



Expansão do desmatamento no cerrado maranhense entre os anos de 2001 – 2023

EXPANSION OF DEFORESTATION IN THE CERRADO (BRAZILIAN SAVANNA) OF MARANHÃO STATE, BRAZIL (2001-2023)

1. **Luís Fernando Cirqueira da Silva Correia**  <https://orcid.org/0009-0004-4350-1478>

1. Universidade Federal do Maranhão  São Luís, Maranhão, Brasil

2. **Thomas Victor de Sousa Malheiros Rocha**  <https://orcid.org/0009-0000-2623-7944>

2. Universidade Federal do Maranhão  São Luís, Maranhão, Brasil

3. **Denílson da Silva Bezerra**  <https://orcid.org/0000-0002-9567-7828>

3. Universidade Federal do Maranhão  São Luís, Maranhão, Brasil

4. **Celso Henrique Leite Silva Junior**  <https://orcid.org/0000-0002-1052-5551>

4. Universidade Federal do Maranhão  São Luís, Maranhão, Brasil

5. **Sérgio Souza Costa Costa**  <https://orcid.org/0000-0002-0232-4549>

5. Universidade Federal do Maranhão  São Luís, Maranhão, Brasil

Autor de correspondência: luiz.correia@discente.ufma.br

RESUMO

No Maranhão, o Cerrado cobre aproximadamente 181.000 km², representando 65% da área do estado. Nos últimos anos, o bioma tem sofrido intensa pressão de desmatamento. Esta UF subiu da quinta para a primeira posição no ranking de desmatamento, contando com 13 dos 50 municípios que mais desmataram nos últimos quatro anos. Baseado em dados do PRODES, este trabalho examina a evolução temporal do desmatamento (absoluto e relativo) na região maranhense nos últimos 22 anos, considerando diferentes divisões territoriais. Em todo cerrado, observa-se uma tendência de queda no desmatamento até 2013, seguida por um aumento significativo a partir de 2020. A análise por microrregiões revela que o desmatamento ocorreu em todo o Cerrado Maranhense. As microrregiões de Presidente Dutra, Caxias e Chapadinha apresentaram as maiores variações no desmatamento. Em Presidente Dutra, a área desmatada saltou de 44% para 82%. Entre os municípios, Balsas registrou o maior desmatamento absoluto, enquanto o Governador Eugênio Barros teve o maior aumento proporcional de desmatamento, passando de 26% para 89% da área desmatada em 22 anos. Utilizando uma grade regular para eliminar a influência da área dos municípios, a análise visual destaca como o desmatamento tem ocorrido de maneira ampla por todo o Cerrado Maranhense.

Palavras-chave: Maranhão. Terras Indígenas. Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

In Maranhão, the Cerrado covers approximately 181,000 km², representing 65% of the state's total area. In recent years, the biome has faced intense deforestation pressure. This federative unit (UF) rose from fifth to first place in the deforestation ranking, accounting for 13 of the 50 municipalities with the highest deforestation rates over the last four years. Based on PRODES data, this study examines the temporal evolution of deforestation (both absolute and relative) in the Maranhão region over the past 22 years, considering various territorial divisions. Throughout the entire Cerrado, a downward trend in deforestation was observed until 2013, followed by a significant increase starting in 2020. Analysis by microregion reveals that deforestation has occurred across the entire Maranhão Cerrado. The microregions of Presidente Dutra, Caxias, and Chapadinha showed the greatest variations. In Presidente Dutra, the deforested area jumped from 44% to 82%. Among municipalities, Balsas recorded the highest absolute deforestation, while Governador Eugênio Barros saw the largest proportional increase, with its deforested area rising from 26% to 89% over the 22-year period. By utilizing a regular grid to eliminate the influence of municipal land size, visual analysis highlights how deforestation has spread extensively across the Maranhão Cerrado.

Keywords: Maranhão. Indigenous Lands. Remote Sensing.

INTRODUÇÃO

O Cerrado brasileiro ocupa uma área de 2.036.448 Km², o que representa 23% do território nacional, e compreende os estados da Bahia, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Minas Gerais, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná e São Paulo (Brasil, 2007).

A região destaca-se pela sua rica biodiversidade, apresentando extrema abundância de espécies endêmicas e abrigando 11.627 espécies de plantas nativas já catalogadas (Mamede e Pasa, 2019). Isso decorre devido à sua vasta extensão territorial, posição geográfica privilegiada e por ser cortado pelas três maiores bacias hidrográficas da América do Sul sendo elas Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata (Brasil, 2022).

A partir da década de 1960 e 1970, o cerrado brasileiro passou a ser o principal alvo da exploração agrícola, embora a conversão do Cerrado tenha começado na década de 1960 (Klink e Machado 2005; Sano, *et al.*, 2010), o ritmo do desmatamento aumentou consideravelmente nas últimas duas décadas (Strassburg *et al.*, 2017).

A perda de arbustos e árvores com raízes profundas nesta região altera o armazenamento de carbono e a evapotranspiração, o que pode contribuir para uma transição climática para temperaturas mais quentes e uma menor quantidade de chuva, o que acabará por reduzir a produtividade agrícola (Spera *et al.*, 2016). A redução dos

estoques restantes de carbono da biomassa também poderia prejudicar a capacidade do Brasil de cumprir as metas do tratado climático para emissões de gases de efeito estufa (Aguiar *et al.*, 2016 ; Coe *et al.*, 2017).

O Bioma do Cerrado, no contexto do Estado do Maranhão, ocupa uma área aproximada de 181.000 km², o que equivale a 65% do território estadual. Essa área se configura em um conjunto de paisagens e de ecossistemas transicionais entre a Amazônia, as Caatingas e a Zona Costeira (considerando os compartimentos naturais heterogêneos que caracterizam o Norte do Maranhão), os Cerrados maranhenses apresentam-se como um macro-espço favorável em recursos naturais para a ocorrência de corredores ecológicos (Batistella *et al.*, 2014).

O desmatamento no Maranhão é um tema de grande relevância no contexto do Cerrado, um bioma extremamente complexo. Segundo dados do MapBiomas, o estado do Maranhão é um dos principais responsáveis pelo desmatamento na região, com uma participação significativa em relação ao total do desmatamento no Cerrado (RAD, 2023).

Em 2023, o Maranhão saiu da quinta posição para a primeira no ranking de desmatamento no Brasil, com um aumento de 95,1% e uma perda de 331.225 hectares de vegetação nativa (MapBiomas, 2023).

