MapBiomias, 2024.

O estudo de Queiroz (2009) correlaciona a grande expansão da área de plantio de soja no Cerrado com impactos diretos e indiretos nas espécies da flora e fauna e seus habitats naturais, especialmente relevante devido ao alto número de espécies endêmicas e à pequena porção de área preservada. Os sucessivos recordes de desmatamento nos principais estados produtores de soja tem, portanto, estreita conexão com a perda de biodiversidade no Cerrado.

Para a região do MATOPIBA, os anos que apresentaram a maior quantidade de área queimada, conforme representado na Figura 12, foram 2007, com queimadas em 16% da área, 2010 com 15%, 1998 com 14% e 2012 com 13%. No geral, a média anual de área queimada para o período analisado foi de aproximadamente 6 milhões de hectares, correspondendo a

cerca de 8,6% da região. A pesquisa de Souza *et al.* (2020) encontrou uma relação positiva e moderada entre o desmatamento e o fogo, indicando um valor de correlação de Pearson (r) de +0,50, explicada pelo uso antrópico do fogo em diversas atividades, como o desmatamento e as práticas de manejo agrícola.

Figura 12. Gráfico da área queimada registrada na região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) no período de 1985 a 2022.



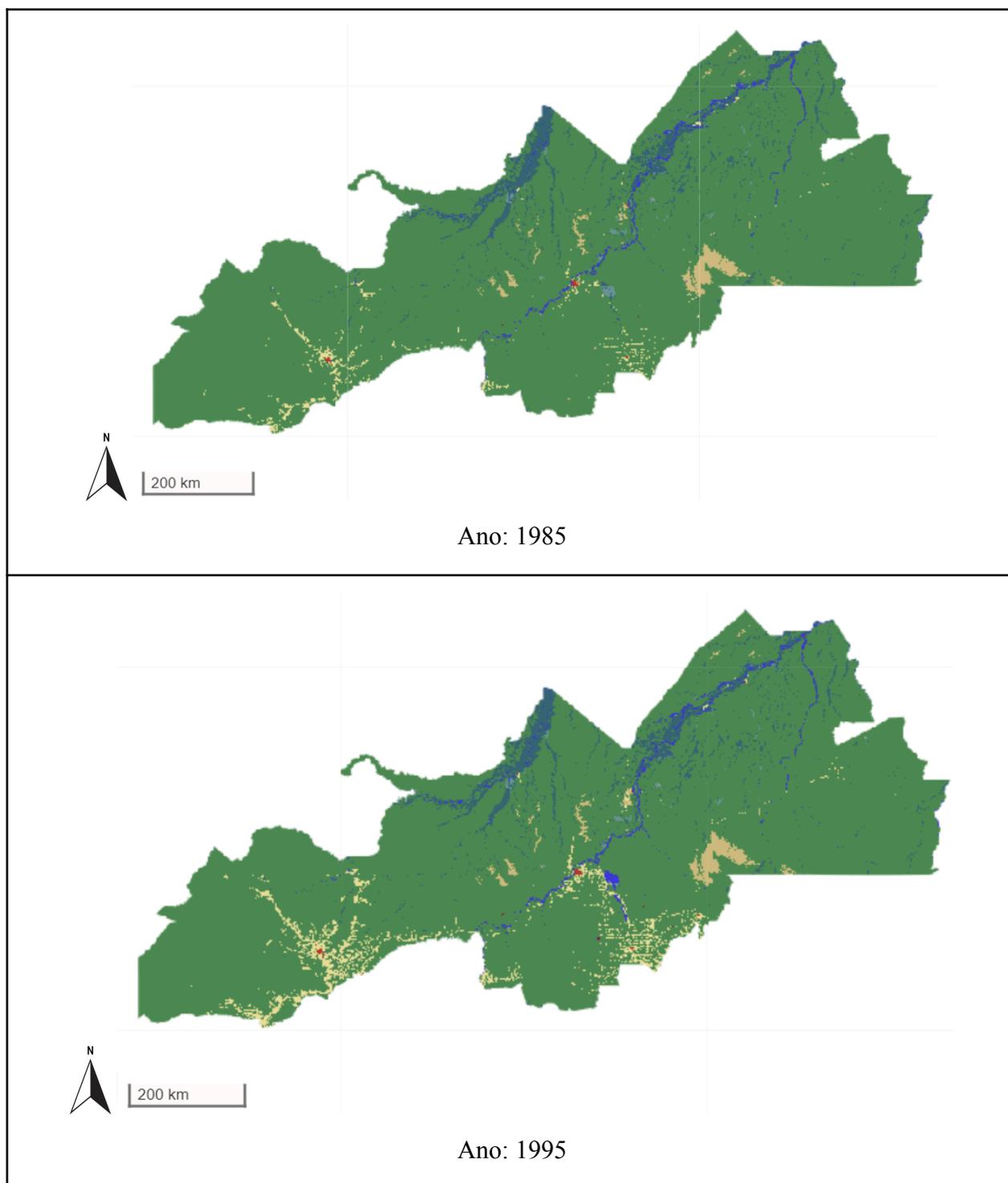
Fonte: Elaborado pelas autoras com dados do MapBiomias, 2024.

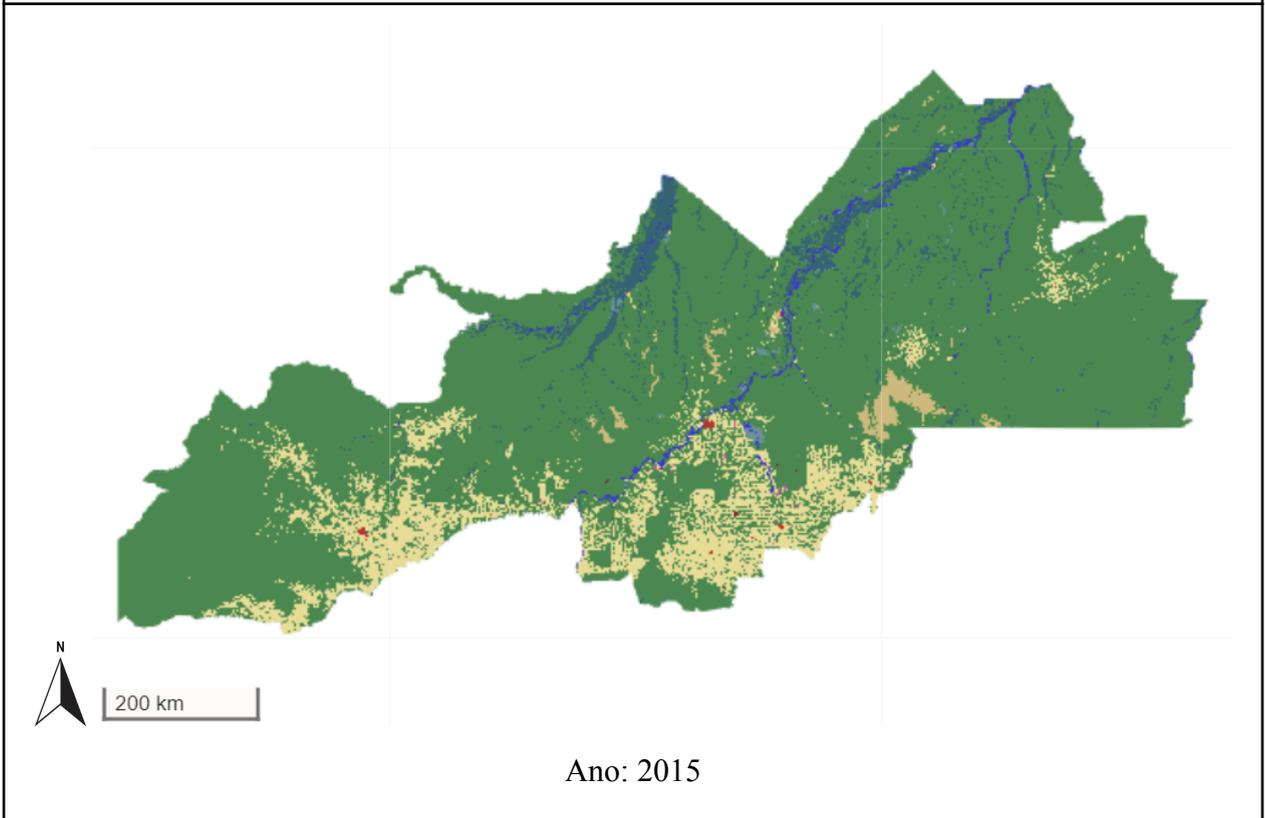
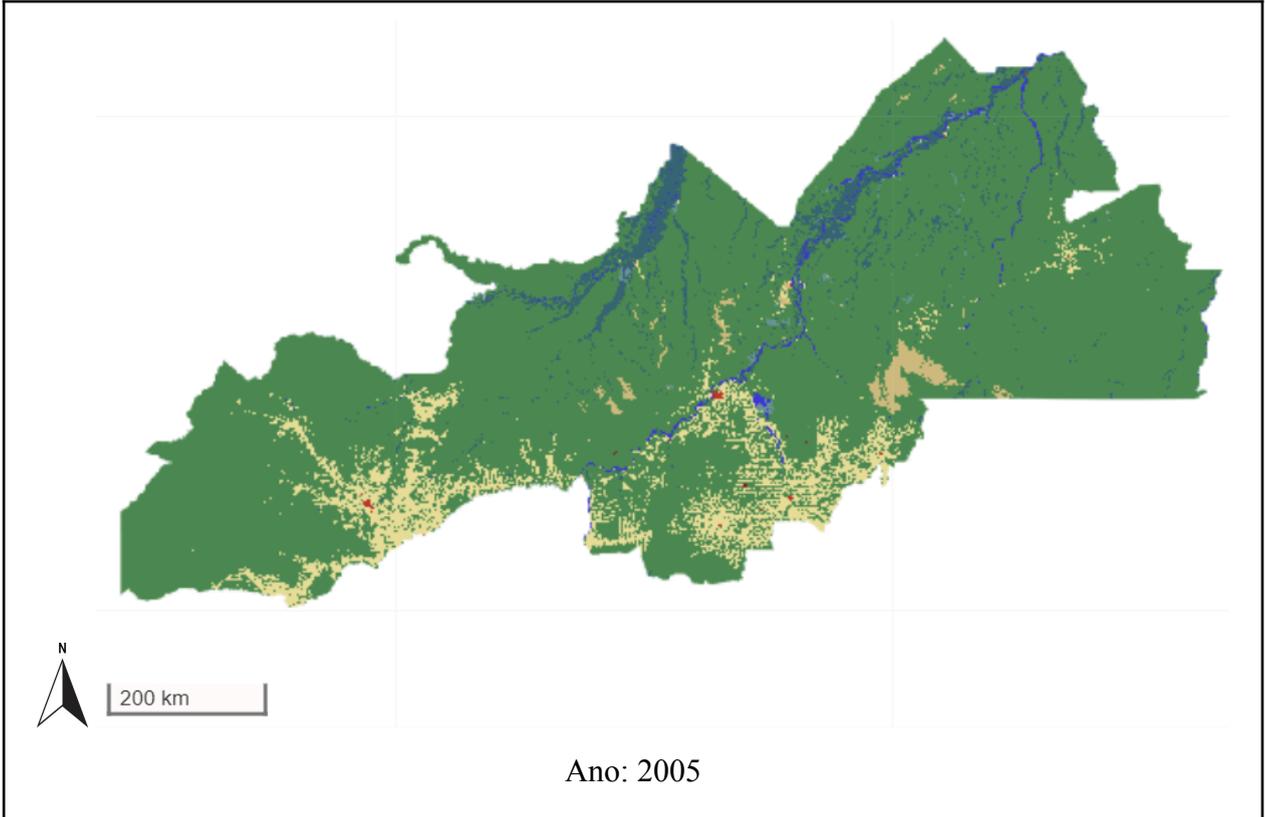
A pesquisa de Bustamante *et al.* (2012) indica como uma prolongação da estação seca no Cerrado pode aumentar a frequência e intensidade dos incêndios, podendo resultar em maiores perdas de biomassa e nutrientes na serapilheira, além de aumento da perda de nutrientes por processos de lixiviação, erosão, transporte de partículas e volatilização.

