

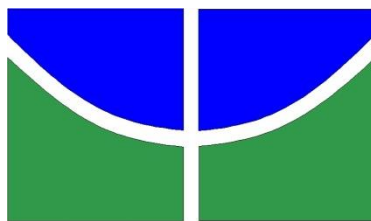


**MAPBIOMAS ALERTA: UMA NOVA OPORTUNIDADE DE
MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO BRASILEIRO A CURTO
PRAZO. UMA VISÃO SOBRE O CERRADO DO MATOPIBA**

Victória Varela

FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal - EFL

**MAPBIOMAS ALERTA: UMA NOVA OPORTUNIDADE DE MONITORAMENTO
DO DESMATAMENTO BRASILEIRO A CURTO PRAZO. UMA VISÃO SOBRE O
CERRADO DO MATOPIBA**

Estudante: Victória Varela

Matrícula: 14/0165070

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista

Menção: _____

Prof. Dr. Gustavo Macedo de Mello Baptista
Universidade de Brasília – UnB
Instituto de Geociências
Orientador

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi
Universidade de Brasília – UnB
Membro da Banca

Dr. Fabrício Assis Leal
Universidade Federal do Acre – UFAC
Membro da Banca

Brasília-DF, 03 de dezembro de 2020.

FICHA CATALOGRÁFICA

VARELA, VICTÓRIA

MAPBIOMAS ALERTA: UMA NOVA OPORTUNIDADE DE MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO BRASILEIRO A CURTO PRAZO. UMA VISÃO SOBRE O CERRADO DO MATOPIBA

[Distrito Federal] 2020. 32 p., 210 x 297mm (EFL/FT/UnB, Engenheira, Engenharia Florestal, 2020).

Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Florestal

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 1. Geoprocessamento | 2. Prodes |
| 3. Desmatamento | 4. Mapbiomas |
| I. EFL/FT/UnB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VARELA, V. (2020). MAPBIOMAS ALERTA: UMA NOVA OPORTUNIDADE DE MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO BRASILEIRO A CURTO PRAZO. UMA VISÃO SOBRE O CERRADO DO MATOPIBA. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 32p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Victória Varela

TÍTULO: MAPBIOMAS ALERTA: UMA NOVA OPORTUNIDADE DE MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO BRASILEIRO A CURTO PRAZO. UMA VISÃO SOBRE O CERRADO DO MATOPIBA

GRAU: Engenheira em Engenharia Florestal ANO: 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Victória Varela

Depto. de Engenharia Florestal (EFL)-FT

Universidade de Brasília (UnB)

Campus Darcy Ribeiro

CEP 70919-970 – Brasília – DF – Brasil

DEDICATÓRIA

Dedico a minha querida amiga, Maria Clara Santos Veras, que hoje olha por mim de um lugar melhor.

“No one said it would be easy, only that it'd be worth it”.

Unknown author.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ser tão grandioso e por ter providenciado tudo o que eu precisava. Agradeço à minha mãe, que as vezes não tinha palavras muito reconfortantes, mas sempre esteve ao meu lado, rezando por mim. Minha irmã, meu exemplo e também a maior parceira que a vida podia me dar. Meu pai, por ter colocado a educação como prioridade, mesmo em tempos difíceis durante a minha infância e adolescência. Obrigada por não terem me cobrado mais do que eu já o fazia.

Meus amigos do ensino médio, que se tornaram uma grande família, passando os melhores e piores momentos ao meu lado. Obrigada por terem contribuído com cada degrau que eu subi para chegar até aqui. Lucas, pela paciência e por sempre lembrar que eu sou boa no que faço, e que eu consigo.

Aos meus amigos da escalada e ao município de Cocalzinho do Goiás, que me deu energia para concluir a graduação.

A todas e todos os que tive a oportunidade de conhecer no WWF-Brasil. Minha ex supervisora de estágio, Mariana, com quem eu aprendi muito e aprendo até hoje. Meu amigo, Ricardo, que me fez ser crítica com o meu próprio trabalho para aprimorá-lo cada vez mais. Minha querida amiga, Maria Eduarda, que tenho tanto orgulho de ter trilhado um caminho tão lindo, hoje concluímos juntas mais essa etapa. Meu amigo, Rôney, que me inspira a nunca deixar a vida profissional engolir a minha essência. À Paula Valdujo, que confiou no meu trabalho e por quem tenho muita admiração.

Aos meus atuais colegas de trabalho do IPAM. Meu amigo, João, por ser tão disponível e leve. Minha supervisora Isabel, por todo o aprendizado e troca. Martha, por ser tão descontraída e imprimir atenção a cada demanda que possa impactar na vida dos povos indígenas. Ane Alencar, por gerir tão bem a nossa equipe.

Por fim, ao meu orientador, Gustavo Baptista, por ter me acolhido faltando tão pouco tempo pra encerrar a matrícula, sem me conhecer. Por ter confiado, por ter me ajudado a chegar até aqui. Serei sempre grata.