O maior desmatamento detectado no Brasil em 2023 foi de 6.691,29 hectares no município de Alto Parnaíba, no Maranhão. Este fato é preocupante e destaca a necessidade de ação imediata para proteger a vegetação nativa. O Maranhão tem 13 dos 50 municípios que mais desmataram nos últimos 4 anos, o que é um indicador claro da gravidade da situação (RAD, 2023). Contudo, relatórios como o do Mapbiomas têm dado destaque a estes grandes desmatamentos, que tendem a ser detectados em municípios de grande extensão, como os municípios do Sul Maranhense.

Existem alguns trabalhos que abordam a questão do desmatamento no cenário do Cerrado Maranhense, entre esses é possível citar Araújo e Fonseca (2023) que realizaram uma análise Multitemporal dos Lençóis Maranhenses entre os anos de 1984 a 2014 utilizando sensoriamento remoto orbital, Almeida, Sodré; Junior (2019) que investigaram os Impactos da expansão do agronegócio na microrregião de Chapadinha, Silva *et al.* (2015) realizaram a análise da Dinâmica do uso e cobertura da terra na

mesorregião sul maranhense, Braga *et al.* (2024) realizaram a análise das mudanças de uso e cobertura da terra na região metropolitana do sudoeste maranhense: um estudo na interface de transição entre Cerrado e Amazônia.

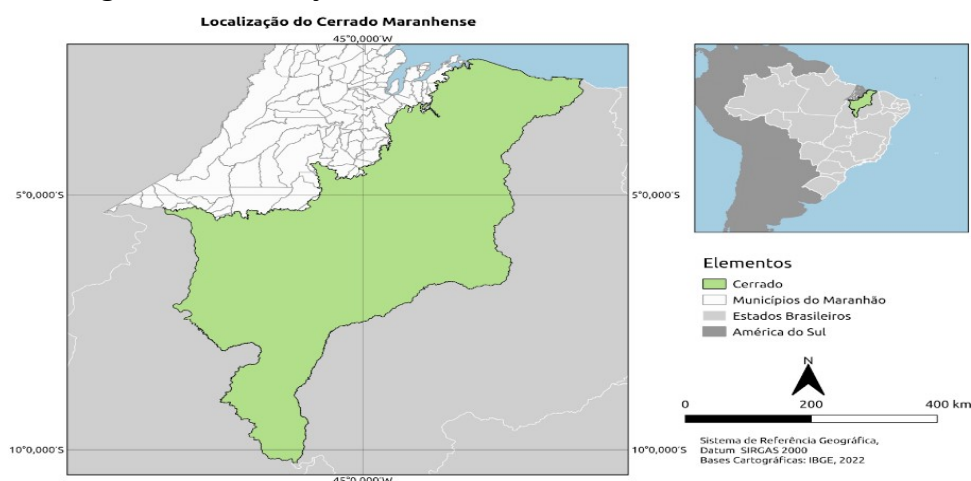
Estes trabalhos têm-se concentrado em regiões específicas e em municípios de maior extensão e relevância econômica. Não se encontrou trabalhos que analisassem todo o bioma do Cerrado maranhense e em um período de mais de 2 décadas. Portanto, baseado nessa ausência de estudos relevantes que apresentem dados sobre a evolução temporal do desmatamento na região de Cerrado no estado do Maranhão, este estudo tem como objetivo: analisar a evolução temporal do desmatamento no bioma Cerrado no estado do Maranhão no intervalo temporal de 23 anos (2000-2023), identificar as tendências de desmatamento absoluto e relativo, e avaliar as variações regionais e municipais para fornecer uma compreensão detalhada das dinâmicas de desmatamento e suas implicações.

METODOLOGIA

Área de estudo e divisão territorial

A área de estudo deste trabalho é o Cerrado maranhense, que ocupa aproximadamente 65% do território estadual (Sano et al. 2007), conforme destacado na Figura 1. Que, além do Cerrado, mostra os limites dos demais biomas.

Figura 1 - Localização do Bioma Cerrado no estado do Maranhão

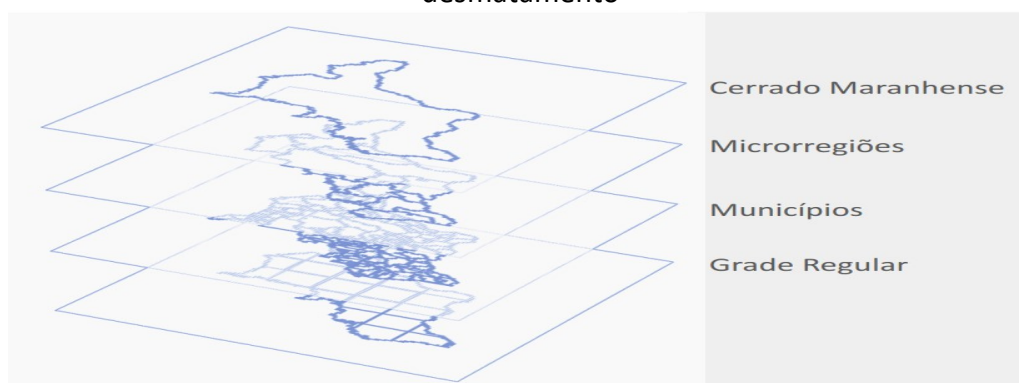


Fonte: Elaboração ou Organização: os autores, 2024

Com o intuito de analisar a evolução do desmatamento ao longo do espaço e do tempo, a área de estudo foi segmentada em microrregiões, municípios e uma grade regular, conforme ilustrado na Figura 2. O critério adotado para a inclusão de microrregiões foi a exigência de que mais de 50% de seu território estivesse inserido no bioma em questão.

Para os municípios, foram considerados todos aqueles presentes na base de dados do projeto Prodes-Cerrado. Finalmente, a grade regular de 10 x 10 km² foi estabelecida de forma arbitrária, com o propósito de possibilitar a visualização da evolução do desmatamento sem a interferência das variações nas áreas dos municípios e das microrregiões.

Figura 2 - As subdivisões do Cerrado maranhense utilizados na análise do desmatamento



Fonte: Elaboração ou Organização: os autores, 2024.

Fonte de Dados

Os dados de desmatamento foram obtidos a partir da plataforma Terrabrasilis (<https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>), desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Essa plataforma integra diversos sistemas de monitoramento ambiental, incluindo o PRODES Cerrado (INPE, 2023).

Os dados de desmatamento são disponibilizados na Terrabrasilis de maneira interativa e acessível ao público, permitindo a visualização de mapas, gráficos e estatísticas sobre a evolução do desmatamento nos diferentes biomas (INPE, 2023).

Este projeto construiu uma série histórica bienal para o período de 2000 a 2012 e anual a partir de 2013. Esses dados desempenham um papel crucial no suporte a políticas públicas e iniciativas de conservação deste bioma brasileiro. No contexto deste

projeto, o desmatamento segue a definição utilizada pelo PRODES, ou seja, é a remoção da vegetação nativa, sem considerar sua futura destinação ou legalidade.