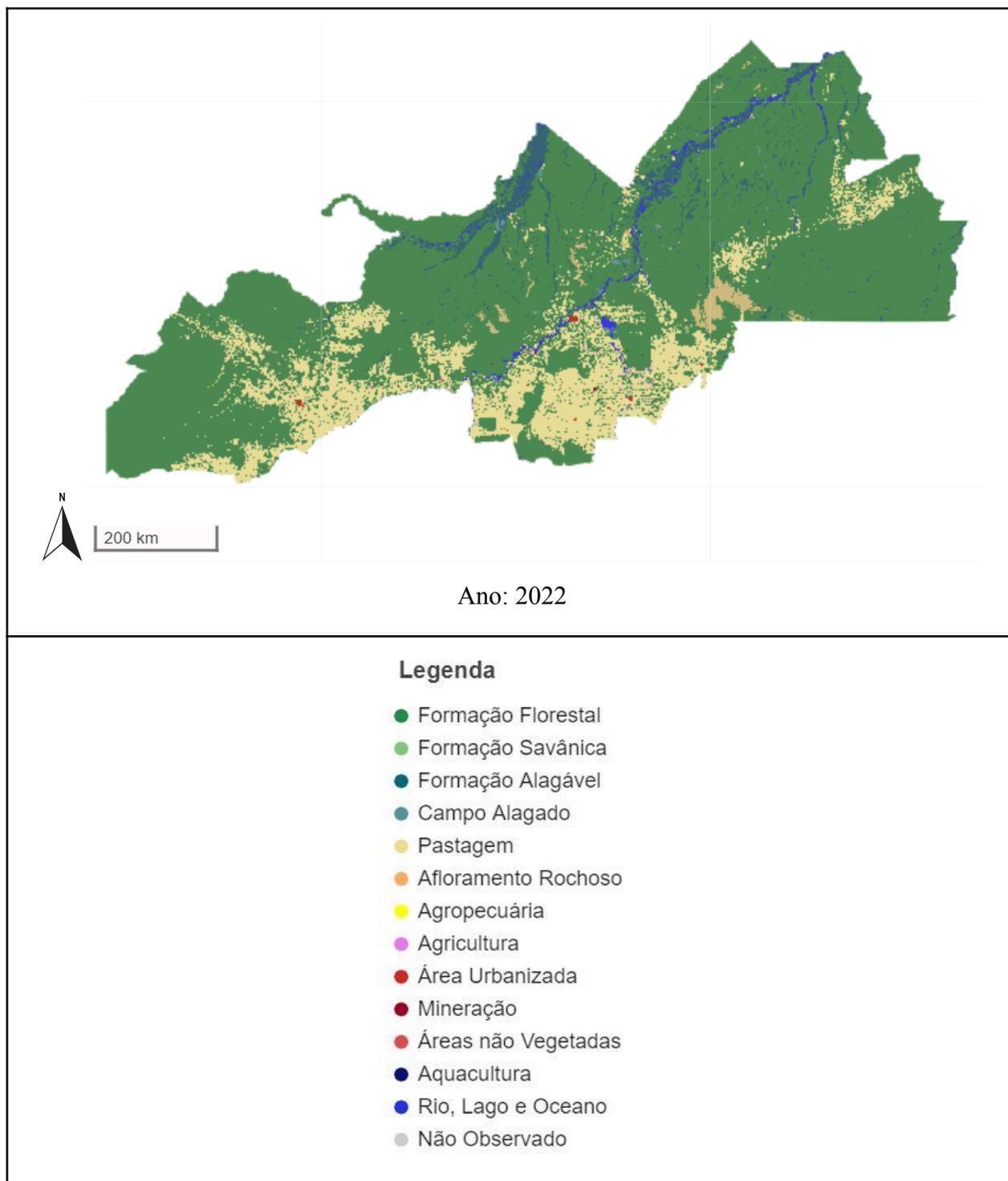
5.2. AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia)

Conforme evidenciado nos mapas abaixo da Figura 13, as mudanças expressivas de uso e cobertura do solo referentes aos períodos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022, indicam uma alteração maior da área natural a partir do ano de 2005 até o último ano de 2022. Em 1985 apenas 1,56% do território era composto pela classe agropecuária; em 1995 aumentando para 3,65%; já em 2005 chegando em 8,47%; em 2015 alcançou cerca de 11,42%; e em 2022 chegou a máxima 16,22%, de acordo com dados do MapBiomias (2024).

Figura 13. Mapas do histórico de mudanças do uso e ocupação do solo e suas classes referente aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 na região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia).



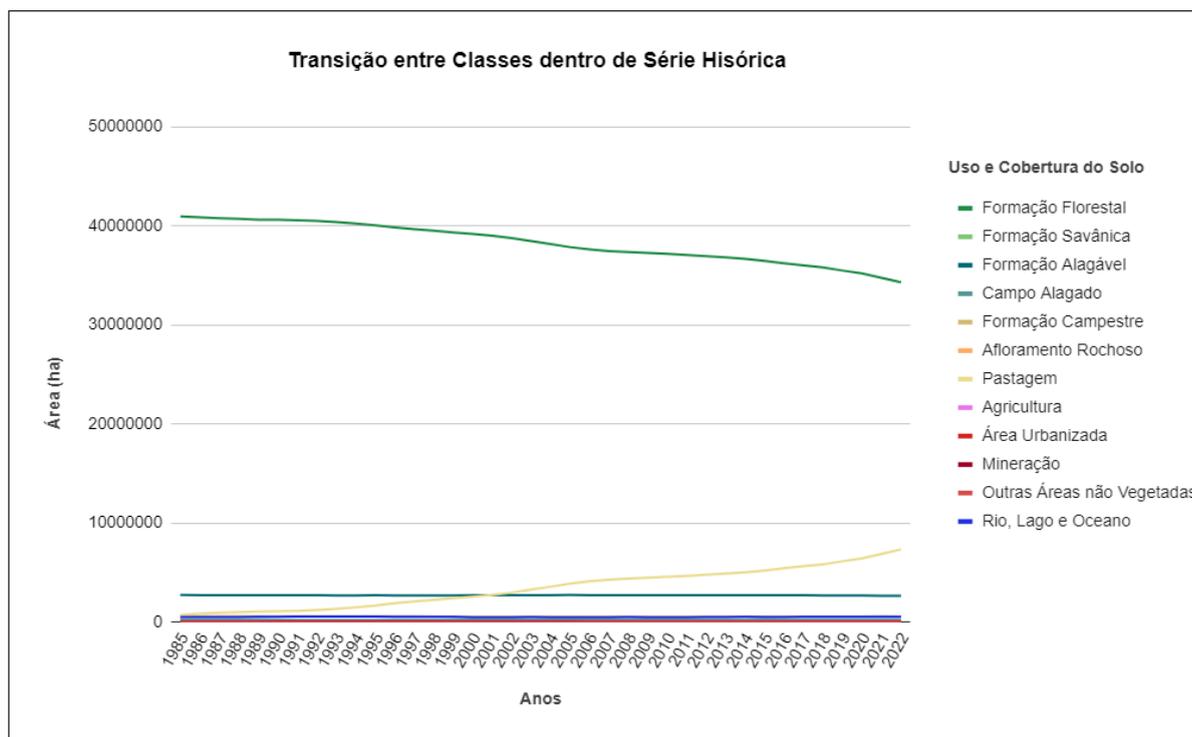




Fonte: Elaborado pelas autoras com dados do MapBiomas 2024.

Com base na análise de dados do MapBiomas utilizou-se a classe de nível 2 para a construção de estudo do uso e cobertura do solo, e por meio dessas informações foram detectados ritmos distintos de expansão do desmatamento na região durante a série histórica apresentada na Figura 14.