É relevante destacar que uma parcela significativa do desmatamento no Cerrado maranhense e brasileiro é legalmente amparada. Ao contrário das propriedades rurais na Amazônia Legal, onde é exigido que 80% da área seja mantida com cobertura vegetal, no Cerrado esse percentual é de apenas 20% (BRASIL, 2012).

Análise dos Dados

A análise dos dados foi realizada utilizando a linguagem de programação Python e seu ecossistema de bibliotecas, como Pandas, GeoPandas, Matplotlib entre outras. Os dados e códigos estão disponíveis em um repositório aberto https://github.com/LambdaGeo/analise_cerrado_ma. Deste modo, toda a análise está disponível de modo transparente e permitindo a sua replicação.

Os códigos são compatíveis com o Jupyter Notebooks, que tem promovido o conceito de Literate Programming, ou Programação Literária, que é um paradigma de programação introduzido por Donald Knuth em 1984 (<https://guides.nyu.edu/datascience/literate-prog>).

A ideia central é que um programa deve ser escrito de forma que seja compreensível tanto para humanos quanto para computadores. Isso é alcançado integrando o código com a documentação e comentários em um formato narrativo. A Figura 3 apresenta um dos trechos do código usados nas análises, o código completo está disponível abertamente no repositório.

Esta abordagem tem como vantagem estar alinhada com alguns princípios da ciência aberta (Open Science). Que é um movimento que visa tornar a pesquisa científica mais acessível, transparente e colaborativa. Ela engloba várias práticas e princípios destinados a facilitar o compartilhamento de dados, metodologias, resultados e publicações científicas de forma aberta e gratuita.

Figura 3 - Trechos do código usados nas análises e disponibilizado no repositório aberto.

```
2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021,
2022, 2023))

Algumas perguntas iniciais, sobre o desmatamento absoluto e relativo

• Qual o total de desmatamento no bioma ?

In [12]:
total_desmatamento = df[["areakm"]].sum()
print( total_desmatamento, total_desmatamento / area_cerrado_maranhense)
89880.3660872508 0.4141398895412632

• Qual o total de desmatamento no bioma, na mascara de 2000 ?

In [13]:
total_desmatamento_00 = df[df["year"] == 2000][["areakm"]].sum()
print( total_desmatamento_00, total_desmatamento_00 / area_cerrado_maranhense)
41356.95237303544 0.19055956749114378

• Qual o total de desmatamento no bioma, de 2001 a 2023 ?

In [14]:
total_desmatamento_01_23 = df[df["year"] != 2000][["areakm"]].sum()
print( total_desmatamento_01_23, total_desmatamento_01_23 / area_cerrado_maranhense)
48523.41371421536 0.2235803220501194
```

Fonte: Elaboração ou Organização: os autores, 2024.

Murray-Rust (2008) argumenta que a abertura no compartilhamento de dados e metodologias não apenas promove a transparência e a reprodutibilidade, mas também facilita a descoberta de novas informações e a inovação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os anos de 2001 e 2023, o cerrado maranhense perdeu aproximadamente 48.523 km². Somado ao desmatamento anterior ao período estudado, em 2023 já são 89.880 mil km² de área desmatada. Isso equivaleria a 41% dos 217 mil km² do território do estado.

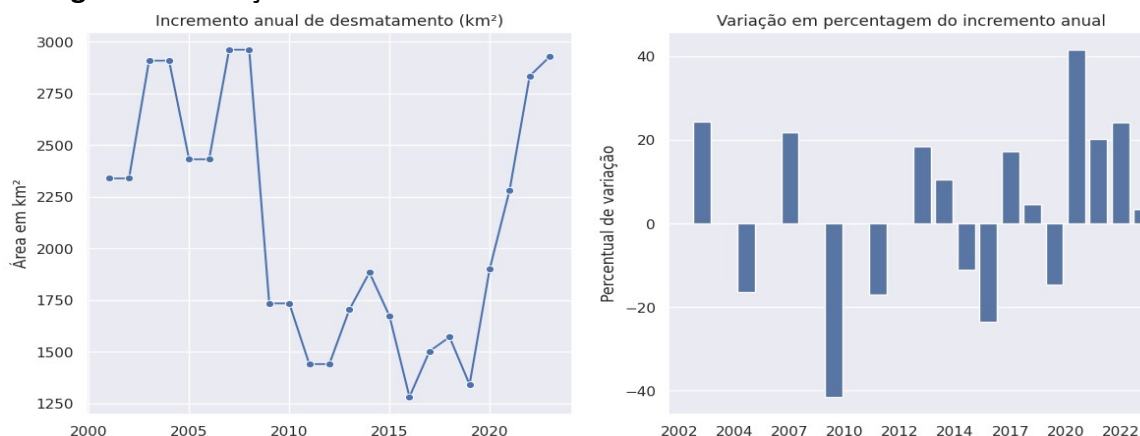
Nota-se, que mais da metade de todo o desmatamento do cerrado maranhense ocorreu entre os anos de 2001 a 2023. Deste modo, é necessário visualizar os incrementos anuais deste desmatamento com o objetivo de identificar possíveis padrões ou tendências.

A Figura 4 apresenta o incremento anual em km², e a variação em porcentagem entre dois anos consecutivos. O incremento anual nos permite visualizar a quantidade de desmatamento ocorrida naquele ano, o que irá ajudar a identificar tendências e padrões. Contudo, os dados entre os anos de 2000 a 2012 são bienais.

Os dados só começaram a ser divulgados anualmente a partir de 2013. Então, para os biênios 2001-2002, 2003-2004, 2005-2006, 2007-2008, 2009-2010 e 2011-2012,

atribuiu-se a cada um dos anos a metade do incremento do respectivo biênio. Isso justifica os valores idênticos entre dois anos consecutivos observados no gráfico da esquerda, e a não variação percentual entre dois anos consecutivos no gráfico da direita.

Figura 4 - Evolução do desmatamento no Cerrado Maranhense entre 2001 e 2023



Fonte: Elaboração ou Organização: os autores, 2024

A Figura 4 demonstra uma tendência de queda no desmatamento até 2013 e um aumento significativo a partir de 2020. Para Rajão e Vurdubakis (2013), a introdução do Sistema e as tecnologias associadas, como o DETER¹, trouxeram ganhos expressivos por possibilitarem um crescimento expressivo no número de multas aplicadas pelo Ibama quando da verificação de ocorrência de desmatamento ilegal.

Porém, com o passar do tempo ocorreu uma mudança comportamental por parte do agente provocador de desmatamento, que passou a ter ciência de que está sendo monitorado e passou a desmatar áreas inferiores a 25 ha, que não são detectadas pelas imagens dos satélites utilizados no Sistema (Melo; Artoxo, 2017).

Essas são algumas conjecturas que podem explicar a diminuição e o aumento no desmatamento. No entanto, é importante destacar que o desmatamento é um processo complexo, influenciado por múltiplas variáveis. A compreensão detalhada deste processo não está dentro do escopo deste estudo, que se concentra na análise

¹ O DETER é um levantamento rápido de alertas de evidências de alteração da cobertura florestal na Amazônia, feito pelo INPE.

exploratória dos dados, considerando tanto o desmatamento relativo quanto o absoluto.

Este estudo também analisou como o desmatamento está distribuído nas microrregiões do cerrado maranhense. Incluiu-se 14 microrregiões: Presidente Dutra, Caxias, Chapadinha, Coelho Neto, Codó, Baixo Parnaíba Maranhense, Itapecuru Mirim, Porto Franco, Alto Mearim e Grajaú, Gerais de Balsas, Chapadas das Mangabeiras, Chapadas do Alto Itapecuru, Lençóis Maranhenses e Médio Mearim.

Outras microrregiões não foram incluídas na análise, por terem menos de 50% do seu território dentro do Bioma, como foi o caso de Pindaré. A Tabela 1 apresenta as microrregiões com sua área em km², porcentagem de desmatamento (2000 e 2023) e a variação entre estes anos.

Tabela 1 - Dados de desmatamento das Microrregiões maranhenses

Nome	Área (km ²)	2000 (%)	2023 (%)	Variação (%)
Presidente Dutra	6.543,5	44%	82%	38%
Caxias	15.340,1	10%	43%	33%
Chapadinha	10.799,2	4%	32%	28%
Coelho Neto	3.608,5	7%	34%	27%
Codó	9.914,8	36%	62%	26%
Baixo Parnaíba Maranhense	6.039,7	9%	35%	26%
Itapecuru Mirim	6.609,0	19%	45%	26%
Porto Franco	14.062,5	18%	43%	25%
Alto Mearim e Grajaú	33.700,7	23%	46%	23%
Gerais de Balsas	36.657,3	10%	31%	21%
Chapadas das Mangabeiras	16.961,3	9%	30%	21%
Chapadas do Alto Itapecuru	25.011,3	6%	24%	19%
Lençóis Maranhenses	9.900,0	3%	14%	11%
Médio Mearim	6.886,5	93%	97%	4%

Fontes: Elaboração ou Organização: os autores, 2024

A tabela 1 está ordenada pela variação no percentual de área desmatada entre os anos de 2000 e 2023. Assim, é possível observar que as microrregiões de Presidente Dutra, Caxias e Chapadinha foram as que tiveram maior perda de área de cerrado. O

Gerais de Balsas está na décima posição, quando se considera o desmatamento relativo à área da microrregião.

Ao destacar essa variação relativa, a tabela 1 demonstra que o desmatamento no cerrado não está restrito ao sul do Maranhão. Jansen, Filho e Campos (2023) apontam que a microrregião de Caxias concentra suas atividades econômicas, relacionadas ao uso da terra, na agropecuária e exploração vegetal.

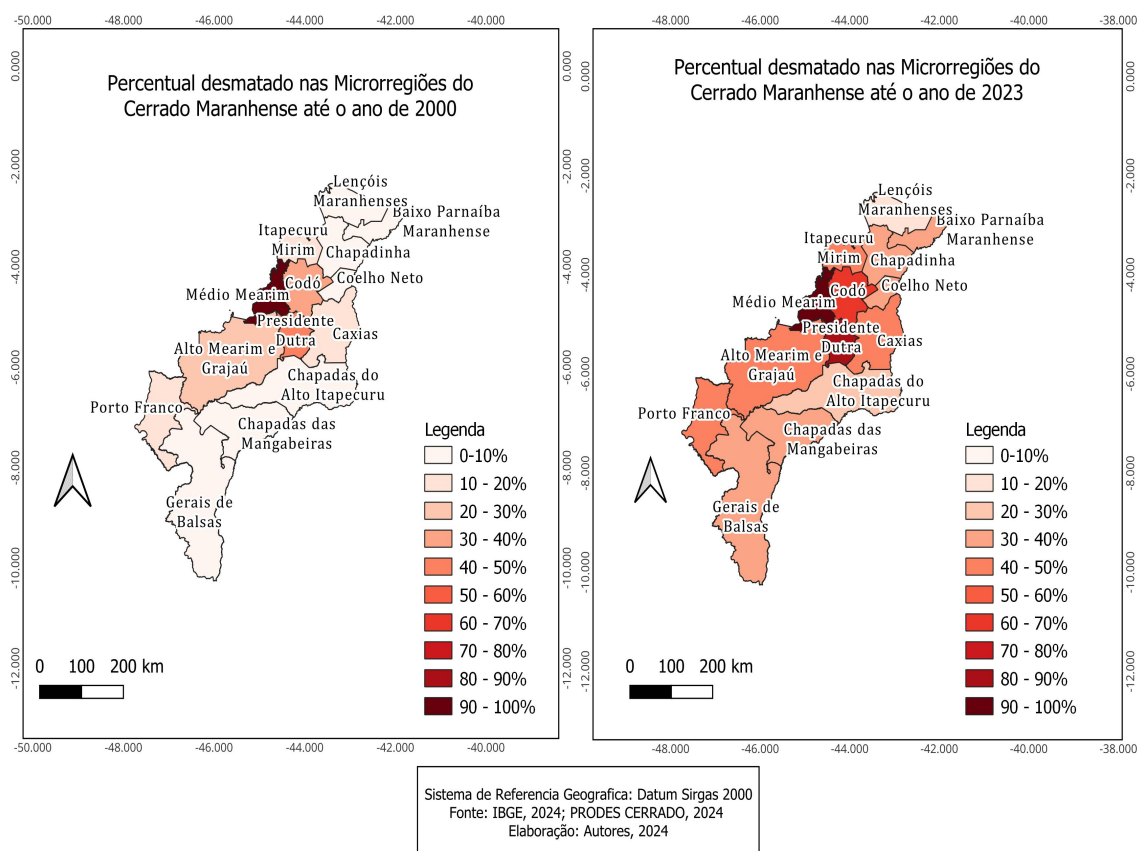
Almeida, Sodré e Junior (2018) retratam que, por sua proximidade geográfica ao Porto do Itaqui, a microrregião de Chapadinha apresenta o maior crescimento de área plantada de uma determinada monocultura do estado, tomando como referência o recorte temporal 1990-2017.