Figura 14. Gráfico de série histórica de uso e cobertura do solo na região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia) em área por hectare utilizando dados no nível 2 do MapBiomias.



Fonte: Elaborado pelas autoras com dados do MapBiomias, 2024.

Observou-se um alto impacto da expansão da agropecuária na fronteira da região AMACRO sobre a vegetação nativa, e analisando o período entre os anos de 1985 e 2022, os dados afirmam que houve uma redução significativa na região de “Formação Florestal, com aproximadamente 6 milhões de hectares (ha) de perda dessa classe, e um aumento significativo nos dados da “Pastagem”, em torno do mesmo valor anterior, cerca de 6 milhões de hectares (ha), tendo em valores de porcentagem, cerca de 14,66%, conforme os gráficos apresentados pelo MapBiomias (2024).

O comportamento da classe Pastagem, por meio de uma avaliação da Figura 14, apresentou um crescimento contínuo até o último ano, sendo respectivamente inverso a classe de Formação Florestal que apresentou um decréscimo contínuo até o ano de 2022. Já outras classes apresentaram uma perda um pouco inferior exibindo uma menor variação dentro do gráfico, apresentando a perda de hectares em diferença entre os anos de 1985 e 2022 e porcentagem de mudança da área relacionada ao último ano respectivamente, como a Agricultura que teve uma variação, em cerca de 88 mil hectares e 0,19%, ou Mineração que teve uma alteração, de aproximadamente 11 mil hectares e 0,03%, e também a classe Rio,

Lagos e Oceanos que teve um aumento da sua área, em cerca de 49 mil hectares e 1,17%, porém comparada às outras classes essas mudanças não são tão variáveis dentro da Figura 14.

Ressalta-se que as análises e dados numéricos de uso e ocupação do solo foram elaboradas com base nas informações da Tabela 3, as quais são referenciadas por meio de dados do MapBiomias (2024).

Tabela 3. Valores em hectares das áreas das classes de uso e cobertura do solo na região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia), entre 1985 e 2022, do nível 2 do MapBiomias.

Número e Classes de Uso e Cobertura do Solo	1985		1995		2005		2015		2022	
	ÁREA (ha)	%								
1.1. Formação Florestal	40.968.484,00	89,44	40.049.121,00	87,43	37.855.539,00	82,64	36.472.129,00	79,62	34.301.573,00	74,88
1.2. Formação Savânica	35.213,00	0,08	33.213,00	0,07	31.343,00	0,07	25.764,00	0,06	21.058,00	0,05
1.4. Floresta Alagável	2.732.680,00	5,97	2.698.115,00	5,89	2.727.197,00	5,95	2.702.897,00	5,90	2.649.839,00	5,78
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	225.412,00	0,49	188.431,00	0,41	222.193,00	0,49	244.461,00	0,53	223.390,00	0,49
2.2. Formação Campestre	600.007,00	1,31	573.332,00	1,25	565.148,00	1,23	561.925,00	1,23	565.658,00	1,23
2.4. Afloramento Rochoso	14.274,00	0,03	14.280,00	0,03	14.300,00	0,03	14.304,00	0,03	14.355,00	0,03
3.1. Pastagem	713.921,00	1,56	1.670.919,00	3,65	3.876.180,00	8,46	5.193.720,00	11,34	7.339.021,00	16,02
3.2. Agricultura	29,00	0,00	3,00	0,00	1.394,00	0,00	35.598,00	0,08	88.209,00	0,19
4.2. Área Urbanizada	25.120,00	0,05	32.318,00	0,07	37.121,00	0,08	42.578,00	0,09	44.454,00	0,10
4.3. Mineração	4.195,00	0,01	8.080,00	0,02	9.722,00	0,02	13.084,00	0,03	15.340,00	0,03
4.4. Outras Áreas não Vegetadas	199,00	0,00	217,00	0,00	300,00	0,00	449,00	0,00	5.870,00	0,01
5.1. Rio, Lago e Oceano	488.369,00	1,07	539.873,00	1,18	467.424,00	1,02	500.963,00	1,09	538.048,00	1,17
Total de Transição de Área	45807966,68	100								

Fonte: Elaborado pelas autoras com dados do MapBiomias, 2024.

Na Tabela 3 observa-se uma maior redução de áreas de "Formação Florestal", em que no ano de 1985 ocupava cerca de 40,9 milhões de hectares (89,44%), em 2022 diminuiu para 34,3 milhões de hectares (74,88%). Em contrapartida, as áreas de pastagem na região cresceram de 713.921 hectares (1,56%) para 7,3 milhões de hectares (16,02%) no mesmo período, representando um aumento de 14,46% da área ocupada pela classe "Pastagem".

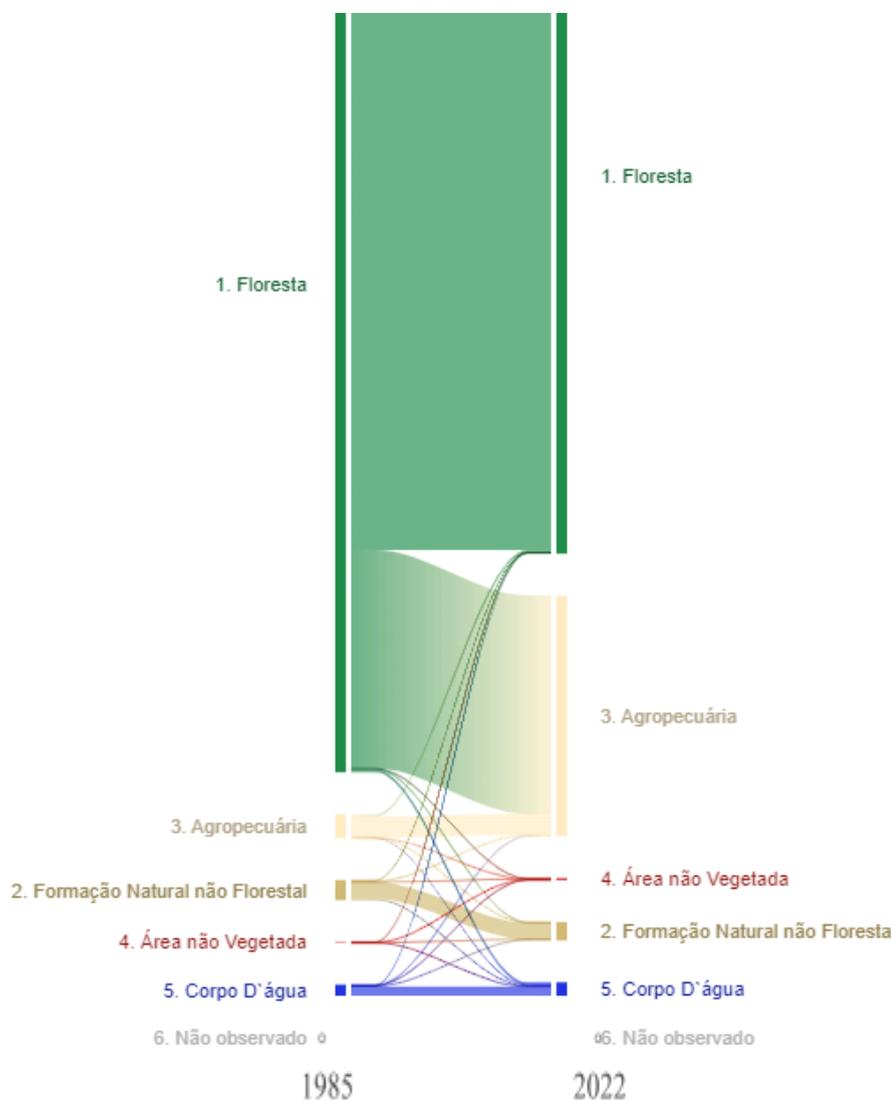
Na região AMACRO, de acordo com o Relatório Anual de Desmatamento pelo MapBiomias 2022, foram detectados 7.055 alertas e 231.955 hectares apenas em 2022, representando 11,3% da área desmatada do Brasil e aproximadamente 19,4% do que foi perdido na Amazônia. Foi constatado que nos estados do AMACRO os alertas foram crescentes assinalando no ano de 2022 um aumento de perda de área de 274.184 (ha) no Amazonas; 91.189 (ha) no Acre; e 139.531 (ha) em Rondônia (MapBiomias, 2023).

Com base nos dados apresentados, pode-se inferir que existem grandes impactos negativos causados pelo crescimento do setor agropecuário dentro do território. A desestabilização pelo desmatamento traz consequências negativas para vários meios, dentre

elas, os solos sofrem com a erosão, a compactação e a exaustão dos nutrientes, consequentemente, o tornando infértil e prejudicando a manutenção da produtividade agrícola (Fearnside, 2022). Diante do exposto, a degradação torna-se cada vez mais intensa limitando o manejo florestal, transformando a área em improdutiva e impossibilitando a reabilitação da vegetação, além de obrigar a busca por mais áreas, resultando em mais desmatamento (Fearnside, 2022).

A seguir, na Figura 15 é nítida a mudança do diagrama que apresenta um fluxo em que a largura das setas é proporcional a quantidade de área das classes, evidenciando a variação delas entre si. Destaca-se a crescente área da agropecuária que aumentou mais de 940%, sendo a maioria proveniente de áreas antes ocupadas por florestas e, também em comparação às outras áreas que não apresentam uma grande alteração, como citado anteriormente.

Figura 15. Diagrama de Sankey com dados de nível 1 de uso e cobertura do solo do MapBiomias na região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia), de 1985 a 2022.



Fonte: MapBiomias, 2024.