As microrregiões com as menores variações foram o Médio Mearim e os Lençóis Maranhenses. A estabilidade no Médio Mearim pode ser atribuída ao fato de que, em 2000, já havia sido desmatada 93% de sua área. Já os Lençóis Maranhenses podem ter apresentado baixa variação devido à presença do Parque Nacional de mesmo nome, que abriga comunidades dependentes do turismo e de atividades agrícolas de subsistência (Araújo e Fonseca, 2016).

Além das variações, podemos observar visualmente quais microrregiões apresentaram maior desmatamento relativo, isto é, em relação à sua área total. A Figura 5 mostra o percentual de desmatamento comparado às áreas das microrregiões em 2000 e ao longo de um período de 22 anos (2001 a 2023).

A figura 5 destaca uma maior concentração de desmatamento nas microrregiões localizadas no leste do Maranhão. Essa região desempenha um papel crucial na agricultura do Estado, sendo caracterizada por extensas áreas de cerrado que, junto a outros fatores ambientais, proporcionam condições ideais para uma variedade de cultivos e usos agrícolas (IBGE, 2020).

Figura 5 - Percentual de desmatamento em relação à área da microrregião



Fonte: Elaboração ou Organização: os autores, 2024

No portal TerraBrasilis (<https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/>) são divulgados os dados de desmatamento e alguns gráficos e tabelas. Nele é possível filtrar por biomas, estados, municípios, unidades de conservação e áreas indígenas. A Tabela 2 mostra os municípios que tiveram maior desmatamento de 2001 a 2023.

Ao visualizarmos os dados de desmatamento dispostos na plataforma Terrabrasilis apontados na tabela 2, podemos identificar que 11 dos 15 municípios que mais desmataram estão na região denominada de MATOPIBA e dois no Cerrado maranhense.

Tabela 2 - Visualizando o incremento do desmatamento (2001 a 2023) através da plataforma TerraBrasilis.

Município	Desmatamento (km²)	Estado
Formosa do Rio Preto	5565.15	Bahia
São Desidério	4660.94	Bahia
Balsas	3580.51	Maranhão
Jaborandi	3306.5	Bahia
Correntina	3178.24	Bahia
Baixa Grande do Ribeiro	3057.53	Piauí
Uruçuí	2957.58	Piauí
Paranatinga	2799.55	Mato Grosso
Grajaú	2569.49	Maranhão
Cocalinho	2566.25	Mato Grosso
Barreiras	2278.8	Bahia
João Pinheiro	2212.93	Minas Gerais
Riachão das Neves	1605.95	Bahia
Paranã	1589.36	Tocantins
Niquelândia	1583.34	Goiás

Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - Dados de Monitoramento de Desmatamento do Cerrado (PRODES/DETER), 2023. Elaboração ou Organização: os autores, 2024.

Entre 2001 e 2023, o município de Balsas foi o terceiro com a maior área desmatada em todo o cerrado brasileiro, enquanto Grajaú ocupou a nona posição. Além do desmatamento absoluto, é importante ponderar com outros dados sobre os municípios.

A Tabela 3, produzida neste estudo, apresenta um ranking de desmatamento absoluto dos municípios do cerrado maranhense. A tabela traz outras informações, como os maiores e menores valores de: área do município, desmatamento total (2000 e 2023) e o percentual de variação.

Na Tabela 3, Balsas e Grajaú se destacam pelo desmatamento absoluto, e ambas também apresentam uma grande variação de desmatamento em 22 anos. Esta tabela corrobora com o que vem sendo apontado em outros estudos, destacando que dos 5 municípios que mais desmataram, 4 estão localizados na mesorregião sul do estado. Sendo 3 deles da microrregião dos gerais de Balsas. Esse alto índice de desmatamento pode ser explicado pelo grande crescimento agrícola da região nos últimos 30 anos.

Tabela 3 - Ranking de desmatamento absoluto dos municípios do cerrado Maranhense.

Município	Área do município	2000	2023	Variação (%)	Rank
Balsas	13.141,2	1.712,4	5.292,9	209%	1
Grajaú	8.861,7	1.213,3	3.782,7	212%	2
Barra do Corda	5.187,7	2.080,9	3.079,4	48%	3
Codó	4.361,6	1.459,1	2.637,3	81%	4
Tuntum	3.369,1	1.182,8	2.189,9	85%	5
Riachão	6.402,8	625,4	2.161,4	246%	6
Amarante do Maranhão	7.439,6	1.079,3	1.927,2	79%	7
Parnarama	3.245,5	529,1	1.809,0	242%	8
Alto Parnaíba	11.127,4	509,6	1.808,9	255%	9
Caxias	5.201,9	404,8	1.613,8	299%	10
Tasso Fragoso	4.369,2	477,3	1.575,3	230%	11
Carolina	6.267,7	273,4	1.565,8	473%	12
Sítio Novo	3.114,7	403,6	1.483,3	268%	13
Formosa da Serra Negra	3.690,6	344,7	1.417,6	311%	14
Coroatá	2.263,7	715,3	1.367,2	91%	15

Fonte: Elaboração ou Organização: os autores, 2024

Em termos absolutos, estes 15 municípios com maior desmatamento somaram 21.139 km² de desmatamento, o que representa 43% do desmatamento no Bioma no intervalo temporal de 22 anos (de 2001 a 2023). Vale destacar que estes municípios também representam 88.972 km², que equivale a aproximadamente 41% da área total do cerrado Maranhense.

Adicionalmente, ao olhar a variação do desmatamento na Tabela 3, percebe-se que o município de Carolina apresentou a maior variação de área desmatada. O município saiu de 273 km² para 1556 km² em 22 anos, uma variação de 473%. Formosa da Serra Negra, também se destaca pela elevada variação no desmatamento no período analisado. Com a inclusão desta informação relativa, pode-se destacar estes municípios e regiões.

A seguir, a Tabela 4 apresenta o ranking dos 15 municípios com maior percentual de desmatamento em relação à área do município entre 2001 e 2023. Por exemplo, na primeira colocação, o município de Governador Eugênio Barros saiu de 26% de área desmatada em 2000 para 89% em 2023. O município teve 63% da área do município desmatada em 22 anos.

As três primeiras colocações são municípios pequenos e, por isso, não aparecem nos rankings de desmatamento absolutos e não são destacados pela mídia e nem mesmo por trabalhos acadêmicos. Mesmo com riscos de perderem toda sua área de cerrado, como está sendo o caso de Governador Eugênio Barros.

Tabela 4 - Ranking dos 15 municípios com maior percentual de desmatamento em relação à área do município entre 2001 e 2023.

Município	Área do município	2000 (%)	2023 (%)	Aumento (%)	Rank
Governador Eugênio Barros	648,0	26%	89%	63%	1
Governador Luiz Rocha	401,6	16%	72%	56%	2
Senador Alexandre Costa	426,4	18%	71%	53%	3
São Domingos do Maranhão	1.152,0	41%	85%	44%	4
Anapurus	608,9	5%	48%	44%	5
São João do Soter	1.438,1	7%	51%	44%	6
Graça Aranha	271,4	41%	84%	43%	7
Matões	2.108,7	9%	52%	43%	8
Santa Filomena do Maranhão	623,2	24%	64%	40%	9
Fortuna	834,8	21%	61%	40%	10
Parnarama	3.245,5	16%	56%	39%	11
Água Doce do Maranhão	442,3	14%	53%	38%	12
Gonçalves Dias	883,6	43%	81%	38%	13
Buriti	1.475,8	6%	44%	38%	14
Colinas	1.978,7	12%	49%	37%	15

Fonte: Elaboração ou Organização: os autores, 2024

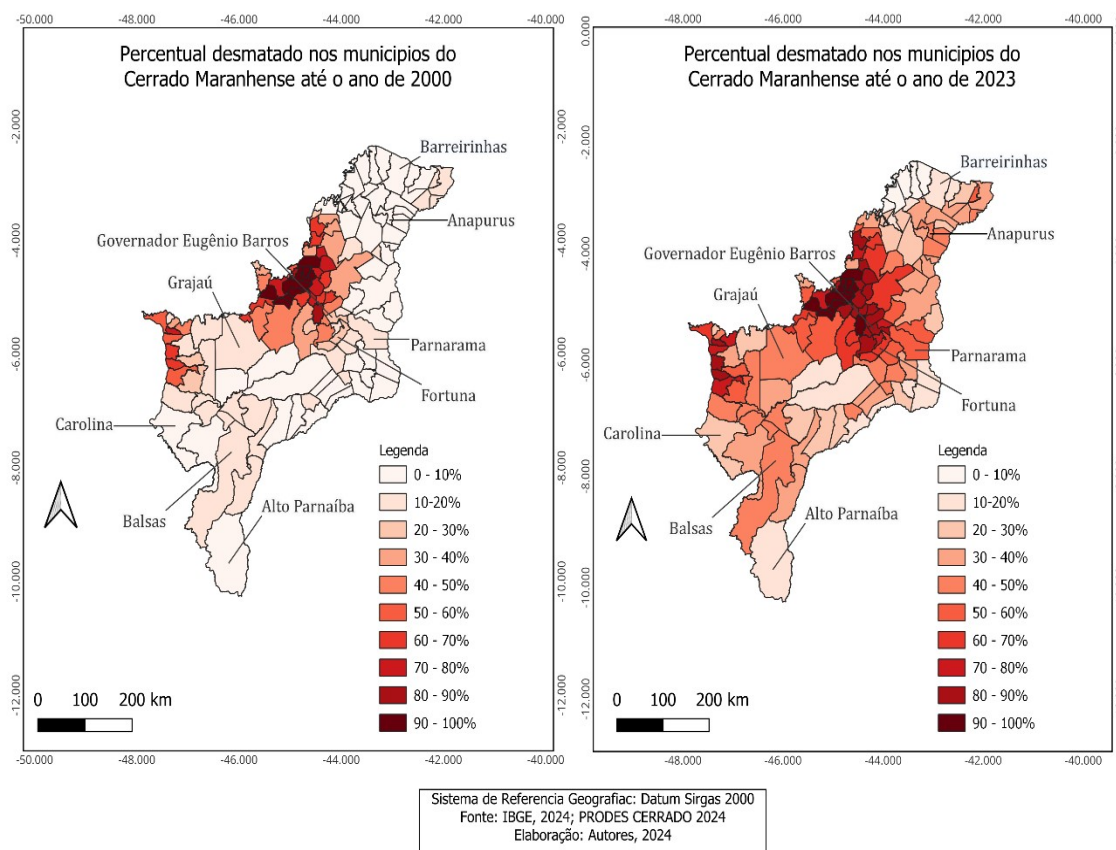
Os dados relativos apresentados na Tabela 4 permitiram chamar a atenção para o desmatamento em municípios de menor extensão. Entretanto, vale ressaltar que na quarta colocação aparece um município com mais de 1000 km².

Em outras colocações, aparecem municípios ainda maiores, como Parnarama, com mais de 3000 km² e Matões, com mais de 2000 km². Somada a área destes 15 municípios, chega-se a aproximadamente 16539 km², que equivale a aproximadamente 7% do cerrado maranhense. Em relação ao desmatamento, somam-se 6911 km², o equivalente a 14% de todo desmatamento no Cerrado Maranhense.

Em resumo, 14% de todo desmatamento ocorreu em municípios que representam 7% da área do cerrado. Este número chama a atenção para o desmatamento que tem ocorrido em municípios de menor extensão. A Figura 6

apresenta o percentual desmatado em relação à área do município em 2000, e o que foi desmatado entre 2001 e 2023.

Figura 6 - Percentual de desmatamento em relação à área do município



Fonte: Elaboração ou Organização: os autores, 2024.

A Figura 6 destaca que o desmatamento não se direcionou apenas para os municípios do sul do Maranhão, mas também para o leste do Maranhão, como foi observado na análise das microrregiões. Nessas microrregiões, muitos municípios já estão com mais de 80% de sua área desmatada.

Ao apresentar o percentual de desmatamento em relação à área do município, há uma tendência de destacar municípios com menor extensão territorial. Em contraste, o desmatamento absoluto tende a destacar os municípios de maior extensão. Dado que a área dos municípios pode influenciar a interpretação dos dados, neste estudo, a área de análise foi dividida arbitrariamente em uma grade regular de 10 x 10 km². A Figura 7

Figura 7 - Grade regular com o percentual de desmatamento no Cerrado Maranhense



Mesmo as terras indígenas (TI) têm sofrido pressão de desmatamento. Essas TI's são constantemente ameaçadas, pois o desmatamento no Cerrado Maranhense é um problema grave que afeta não apenas a biodiversidade, mas também essas comunidades indígenas que habitam a região.

Página 60

Canela-Apãnjekra (1°), Bacurizinho (2°), Cana Brava/Guajajara (6°), Kanela Memortumré (7°) e Krikati (9°).