Ademais, as funções da bacia hidrográfica são alteradas ou perdidas quando a floresta tem sua área natural convertida para usos como pastagem (Fearnside, 2022). Baseado em Fearnside (2022), a precipitação nas áreas desmatadas escoar rapidamente formando as cheias seguidas por períodos de grande redução ou interrupção do fluxo dos cursos d'água, afetando os padrões regulares de ciclos hidrológicos. Esses acontecimentos trazem um grau de implicação maior do que esperado, podendo-se citar o ocorrido no ano de 2001, quando as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo foram sujeitas a apagões constantes e a racionamento de energia como resultado dos baixos níveis de água nos reservatórios hidrelétricos, embora

provocadas por condições meteorológicas de origem não amazônica, deve-se levar em consideração os efeitos de não manter os padrões naturais de precipitação da região (Fearnside, 2022).

A floresta amazônica tem uma série de ligações de retroalimentação com as mudanças climáticas que se tornam uma ameaça à existência da própria floresta (Fearnside, 2006). Os eventos El Niño aumentaram a frequência desde 1996, indicando uma mudança no sistema climatológico global (Nicholls *et al.*, 1996) facilitando a condução à seca que provê condições de incêndios (Barbosa e Fearnside, 1999), também à perda de carbono de ecossistemas de floresta em pé (Tian *et al.*, 1998; Camargo *et al.*, 2004), e levando em consideração a perda de biomassa pela exploração da madeira (Fearnside, 2022).

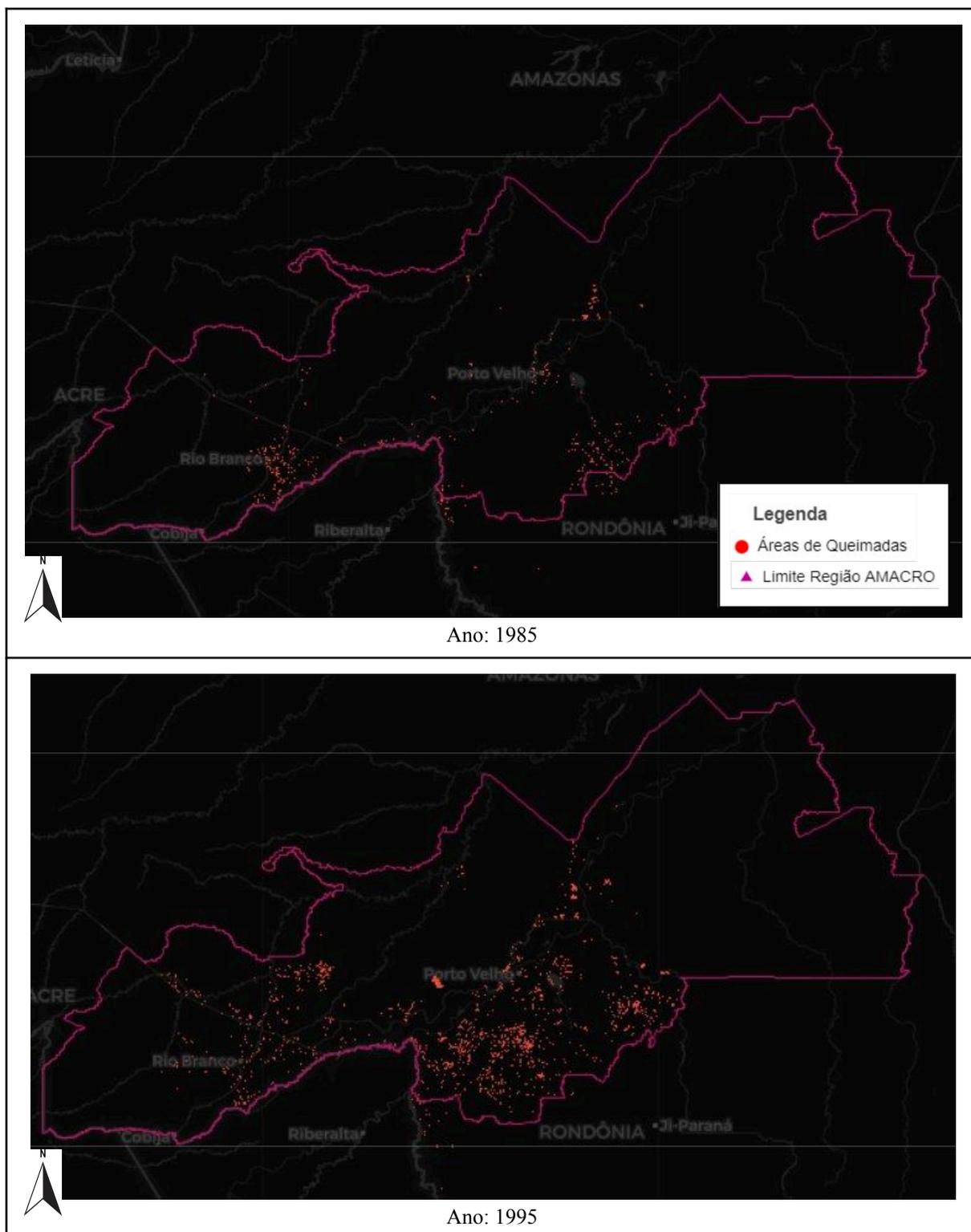
Em consequência do desmatamento, há liberação em níveis significantes de gás carbônico (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (NO₂), contribuindo ao efeito estufa e aquecimento global (Fearnside, 2022). De acordo com Fearnside (2022), além do efeito estufa, as transformações nas florestas influenciam também no clima reduzindo a evapotranspiração, sobretudo na época de seca, diminuindo a precipitação da região. Observou-se a associação inversa da quantidade de precipitação com as ocorrências de queimadas, além da elevação da temperatura média, somando-se a elevação de CO₂ (Bolwerk e Ertzogue, 2021).

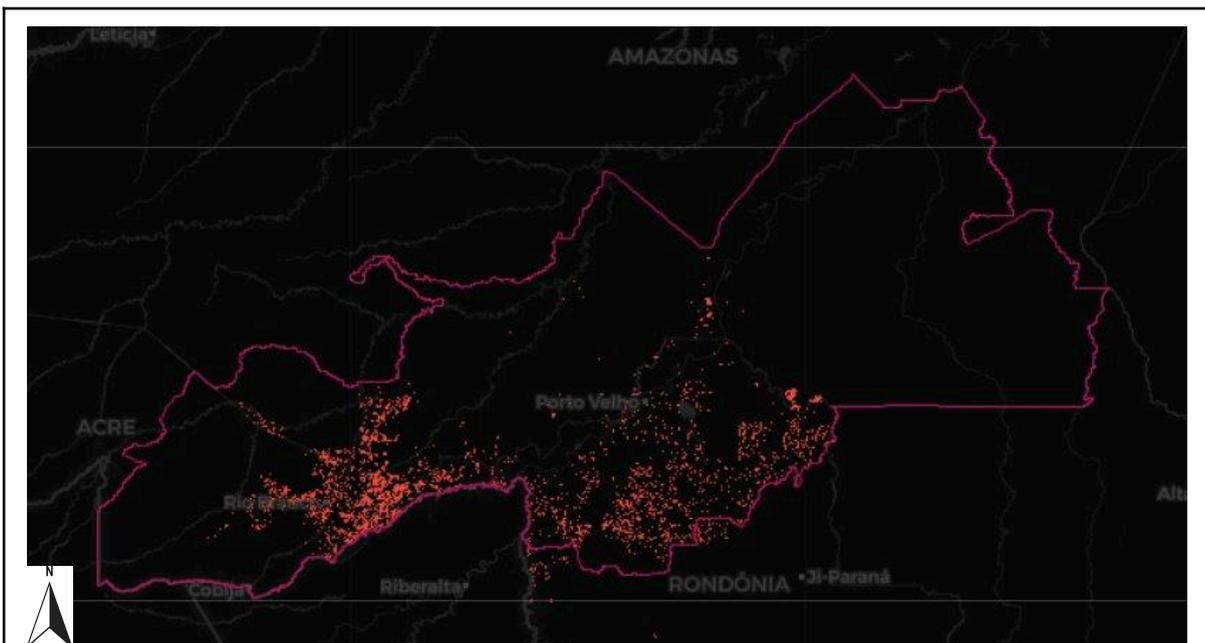
O crescimento das taxas de queimadas na região possui estreita relação com o desmatamento, manejo de áreas agrícolas e pecuárias (Fuchs, 2020). Os eventos de queimadas e incêndios florestais tornam os ambientes impactados ainda mais expostos a impactos climáticos e antropogênicos, interferindo na quantidade de biomassa da floresta e consequentemente os estoques de carbono, além de causar alterações climáticas, conforme indicado por Hargrave *et al.* (2013, *apud* Gabardo *et al.*, 2021) e Santos *et al.*, (2017). A ocorrência de fogo em áreas de floresta madura na Amazônia é considerada rara (Bush *et al.*, 2007), porém, com o aumento das taxas de desmatamento na região esse fenômeno começou a se tornar mais frequente, já que possui relação com o manejo de áreas agrícolas (Aragão *et al.*, 2016 *apud* Gabardo *et al.*, 2021).