Tabela 5: Desmatamento nas Terras Indígenas no Bioma Cerrado de 2001 a 2023

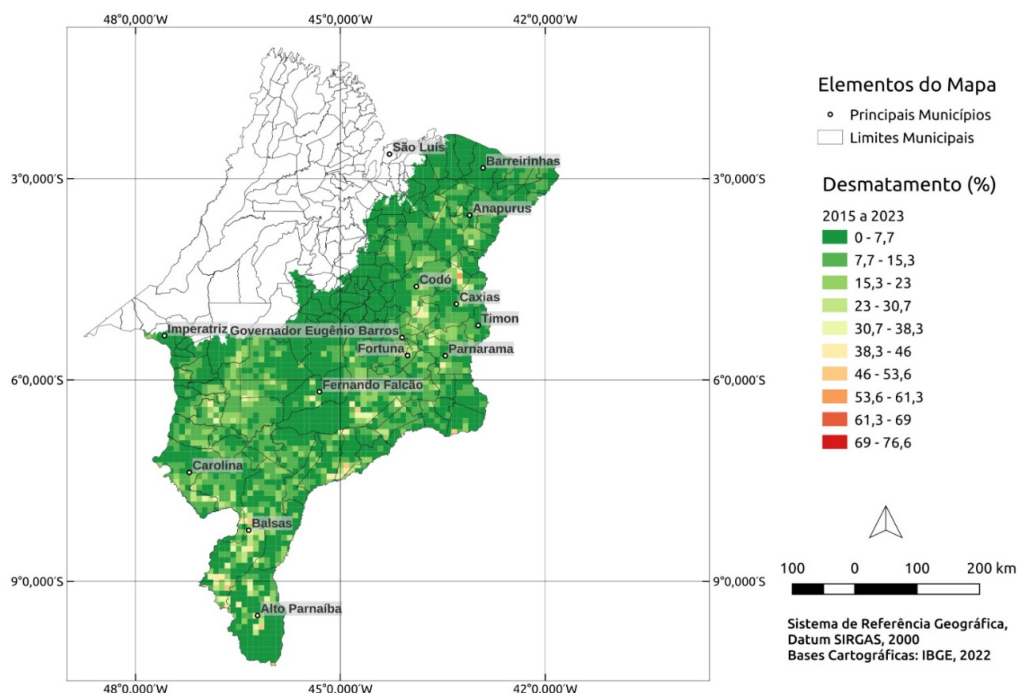
Terras Indígenas	Desmatamento (km²)	Ranking
Porquinhos dos Canela-Apãnjekra	225,71	1
Bacurizinho	218,41	2
Wedezé	135,32	3
Utiariti	110,46	4
Paresi	97,09	5
Cana Brava/Guajajara	94,21	6
Kanela Memortumré	94,17	7
Areões	83,92	8
Krikati	80,23	9
Bakairi	73,64	10
Menkü	65,21	11
Parque do Araguaia	55,12	12
Uirapuru	54,64	13
Cachoeirinha	52,87	14

Fonte: Terrabrasilis (2023). Elaboração ou Organização: os autores, 2024.

Adicionalmente, foi calculado o desmatamento ocorrido de 2015 a 2023, visando identificar se, nesse período, houve uma concentração em regiões mais específicas. A escolha do ano de 2015 se deu por ser um ponto de inflexão, onde o desmatamento começou a aumentar após uma tendência de queda. A Figura 8 confirma que não houve uma concentração regional do desmatamento. Na verdade, mesmo neste período, o desmatamento ocorreu de maneira distribuída em todo o cerrado.

Um estudo de Pinto (2021) aponta que o Cerrado maranhense perdeu 12% de áreas naturais e as atividades antrópicas cresceram 150% nos últimos anos, tendo a formação de pastagens como seu resultado mais prevalente. A partir dessa constatação, é possível acreditar que o principal motivo dos altos índices de desmatamento no Cerrado é o amparo legal, sendo que é exigido que seja mantida apenas 20% da cobertura vegetal de propriedades privadas nesta região (Brasil, 2012).

Figura 8 - Percentual de desmatamento de 2015 a 2023.



Fonte: Terrabrasilis (2023). Elaboração ou Organização: os autores, 2024

No Maranhão, o fomento governamental à iniciativa privada para que fossem implementadas ações de modernização agrícola para produção de alimentos de forma integrada ao mercado, estimulou um novo fenômeno de concentração fundiária e de expansão de atividades econômicas mais extensivas em termos de apropriação de recursos naturais (Pinto, 2021). Esse pode ser caracterizado como o principal motivo do crescimento da pecuária e das monoculturas agrícolas na região, provocando alarmantes índices de desmatamento no Cerrado.

O fato de o Maranhão possuir 135 municípios do estado dentro da fronteira agrícola denominada MATOPIBA (toda extensão territorial do Cerrado no Maranhão), cerca de 26% da expansão agrícola do país ocorreu diretamente sobre essa região (Bolson e Araújo, 2022). Dá ênfase para retratar que o processo de desmatamento no estado ocorre sobre toda a extensão territorial do bioma. No entanto, nota-se que o foco em relação ao tema desmatamento no Cerrado maranhense é direcionado ao sul do estado uma região que faz fronteira com outros dois estados da fronteira agrícola (Piauí e Tocantins) mas, como podemos verificar na Tabela 4, os municípios com menor

extensão territorial presentes no leste do estado tem contribuído com um grande percentual do desmatamento no bioma.

Os dados dispostos na tabela 2, que visualizaram o incremento do desmatamento através da plataforma TerraBrasilis dão ênfase ao estudo de (Bolson e Araújo, 2022), podendo caracterizar o apontamento sobre a relação entre os índices de desmatamento e a expansão das fronteiras agrícolas dentro do território nacional.

O desmatamento no Cerrado maranhense implica em uma série de aspectos negativos, fragmentação de suas paisagens, perda da fauna, segundo Silva et al., (2023) há cerca de 137 espécies de animais ameaçadas de extinção. Põe em risco as populações indígenas que habitam a região, a tabela 5 apresenta altos índices de desmatamento em terras indígenas entre os anos de 2001 a 2023.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises realizadas verificou-se uma ausência de estudos relevantes sobre a evolução temporal do desmatamento no Cerrado Maranhense, dessa forma os dados obtidos constataram que 48,523 mil km² dos 89,880 mil km² (mais da metade da área desmatada no Cerrado do estado), foram desmatados entre os anos de 2001 e 2023. Ao analisar a evolução temporal do desmatamento, observou-se uma tendência de queda no desmatamento até 2013, seguida por um aumento significativo a partir de 2020.

A análise por microrregiões revela que o desmatamento ocorre em todo o Cerrado Maranhense, não se limitando ao sul do estado. O desmatamento no Cerrado Maranhense no intervalo de tempo analisado evoluiu de forma gradativa em todas as regiões do Cerrado no estado, evidenciando que a problemática do desmatamento no estado não está restrita a nenhuma região específica e nem aos municípios de grande extensão.

Enquanto a microrregião de Gerais de Balsas apresentou o maior desmatamento absoluto, as microrregiões de Presidente Dutra, Caxias e Chapadinha apresentaram as maiores variações no desmatamento. Em Presidente Dutra, a área desmatada saltou de

44% para 82%. Pelos dados, verificou-se que 14% do desmatamento ocorreu em municípios que representam 7% da área de estudo, ou seja, em municípios de menor extensão. Como exemplo, o município de Governador Eugênio de Barros perdeu 63% da sua área territorial em 22 anos. Adicionalmente, utilizar uma grade regular para eliminar a influência da área dos municípios, a análise revelou que o desmatamento foi distribuído de maneira ampla por todo o Cerrado Maranhense. Não se constatou nenhuma concentração relevante, mesmo no período mais recente, de 2015 a 2023, a partir de uma análise visual.

Esta análise exploratória chamou a atenção para que o desmatamento ocorre de maneira uniforme na extensão em toda a extensão do bioma, inclusive nas terras indígenas. Contudo, vale ressaltar que este estudo não teve como objetivo identificar os possíveis fatores que têm contribuído para este desmatamento em cada região.

Em trabalhos futuros, poderão ser feitas análises detalhadas destas microrregiões e municípios a fim de compreender a utilização das suas áreas desmatadas. Isso poderá ser realizado com a utilização de outros dados, como os dados de classificação de uso e cobertura do projeto Mapbiomas (<https://brasil.mapbiomas.org/>).

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P. D. et al. Cenários de emissões de mudanças no uso da terra: Antecipando um processo de transição florestal na Amazônia brasileira. **Biologia da Mudança Global**, v. 22, p. 1821-1840, 2016. Disponível em: <https://abrir.link/nMLhl>. Acesso em: 3 jul. 2024.

ALMEIDA, J. G.; SODRÉ, R. B.; MATTOS JÚNIOR, J. S. de. O MATOPIBA nas chapadas maranhenses: impactos da expansão do agronegócio na microrregião de Chapadinha/The MATOPIBA in the Maranhão plateau: impacts of the expansion of agrobusiness in the Chapadinha microregion/El MATOPIBA en las chapadas maranhenses: impactos de la expansión del agronegocio en la microrregión de Chapadinha. **Revista NERA**, v. 0, n. 47, p. 248-271, 2019. DOI: <https://doi.org/10.47946/rnera.v0i47.6271>.

BATISTELLA, M. et al. Relatório do diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Maranhão. **Embrapa Territorial-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E)**, 2013. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/987964>. Acesso em: 3 jul. 2024.

ARAÚJO, T. D.; FONSECA, E. L. da. Análise multitemporal dos Lençóis Maranhenses entre 1984 a 2014 utilizando sensoriamento remoto orbital. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 280-295, 2016. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.1.p280-295>.

BOLSON, S. H.; DE ARAÚJO, S. F. As metas brasileiras ao Acordo de Paris sobre as mudanças climáticas e o desmatamento ilegal no Bioma Cerrado: a omissão do Estado Brasileiro. **RELPE: Revista Leituras em Pedagogia e Educação**, v. 5, n. 1, p. 144-158, 2022.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 3 jul. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. *Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa*: Código Florestal. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 25 maio 2012.

BRASIL. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Cerrado**. Brasília, DF: ICMBio, 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Cerrado**. Brasília, DF: MMA, 2022.

DA SILVA JANSEN, L. N.; FARIAS FILHO, M. S.; CAMPOS, M. C. C. Potencial agrícola e usos dos solos na microrregião de Caxias-Maranhão–Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 04, p. 2069-2082, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>. Acesso em: 3 jul. 2024.

DIAS, L. J. B. da S. Zoneamento ecológico-econômico do Maranhão (ZEE-MA) etapa bioma cerrado e sistema costeiro. **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA)**. [S.l.: s.n.], 2022. Disponível em: <http://zee.ma.gov.br/wp-content/uploads/2022/01/Sumario-Executivo-VOLUME-2.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.

DE ARAÚJO-PINTO, L. A. Transformação de paisagens e estruturação produtiva primária do Maranhão (1985-2020). **Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho**, v. 12, n. 1, p. 22-51, 2023. DOI: <https://doi.org/10.21680/2316-5235.2023v12n1ID29366>.

JANSEN, L. N. da S.; FARIAS FILHO, M. S.; CAMPOS, M. C. C. Potencial agrícola e usos dos solos na microrregião de Caxias - Maranhão – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 4, p. 2069-2082, 2023. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.4.p2069-2082>.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005. Disponível em: <https://abrir.link/wqrzW>. Acesso em: 3 jul. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra do Brasil 2016 – 2018. Rio de Janeiro, 2020. 26 p. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 5 ago. 2024.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto PRODES Cerrado. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/prodes-cerrado.php. Acesso em: 22 maio 2024.

MAMEDE, J. S. D. S.; PASA, M. C. Diversidade e uso de plantas do Cerrado na comunidade São Miguel, Várzea Grande, MT, Brasil. **Interações (Campo Grande)**, v. 20, p. 1087-1098, 2019. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v20i4.2064>.

MapBiomas Brasil, 28 maio 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2024/05/28/matopiba-passa-a-amazonia-e-assume-a-lideranca-do-desmatamento-no-brasil/>. Acesso em: 19 set. 2024.

MELLO, N. G. R. D.; ARTAXO, P. Evolução do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, p. 108-129, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-901X.v0i66p108-129>.

MURRAY-RUST, P. Open data in science. **Nature Precedings**, p. 1-1, 2008. Disponível em: <https://natureprecedings.nature.com>. Acesso em: 3 jul. 2024.

SANO, E. E. et al. Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados, 2007.

SILVA, M. R. A. C. et al. Levantamento da macrofauna edáfica em uma unidade de conservação do Cerrado no Leste Maranhense. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 1, p. 46-56, 2023. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2023.001.0004>.

SPERA, S. A. et al. Land-use change affects water recycling in Brazil's last agricultural frontier. **Global Change Biology**, v. 22, n. 10, p. 3405-3413, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.13298>.

STRASSBURG, B. B. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 4, p. 0099, 2017. Disponível em: <https://abrir.link/qwert>. Acesso em: 3 jul. 2024.

SOARES-FILHO, B. et al. Cracking Brazil's forest code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1246663>.

RAD 2023: Relatório Anual do Desmatamento no Brasil 2023 - São Paulo, Brasil - MapBiomas, 2024 - 154 p. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>. Acesso em: 3 jul. 2024.

RAJÃO, R.; VURDUBAKIS, T. On the pragmatics of inscription: detecting deforestation in the Brazilian Amazon. **Theory, Culture & Society**, v. 30, n. 4, p. 151-177, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1177/0263276413486203>.

Financiamento: O presente trabalho é fruto de uma dissertação de mestrado, no qual o autor recebeu bolsa da Capes.

Recebido: 20/09/2024 Publicado: 10/03/2026

Editor Geral: Dr. Eliseu Pereira de Brito