Em sequência, é perceptível na Figura 16 as ocorrências de queimadas na região AMACRO, ao longo dos períodos selecionados. São notáveis as diferenças em cada ano, sendo que o ano de 2005 apresentou o maior registro de área queimada, após uma redução no ano de 2015, e uma crescente no ano final, 2022. Respectivamente, a região apresentou nos

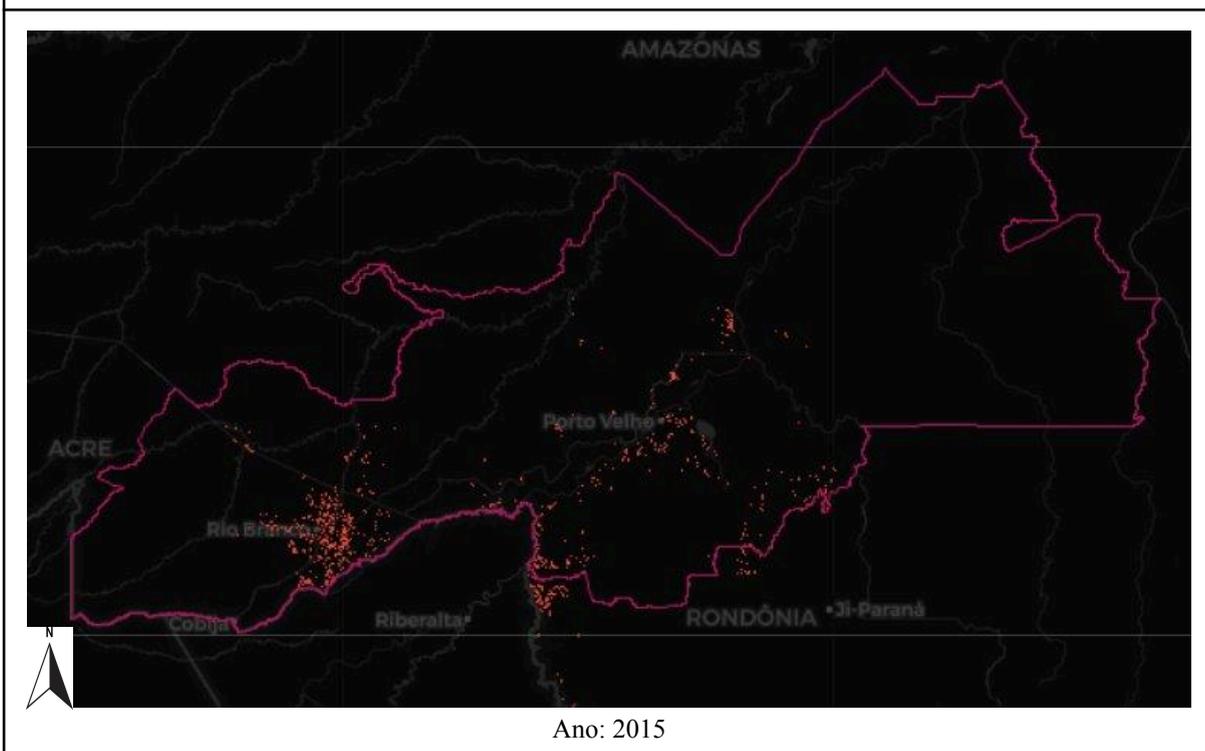
anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 um total 216.544, 459.163, 1.467.557, 377.160 e 1.005.353 hectares queimados, indicados pelos dados do MapBiomas (2024).

Figura 16. Registros de áreas queimadas referente aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2022 na região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia).

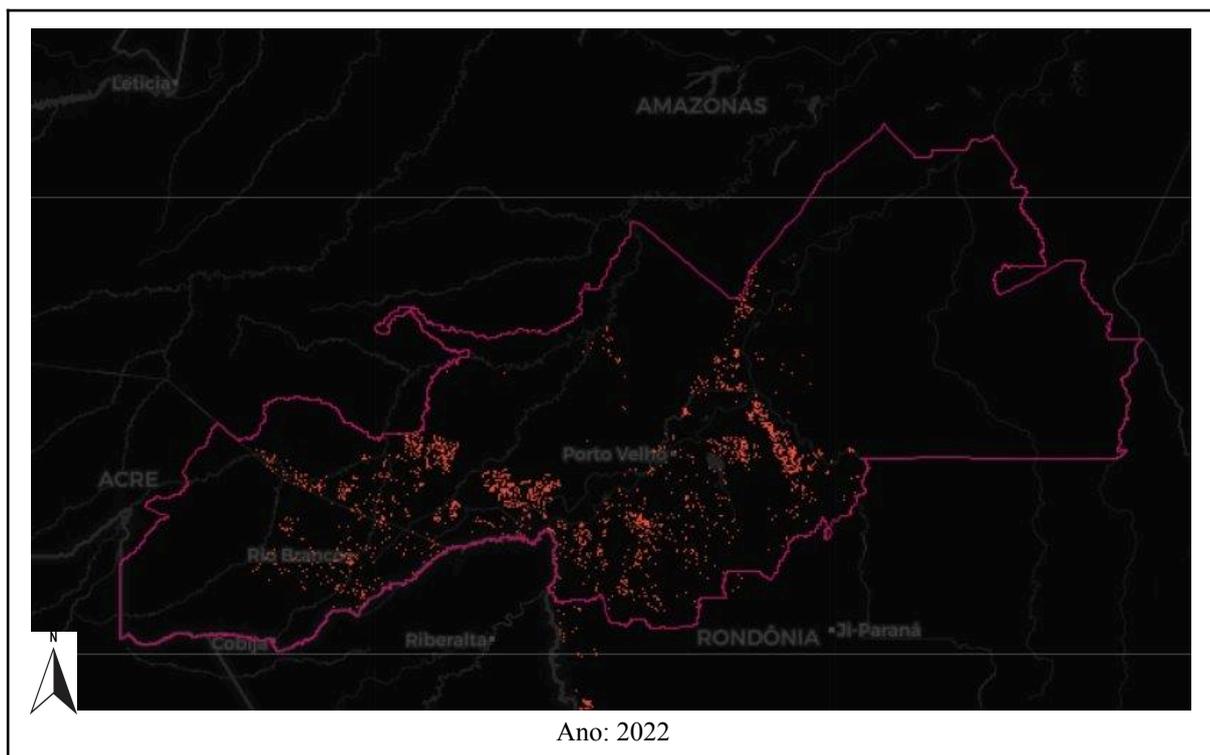




Ano: 2005



Ano: 2015



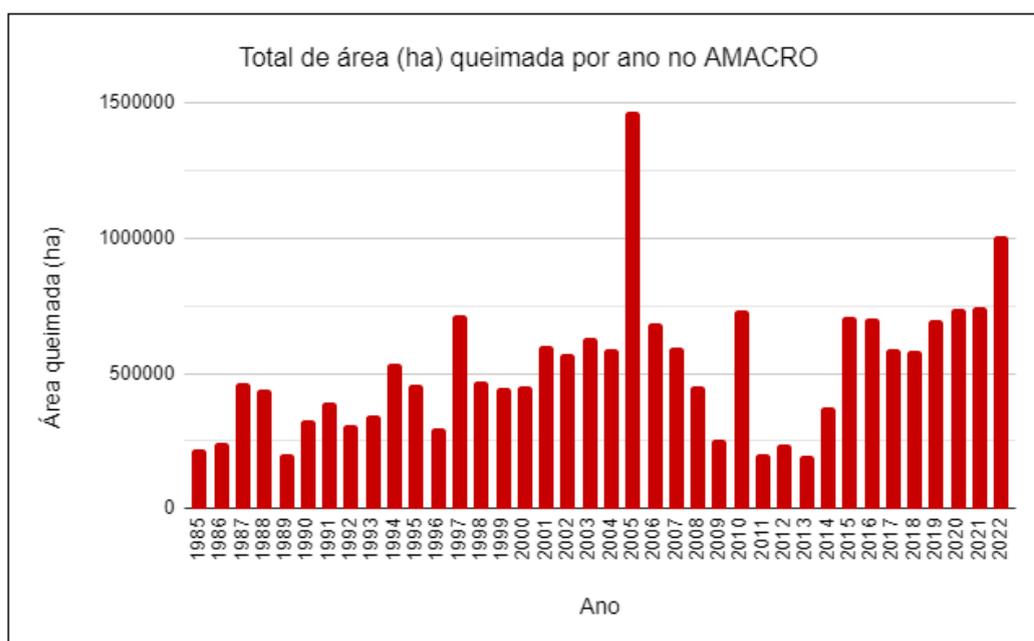
Fonte: Elaborado pelas autoras, 2024

As ocorrências de queimadas em áreas de floresta normalmente provêm da extração da madeira que aumenta a inflamabilidade da floresta e coloca em movimento um ciclo vicioso de mortalidade de árvores, aumento da carga de combustível e reentrada do fogo (Fearnside, 2022). As aberturas do dossel permitem ao sol e ao vento atingirem o solo da floresta, resultando em microclimas mais secos (Fearnside, 2022), além dos dias sem chuvas, tornando mais propício que a floresta com cortes seletivos atinga condições inflamáveis (Nepstad *et al.*, 2004). As árvores da floresta amazônica não são adaptadas ao fogo e isso favorece a mortalidade das plantas nativas, e então a partir de uma primeira queimada, as queimadas subsequentes vão sendo muito mais desastrosas (Fearnside, 2022).

A queima das florestas afeta não só em nível local, mas também, o ciclo do carbono, juntamente com as perdas de biomassa influenciando as trocas radiativas terrestres e as mudanças no clima (Gabardo, 2021). Conforme Padilla *et al.* (2017), a liberação de dióxido de carbono na atmosfera é um dos fatores mais impactante no aquecimento global e atualmente o Brasil é o sétimo país que mais contribui para o nível de emissões de carbono, prejudicando não só a saúde da população brasileira, como também da comunidade internacional.

A partir da Figura 17, como já foi evidenciado na imagem anterior, mostra-se que o ano com maior registro de área queimada foi 2005, com cerca de 1.466.557 de hectares de alertas, mantendo uma variação durante os anos até uma alta significativa no ano de 2022, apresentando cerca de 1.005.353 hectares de área queimada e o ano de menores alertas de queimadas registrado foi em 2013 com 193.624 hectares queimados.

Figura 17. Gráfico da área queimada em hectares registrada na região do AMACRO (Amazonas, Acre, Rondônia) no período de 1985 a 2022.



Fonte: Elaborado pelas autoras com dados do MapBiomas, 2024.

6. CONCLUSÃO

A evolução do uso e cobertura do solo ao longo de uma série temporal permite identificar as mudanças ambientais e socioeconômicas de um território, o que possibilita detectar padrões de conversão de ecossistemas naturais, como florestas e áreas de vegetação nativa, para atividades como agropecuária, mineração ou expansão urbana. No que tange às tendências e os impactos ambientais da transformação do solo nas regiões do MATOPIBA e AMACRO entre os anos de 1985 e 2022, e sua correlação com fatores macropolíticos e econômicos os resultados da pesquisa destacam um crescimento contínuo da agropecuária, resultando na conversão de vegetação nativa em áreas principalmente de pastagem em ambas as regiões e áreas de cultivo agrícola para o MATOPIBA. As maiores perdas de cobertura de

solo identificadas na região do MATOPIBA ocorreram nas classes "Formação Savânica", com uma redução de 10,5 milhões de hectares (14,4%), e "Formação Florestal", com 4,3 milhões de hectares (5,9%). Em 1985, a área destinada à agropecuária correspondia a 10,85%, enquanto as florestas representavam 78,99%, sendo que no ano de 2022, esses valores eram de 32,81% para agropecuária e 58,32% para florestas, revelando uma perda de 20,64% de áreas florestais e um ganho de 21,96% da área total do MATOPIBA para agropecuária.

Foi identificado na região do AMACRO maiores perdas da classe de "Formação Florestal", a qual representava 40,9 milhões de hectares (89,44%) em 1985, caindo para 34,3 milhões de hectares (74,88%) em 2022. As áreas com pastagem da AMACRO, por sua vez, aumentaram de 713.921,00 hectares (1,56%) para 7,3 milhões de hectares (16,02%) no mesmo período, crescendo 14,46%. Os dados da pesquisa identificam que os anos de maior área queimada no MATOPIBA foram 2007, com 11,7 milhões de hectares queimados, e no AMACRO, em 2005, com 1,46 milhões de hectares. A queima de vegetação nativa impacta não só em nível local, pela perda de nutrientes da serapilheira, mas em nível global, devido ao ciclo de carbono, com as perdas de biomassa influenciando as trocas radiativas da terra e mudanças climáticas.

Assim, a constante e rápida expansão da agropecuária em ambos os locais analisados se refletiu em numerosos impactos ambientais. Entre os principais problemas estão as queimadas provocadas pela ação humana, resultantes na perda da cobertura vegetal e aumento da emissão de gases de efeito estufa; o desmatamento acelerado, que contribui para processos erosivos; a degradação das pastagens, causada por um manejo inadequado; a alteração do regime hídrico, levando à alteração nos padrões de chuva e disponibilidade de água; a contaminação do solo e dos recursos hídricos por uso exacerbado de agrotóxicos e o declínio populacional de espécies da fauna local, pela destruição dos habitats naturais e a fragmentação das florestas.

A ação dos governos e grupos de interesse mostrou ter uma influência significativa sobre as taxas de desmatamento, com a vontade política e os fluxos monetários dos serviços ambientais sendo fatores determinantes na redução da velocidade do desmatamento. A pesquisa revelou que os períodos de crescimento agropecuário nas duas regiões coincidiram com as gestões que enfraqueceram as políticas de proteção ambiental.

No Brasil, o desmatamento ilegal é combatido principalmente por meio de ações repressivas, como licenças, fiscalizações e multas, mas essas medidas têm mostrado eficácia limitada, com índices flutuantes de desmatamento, como demonstrado na pesquisa. Diversos

órgãos públicos, como IBAMA, ICMBio, FUNAI, e o INPE, têm desempenhado papéis importantes no combate ao desmatamento, por meio de monitoramento e fiscalização. No entanto, para uma real diminuição de práticas de desmatamento, é necessária uma maior vontade política e incentivos financeiros, como a remuneração por serviços ambientais e conscientização sobre os impactos ambientais. As organizações como o MapBiomas têm proposto soluções em parceria com órgãos governamentais, visando o aprimoramento de métodos e ampliação de transparência nas ações de combate ao desmatamento.

O desmatamento, frequentemente justificado pelo progresso econômico, revela uma contradição essencial: a destruição ambiental compromete o desenvolvimento a longo prazo. A visão de que é "necessário" continuar desmatando reflete um imediatismo que desconsidera as consequências futuras, como a perda de ecossistemas vitais e o esgotamento de recursos. A conservação das florestas e a recuperação de áreas degradadas devem ser vistas não como obstáculos ao desenvolvimento, mas como componentes essenciais de uma estratégia voltada para garantir a prosperidade econômica e ecológica de maneira integrada e sustentável.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). **Köppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728.

ABIOVE. MORATÓRIA DA SOJA **Desflorestamento-zero na Amazônia Monitoramento da soja por imagens de satélites**. [s.l.: s.n., s.d.]. Disponível em: <https://reporterbrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/05/Abiove_relatorio-moratoria-soja-sa-fra21_22.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2024.

AIT EL HAJ, Fatiha; OUADIF, Latifa; AKHSSAS, Ahmed. **Monitorização das mudanças no uso e cobertura do solo utilizando técnicas de teledeteção e índices de precipitação-vegetação em Marrocos**. *Engenharia Ecológica e Tecnologia Ambiental*, v. 24, 2023. Disponível em: <<https://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-f9978362-7c6a-45b5-99e-b-dc70a9be5395>> Acesso em: 26 maio 2024

ARAÚJO, Mayara; SANO, Edson; BOLFE, Édson; *et al.* **Spatiotemporal dynamics of soybean crop in the Matopiba region, Brazil (1990–2015)**. *Land Use Policy*, v. 80, p. 57–67, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026483771830588X?casa_token=XfoXTFRvWDwAAAAA:_ahKeZSKabxXNX4E2mjEPtK4GG9CdZ6gzPN2HsVu63qTDefOhGfmsW4KN_zefelXeOz13PTjvw>. Acesso em: 27 ago. 2024.

BARBOSA, Reinaldo Imbrozio; FEARNSIDE, Philip Martin. **Incêndios na Amazônia brasileira: estimativa da emissão de gases do efeito estufa pela queima de diferentes ecossistemas de Roraima na passagem do evento “El Niño”(1997/98)**. *Acta Amazonica*, v. 29, n. 4, p. 513-534, 1999. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aa/a/3pKRJBQVTgqw8CQR6Sk3c7g/?lang=pt>>. Acesso em: 27 set. 2024.

BARRETTO FILHO, Henyo Trindade. **Bolsonaro, Meio Ambiente, Povos e terras indígenas e de comunidades tradicionais: uma visada a partir da Amazônia**. *Cadernos de Campo* (São Paulo-1991), v. 29, n. 2, p. e178663-e178663, 2020. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/cadernosdecampo/article/view/178663>>. Acesso em: 01 set. 2024.

BOLLIGER, Flavio; OLIVEIRA, Octávio. **Brazilian Agriculture: A Changing Structure**. IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics, 2010. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Flavio-Bolliger/publication/235635521_Brazilian_Agriculture_A_Changing_Structure/links/55a67c0a08ae410caa74d7bb/Brazilian-Agriculture-A-Changing-Structure.pdf> Acesso em: 15 jun. 2024

BOLWERK, Diógenes Alencar; ERTZOGUE, Marina Haizenreder. Mudanças climáticas e/ou mudanças socioculturais na Amazônia Legal. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 202-213, 2021. Disponível em: <<https://www.sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2021.001.0017>> Acesso em: 30 ago. 2024.

BUSH, Mark B. *et al.* Fogo e ocupação do Holoceno na Amazônia: registros de dois distritos lacustres. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 362, n. 1478, p. 209-218, 2007.

BUSTAMANTE, MMC; GB NARDOTO; PINTO, AS; *et al.* **Potential impacts of climate change on biogeochemical functioning of Cerrado ecosystems.** *Brazilian Journal of Biology*, v. 72, n. 3 suppl, p. 655–671, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/bjb/a/VMMMy4wWDCd8cMp9hdVX7bhy/?lang=en>>. Acesso em: 2 set. 2024.

CARTA ABERTA. **Campanha Nacional em Defesa do Cerrado.** Brasília: CONTAG, 2016. Disponível em <https://ww2.contag.org.br/documentos/pdf/ctg_file_1990489881_29112016122819.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2024.

CERQUEIRA, Cristiane; JESUS, Clesio; FERRAZ, Marcelo; *et al.* **A Relação Entre Produção Agropecuária, Estrutura Fundiária E Características Socioeconômicas Do Maranhão, Tocantins, Piauí E Bahia (Matopiba) Antes E Após A Sua Institucionalização.** Livros, n. Agricultura e diversidades, p. 181–214, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11406/1/producao_agropecuaria_cap5.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2024.

CHAIKAEW P. **Land Use Change Monitoring and Modelling using GIS and Remote Sensing Data for Watershed Scale in Thailand.** *Land Use -Assessing the Past, Envisioning the Future*[Internet]. 2019. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books>>. Acesso em: 30 mar. 2024.

CHUGHAI, Ali Hassan; ABBASI, Habibullah; KARAS, Ismail Rakip. **Uma revisão sobre o método de detecção de alterações e avaliação da precisão do uso da terra e cobertura da terra. Aplicações de Sensoriamento Remoto: Sociedade e Meio Ambiente**, v. 22, p. 100482, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352938521000185>>. Acesso em 30 maio 2024.

CUNHA, Paulo Roberto; DE MELLO-THÉRY, Neli Aparecida. **Financiamento privado de campanha eleitoral: O agronegócio bancando a queda do Código Florestal brasileiro de 1965.** *Guaju, Matinhos*, v. 3, n. 2, p. 3-31, 2017. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/328079369.pdf>>. Acesso em 12 out. 2024.

DA SILVA, Jorge Hargrave Gonçalves; KIS-KATOS, Krisztina. **Causas econômicas do desmatamento na Amazônia brasileira: Uma análise de dados em painel para a década de 2000.** 2010. Disponível em: <<https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/7773/6017>> Acesso em 12 abr. 2024

DE SOUZA SANTOS, Roberto. **ESTADO, POLÍTICAS PÚBLICAS E AGRONEGÓCIO NA AMAZÔNIA LEGAL: UMA ANÁLISE A PARTIR DOS CONFLITOS SÓCIO-TERRITORIAIS.** *Ciência Geográfica - Bauru - XXIV - Vol. XXIV- (3): Janeiro/Dezembro - 2020.* Disponível em: <https://agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIV_3/agb_xxiv_3_web/agb_xxiv_3-25.pdf> Acesso em 12 out. 2024.

DE VASCONCELOS, Brychtn Ribeiro; LIMA, Mirelle Tainá Vieira; PARANHOS FILHO, Antonio Conceição. **Deteção de mudanças no uso e ocupação do solo no estado do Amazonas baseada nas classificações do projeto Mapbiomas.** *Geofronter*, v. 10, 2024. Disponível em: <<https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/7773/6017>> Acesso em 12 abr. 2024

Diallo, Y., Hu, G., Wen, X., 2009. **Applications of Remote Sensing in Land Use/Land Cover Change Detection in Puer and Simao Counties, Yunnan Province.** *Marsland Press Journal of American Science* 5, 1545–1003.

DIAS, Reinaldo; MATOS, Fernanda Costa de. **Políticas públicas: princípios, propósitos e processos.** Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2012. E-book. ISBN 9788522484478. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522484478/>. Acesso em: 24 ago. 2024.

DOS SANTOS, Bianca Nunes; DE SOUZA FERREIRA, Raissa Fernanda Paixão; DO SOCORRO ATHAIDE, Manoela. **Dinâmica do desmatamento na região Amacro com o Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD)**. 2023. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2023/05.14.23.28/doc/156187.pdf>> Acesso em: 15 ago. 2024

DO VALE JÚNIOR, José Frutuoso *et al.* **Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável**. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 5, n. 2, p. 158-165, 2011. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/562>> Acesso em 2 set. 2024.

FILHO, Eduardo; LIMA, Jorge. **Potencial de Impacto da Agricultura sobre os Recursos Hídricos na Região do Cerrado**. Planaltina- DF, 2002. Embrapa Cerrados. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/567742/1/doc56.pdf>>

FLORENZANO, T. G. **“Iniciação em Sensoriamento Remoto”**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. Disponível em: <<https://www.geoaplicada.com/sensoriamento-remoto/>> Acesso em 21 ago. 2024.

EMBRAPA (2014). **Cerrado: Corredor de biodiversidade**. Brasília: EMBRAPA. EMBRAPA - MATOPIBA. Portal Embrapa. www.embrapa.br. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-matopiba/sobre-o-tema>>.

FEARNSIDE, Philip M. **Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle**. *Acta amazônica*, v. 36, p. 395-400, 2006. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-06082008-162358/en.php>>. Acesso em: 21 ago. 2024.

FEARNSIDE, Philip M. **Destruição e conservação da floresta amazônica**. 2022.

FORKUO, Eric K.; FRIMPONG, Adubofour. **Analysis of forest cover change detection**. 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Eric-Kwabena-Forkuo/publication/269222395_Analysi>

[s_of_Forest_Cover_Change_Detection/links/5484bd010cf24356db60e1c5/Analysis-of-Forest-Cover-Change-Detection.pdf](https://www.researchgate.net/publication/381111111/s_of_Forest_Cover_Change_Detection/links/5484bd010cf24356db60e1c5/Analysis-of-Forest-Cover-Change-Detection.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2024.

Formaggio, A. R.; Sanches, I. D. **Sensoriamento remoto em agricultura**. Ieda Del'Arco Sanches. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books>>. Acesso em: 20 jun 2024.

FREITAS, Rogério. **Brazil's agricultural expansion Main crops in Matopiba**. Revista de Política Agrícola. 2022. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1142519/1/Brazils-agricultural.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2024.

FRADE, Laura. **Bancadas Suprapartidárias no Congresso Nacional Brasileiro 1995-1996**. Dissertação de Mestrado. Brasília, Universidade de Brasília/Instituto de Ciência Política e Relações Internacionais/Departamento de Ciência Política, 1996.

FUCHS, Vanessa Boanada. **Expansão de fronteira impulsionada pela China na Amazônia: quatro eixos de pressão causados pela crescente demanda pelo comércio de soja**. Civitas-Revista de Ciências Sociais, v. 16-31, 2020.

GABARDO, Gislaíne; SARZEDAS, Carolina Galvão; DA SILVA, Henrique Luis. **Queimadas na Amazônia brasileira: Brasil em chamas: a educação ambiental em uma perspectiva interdisciplinar**. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/200800872.pdf>> Acesso em: 29 ago. 2024.

GARCIA, Júnior; FILHO, José. **O papel da dimensão ambiental na ocupação do MATOPIBA**. Confins, n. 35, 2018. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/13045>>. Acesso em: 25 jun. 2024.

GRISA, Catia. **O agronegócio e agricultura familiar no planejamento setorial nos governos FHC, Lula e Dilma: continuidades e discontinuidades**. Estudos Sociedade e Agricultura, v. 29, n. 3, p. 545-573, 2021. Disponível em:

<<https://www.redalyc.org/journal/5999/599968687003/599968687003.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2024.

KHAN, Ahmad; SILVA, Laura. **A influência dos principais determinantes e da governança sobre o desmatamento na Amazônia Legal brasileira: uma abordagem por painel (2003-2020)**. 2023. Disponível em: <https://inctpped.ie.ufrj.br/desenvolvimentoemdebate/pdf/dd_v11_n1_ahmad_saeed_khan_e_laura_costa_silva.pdf>.

Lahera, Eugenio. Política y políticas públicas. UN. ECLAC. **Social Development Division, 2004**. Disponível em: <<https://digitallibrary.un.org/record/538372?v=pdf>>

LORENZZETTI, J A. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. São Paulo: Editora Blucher, 2015.

MAPBIOMAS. **General “Handbook”: Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)**. Collection 8. 2023. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/09/ATBD-Collection-8-v1.1.docx.pdf>>.

MAPBIOMAS. **General “Handbook”: Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)**. Collection 9. [s.l.: s.n.], 2024. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2024/08/ATBD-Collection-9-v2.docx.pdf>>. Acesso em: 1 set. 2024.

MAPBIOMAS, Projeto. **Conheça os Passos da Metodologia Mapbiomas**. Disponível em: <<https://brasil.mapbiomas.org/atbd-entenda-cada-etapa/>>. Acesso em: 05 jun. 2024.

MARGULIS, Sergio. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. 2003. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura=1985-2022>>. Acesso em: 06 ago. 2024.

MARTHA JUNIOR, Geraldo Bueno; CONTINI, Elisio; NAVARRO, Zander. **Caracterização da Amazônia Legal e macrotendências do ambiente externo**. 2011. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/907075>>. Acesso em: 22 ago. 2024.

Miranda, E., Magalhães, L., Carvalho, C. **Proposta de Delimitação Territorial do MATOPIBA, NOTA TÉCNICA, Campinas, SP Maio, 2014**. EMBRAPA. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139202/1/NT1-DelimitacaoMatopiba.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2024.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. *Nature*, 403(6772), 853-858

NEPOMOCENO, Taiane; CARNIATTO, Irene. **A nova fronteira agrícola do Brasil: um ensaio teórico sobre a insustentabilidade na região do Matopiba**. *Revista Cerrados*, v. 20, n. 01, p. 95–119, 2022.

N. Nicholls, GV Gruza, J. Jouzel, TR Karl, LA Ogallo, *et al.* **Variabilidade e mudanças climáticas observadas**. *Mudanças climáticas 1995 - A ciência das mudanças climáticas (IPCC)*, pp.137-192, 1996. (hal-03344530)

NOVAIS, G. T. **Climas do Brasil: classificação climática e aplicações**. 2023.

PADILLA, Marc *et al.* **Estratificação e alocação de amostras para dados de área queimada de referência**. *Sensoriamento Remoto do Meio Ambiente*, v. 203, p. 240-255, 2017.

PEREIRA, Osvaldo; FERREIRA, Laerte G; PINTO, Flávia; *et al.* **Assessing Pasture Degradation in the Brazilian Cerrado Based on the Analysis of MODIS NDVI Time-Series**. *Remote Sensing*, v. 10, n. 11, p. 1761–1761, 2018. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-4292/10/11/1761>>. Acesso em: 1 set. 2024.

QUEIROZ, Fábio. **Impactos da sojicultura de exportação sobre a biodiversidade do Cerrado**. *Sociedade & natureza*, v. 21, n. 2, p. 193–209, 2009. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/sn/a/gTGtjcJrWmVb98zWgdM7Z5Q/?lang=pt&format=html#>>.

Acesso em: 6 set. 2024.

RATTER, J., RIBEIRO J., BRIDGEWATER S. **The Brazilian Cerrado Vegetation and Threats to its Biodiversity**. *Annals of botany*, v. 80, n. 3, p. 223–230, 1997. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305736497904698#section-cited-by>>.

Acesso em: 25 jun. 2024.

Relatório Anual de Desmatamento 2022 - São Paulo, Brasil - MapBiomas, 2023 - 125 páginas. Disponível em: <<http://alerta.mapbiomas.org>> Acesso 02 set. 2024.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In.:SANO, S. M; ALMEIDA, S. P; RIBEIRO, J. F. *Ecologia e flora*. Brasília: EMBRAPA, 2008. v. 1,p.152-212

RIVERO, Sérgio *et al.* **Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia**. *Nova economia*, v. 19, p. 41-66, 2009.APA. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/neco/a/jZHjd9B8ZghY7tG9G7qchTk/>>. Acesso em: 26 ago. 2024

RUDORFF, Bernardo. **Introdução Ao Sensoriamento Remoto**. [WWW Document], 2024. Inpe.br. Disponível em: <<http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm#:~:text=Sensoriamento%20remoto%20%C3%A9%20um%20termo,de%20aparelhos%20denominados%20sensores%20remotos>>. (accessed 8.14.24)>. Acesso em 30 ago. 2024.

SANTOS, Clóvis. **Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados – PRODECER: um espectro ronda os cerrados brasileiros**. *Japanese-Brazilian Cooperation Program for Development of the Cerrados-PRODECER: a specter circles over Brazil’s cerrados*. *Estudos Sociedade e Agricultura*, v. 24, n. 2, p. 384–416, 2016. Disponível em: <<https://revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/802>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

SANTOS, Luiz. **REGULAMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES DE LOBBY E SEU IMPACTO SOBRE AS RELAÇÕES ENTRE POLÍTICOS, BUROCRATAS E GRUPOS DE INTERESSE NO CICLO DE POLÍTICAS PÚBLICAS -ANÁLISE COMPARATIVA DOS ESTADOS UNIDOS E BRASIL**. Tese de Doutorado. Brasília, Universidade de Brasília/Instituto de Ciências Sociais, 2007. Disponível em: <http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/1483/1/Tese_2008_LuizAlbertoSantos.pdf>.

SCANTIMBURGO, André. O desmonte da agenda ambiental no governo Bolsonaro. **Perspectivas: Revista de Ciências Sociais**, v. 52, 2018.

SOUZA, Ícaro; AFFONSO, Rodrigo ; CARVALHO, Maria. **O Papel das Infraestruturas Ferroviárias nas Mudanças de Uso e Cobertura do Solo no MATOPIBA**. *Geography Department University of Sao Paulo*, v. 38, p. 123–136, 2019. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/149574>>. Acesso em: 25 ago. 2024.

SOUZA, Alana; GALVÃO, Lênio; KORTING, Thales; *et al.* **Dynamics of savanna clearing and land degradation in the newest agricultural frontier in Brazil**. *GIScience & Remote Sensing*, v. 57, n. 7, p. 965–984, 2020. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/15481603.2020.1835080?needAccess=true>>. Acesso em: 31 ago. 2024.

TEIXEIRA, W. G. *et al.* **Solos**. 2010. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/920216/1/GeodiversidadeAMCap6.pdf>> Acesso em: 2 set. 2024.

TIAN, Hanqin *et al.* **Efeito da variabilidade climática interanual no armazenamento de carbono em ecossistemas amazônicos**. *Nature*, v. 396, n. 6712, p. 664-667, 1998. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/25328>>. Acesso em: 15 ago. 2024

TORRENS, Antonio. **Poder Legislativo e políticas públicas**. 2013. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/ril/edicoes/50/197/ril_v50_n197_p189.pdf>.

WERNECK, F.; SORDI, J.; ARAÚJO, S. & ANGELO, C. **Passando a boiada: o segundo ano de desmonte ambiental sob Jair Bolsonaro**. Observatório do clima, 2021. Disponível em: <<https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/03/Passando-a-boiada-1.pdf>>

ZHANG, Tianyuan; CHENG, Changxiu; WU, Xudong. **Mapping the spatial heterogeneity of global land use and land cover from 2020 to 2100 at a 1 km resolution**. Scientific Data[Online], 2023. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/375065360_Mapping_the_spatial_heterogeneity_of_global_land_use_and_land_cover_from_2020_to_2100_at_a_1_km_resolution>

ZHAO, Wei; WANG, Meini; PHAM, V T. **Unmanned Aerial Vehicle and Geospatial Analysis in Smart Irrigation and Crop Monitoring on IoT Platform**. Mobile Information Systems, v. 2023, p. 1–12, 2023. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2023/4213645>>. Acesso em: 1 set. 2024.

ZIMMERMANN, Cirlene. **MONOCULTURA E TRANSGENIA: IMPACTOS AMBIENTAIS E INSEGURANÇA ALIMENTAR**. Veredas do Direito, Belo Horizonte, v.6, n.12 p.79-100, Julho-Dezembro de 2009. Disponível em: <<https://revista.domhelder.edu.br/index.php/veredas/article/view/21/133>>. Acesso em: 6 set. 2024.

ANEXO A - Quadro com a descrição das classes da legenda da
Coleção 9 do MapBiomias Brasil para os biomas da Amazônia e Cerrado.

Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Biomias	Descrição breve	
Floresta	Formação Florestal			Amazônia	Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Sempre-Verde, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Savana Arborizada, Áreas que sofreram ação do fogo ou exploração madeireira, Floresta resultante de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial de vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes de vegetação primária. Floresta de bambu (Acre).	
				Cerrado	Tipos de vegetação com predomínio de espécies arbóreas, com formação de dossel contínuo (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão) (Ribeiro & Walter, 2008), além de florestas estacionais semidecíduais.	
	Formação Savânica			Amazônia	Tipos de vegetação com predomínio de espécies arbóreas, com formação de dossel contínuo (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão) (Ribeiro & Walter, 2008), além de florestas estacionais semidecíduais.	
				Cerrado	Formações savânicas com estratos arbóreo e arbustivoherbáceos definidos (Cerrado Sentido Restrito: Cerrado denso, Cerrado típico, Cerrado ralo e Cerrado rupestre).	
	Mangue					Formações florestais e/ou arbustivas, densas, sempre-verdes, frequentemente inundadas pela maré e associadas ao ecossistema costeiro de Manguezal. Pf FEP, FEM FNM, FM MFT

	Floresta Alagável	Amazônia	Floresta Ombrófila Aberta Aluvial estabelecida ao longo dos cursos de água, ocupa as planícies e terraços periodicamente ou permanentemente inundados, que na Amazônia constituem fisionomias de matas-de-várzea ou matas-de-igapó, respectivamente.
Vegetação Herbácea e Arbustiva	Campo Alagado e Área Pantanosa	Amazônia	Vegetação de várzea ou campestre que sofre influência fluvial e/ou lacustre.
		Cerrado	Vegetação com predomínio de estrato herbáceo sujeita ao alagamento sazonal (ex. Campo Úmido) ou sobre influência fluvial/lacustre (ex. Brejo). Em algumas regiões a matriz herbácea ocorre associada às espécies arbóreas de formação savânica (ex. Parque de Cerrado) ou de palmeiras (Vereda, Palmeiral).
	Formação Campestre	Amazônia	Savana, Savana Parque (Marajó), Savana-Estépica (Roraima), Savana Gramíneo-Lenhosa, Campinarana, para regiões fora do Ecótono Amazônia/Cerrado. E para regiões dentro do Ecótono Amazônia/Cerrado predominância de estrato herbáceo.
		Cerrado	Formações campestres com predominância de estrato herbáceo (campo sujo, campo limpo e campo rupestre) e algumas áreas de formações savânicas como o Cerrado rupestre.
	Afloramento Rochoso	Amazônia	Rochas naturalmente expostas na superfície terrestre sem cobertura de solo, muitas vezes com presença parcial de vegetação rupícola sobre terreno plano e/ou com alta declividade
		Cerrado	Feições monolíticas, acamamentos ou lajedos naturalmente expostos na superfície terrestre sem cobertura de solo, muitas vezes com presença parcial de vegetação rupestre plano e/ou com alta declividade.

Agropecuária	Pastagem		Áreas de pastagem plantadas, diretamente relacionadas à atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural, por sua vez, são predominantemente caracterizadas como formações campestres ou campo alagado, podendo ser submetidas ou não a práticas de pastejo. Na Amazônia, podem ocorrer áreas desmatadas recentemente, sem ainda ter iniciado a atividade agropecuária.	
	Agricultura	Lavoura Temporária	Soja	Áreas cultivadas com a monocultura da soja (primeira safra).
			Cana	Áreas cultivadas com a monocultura da cana-de-açúcar
			Arroz	Áreas cultivadas com cultura de arroz, exclusivamente sob sistema de irrigação, nos estados do Rio Grande do Sul, Tocantins, Santa Catarina e Litoral do Paraná. Este mapa é o mesmo apresentado no módulo irrigação na classe "Arroz Irrigado".
			Algodão (beta)	Áreas cultivadas com a monocultura do algodão (primeira safra).
		Outras Lavouras Temporárias	Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.	
		Lavoura Perene	Café	Áreas cultivadas com monocultura de café
			Citrus	Áreas cultivadas com monocultura de citrus
			Dendê	Áreas cultivadas com monocultura de dendê.
	Outras Lavouras Perenes		Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de ciclo vegetativo longo (mais de um ano), que permitem colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio. Nessa versão, o mapa abrange majoritariamente áreas de caju, no litoral do nordeste	

	Silvicultura		Espécies arbóreas plantadas para fins comerciais (ex. pinus, eucalipto, araucária).
	Mosaico de Usos	Cerrado	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e/ou agricultura. Pode incluir áreas de pastagem abandonada em estágio inicial de recrescimento da vegetação nativa. Pode incluir áreas antropizadas em áreas protegidas (exceto APA e TI) e áreas de ocupação periurbana, como chácaras, sítios e condomínios
Área Não Vegetada	Praia, Duna e Areal		Cordões arenosos, de coloração branco brilhante, onde não há o predomínio de vegetação de nenhum tipo.
	Área Urbanizada		Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura
	Mineração		Áreas referentes a extração mineral de porte industrial ou artesanal (garimpos), havendo clara exposição do solo por ação antrópica. Somente são consideradas áreas próximas a referências espaciais de recursos minerais do CPRM (GeoSGB), da AhkBrasilien (AHK), do projeto DETER (INPE), do Instituto Socioambiental (ISA) e de FL Lobo <i>et al.</i> 2018.
	Outras Áreas não Vegetadas	Amazônia	Áreas de superfícies não permeáveis (infra-estrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes
Cerrado		Áreas de superfícies não permeáveis (infra-estrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas respectivas classes, regiões de solo exposto em área natural (exemplo: erosão e voçorocamento) ou em áreas de cultivo em entressaíra.	

Corpos D'água	Rio, Lago e Oceano	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.
	Aquicultura	Área referente a lagos artificiais, onde predominam atividades aquícolas e/ou de salicultura.
Não Observado		Áreas bloqueadas por nuvens ou ruído atmosférico, ou com ausência de observação.

Fonte: Adaptado do MapBiomass, 2024.