Agradeço a UnB e ao ensino público, que tornaram possível essa conquista. Que em um futuro próximo a educação pública e de qualidade seja para todas e todos, sem distinção.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	4
AGRADECIMENTOS.....	5
INTRODUÇÃO	7
MATERIAL E MÉTODOS.....	9
Área de estudo.....	9
Aquisição das bases.....	11
Processamento dos dados	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	29

INTRODUÇÃO

Historicamente, o processo de expansão da fronteira agrícola no Brasil trouxe danos profundos às paisagens naturais, a começar pelo bioma Mata Atlântica, palco da colonização que, posteriormente, expandiu-se ano após ano em ritmo mais acelerado, trazendo a perspectiva do cenário atual de degradação ambiental. Há um interesse crescente sobre a história ambiental dos demais biomas, para que seja possível a conservação dos recursos remanescentes (DRUMMOND, 1997; DUTRE E SILVA et. al., 2018). Dentre os biomas mais afetados, o Cerrado tem sido alvo de constante exploração de seus recursos naturais nas últimas décadas, o que tem ameaçado a fauna, a flora (TRIGUEIRO, 2019) e os recursos hídricos de ecossistemas locais (DE OLIVEIRA-FILHO E LIMA, 2002; SAUER E LEITE, 2012).

O Cerrado é a savana mais rica em biodiversidade do planeta e o segundo maior bioma do Brasil em área, abrangendo cerca 25% do território nacional. Está localizado no Planalto Central brasileiro, incluindo os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí, Bahia, Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná e Rondônia (BANDEIRA e CAMPOS, 2018). Possui três tipos de formações naturais, sendo estes: formação florestal, formação savânica e formação campestre, além de diversas fitofisionomias em cada formação (RIBEIRO E WALTER, 1998; CASTILHO E CHAVEIRO, 2010)

O Cerrado tem passado por uma relevante conversão de cobertura da terra para outros tipos de uso antrópico devido ao avanço da fronteira agrícola (CASTILHO E CHAVEIRO, 2010; DA SILVA E DOS ANJOS, 2010; MAURANO et al., 2019). O processo de ocupação da agricultura no Brasil levou em consideração, inicialmente, a procura de solos férteis e condições ideais para o cultivo. No Cerrado, até a década de 1950, as áreas de campo eram consideradas impróprias à produção em função da baixa fertilidade e acidez do solo. Em decorrência da revolução verde que se deu início em 1964, houve a expansão da fronteira agrícola, impulsionada pelos processos de modernização da agricultura (LUCKER, 1992; DUTRE E SILVA et. al., 2018). Dada as condições ótimas de relevo plano à levemente ondulado do Planalto Central, que facilita o desmatamento rápido de grandes extensões por meio de máquinas agrícolas (DA SILVA E DOS ANJOS, 2010; MAURANO et al., 2019). A crescente devastação do Cerrado é ainda mais preocupante considerando as lutas pelo reconhecimento de sua

riqueza natural e os estudos sobre o avanço da fronteira agrícola e perda de vegetação nativa são recentes e ainda pouco expressivas (DUTRE E SILVA et. al., 2018).

O Cerrado tem sido historicamente subvalorizado e negligenciado pelas políticas públicas brasileiras, que ainda hoje possuem um modelo de proteção de florestas que subvaloriza as savanas e campos (BUSTAMANTE, 2015; TRIGUEIRO, 2019). O avanço do desmatamento sobre o bioma nas últimas três décadas elevou a necessidade da implementação de sistemas que monitorassem as mudanças no uso do solo. Nos anos 2000, por iniciativa do Ministério do Meio Ambiente (MMA) por meio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA), foi iniciado o primeiro programa com o intuito de quantificar o desmatamento em área de vegetação nativa, o Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS), que não vigorou por muito tempo. Em 2016, a iniciativa foi reestruturada no bioma Cerrado com a criação do Projeto de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite (Prodes) (IBAMA, 2018; MARUNO et al., 2019). Por meio do projeto Prodes foi construída uma série histórica bienal da remoção antrópica da vegetação natural para o período de 2000 a 2012 e anual a partir de 2013 (MAURANO et al., 2019). Apesar de os dados gerados pelo Prodes serem de grande utilidade para o monitoramento do desmatamento e para o estabelecimento de políticas públicas, estes, não são apropriados para ações de prevenção e de fiscalização, devido ao longo tempo necessário para a sua produção (TEURES E CASTILHO, 2011).

Dada a urgência em obter um mecanismo de apoio ao Prodes, foi lançado em 2018 o DETER Cerrado (RIBEIRO, 2019). Esse sistema utiliza imagens que cobrem o bioma a cada 5 dias e possibilitam detectar polígonos de desmatamento com área maior que três hectares. A alta disponibilidade das imagens utilizadas pelo DETER torna o sistema uma ferramenta ideal para informar rapidamente aos órgãos de fiscalização sobre novos desmatamentos. No entanto, o INPE enfatiza que o DETER é um sistema de mapeamento de alertas de degradação desenvolvido, apenas, para suportar a fiscalização. A informação sobre área dos alertas não deve ser entendida como uma taxa mensal de desmatamento (INPE, 2019).

Considerando as limitações dos dois sistemas de monitoramento existentes e a extrema urgência em ampliar a série temporal para combater o desmatamento no Cerrado, foi desenvolvida a iniciativa Mapbiomas Alerta. Esta iniciativa surgiu em 2018 com o intuito de garantir que cada alerta de desmatamento pudesse ser verificado, validado, refinado e analisado com imagens de satélite de alta resolução espacial para determinar a

sua exata extensão territorial e o seu grau de regularidade legal (DE AZEVEDO et al., 2019; TABOR E HOLLAND, 2020).

Atualmente, o Cerrado brasileiro possui cerca de 50% de sua vegetação natural preservada, estando sob domínio dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia as maiores reservas naturais do Bioma. O MATOPIBA (MARanhão, TOcantins, PIAuí e BAHia) foi institucionalizado como uma região de desenvolvimento por meio do Decreto Presidencial nº 8.447 de 6 de maio de 2015, e é considerado a última fronteira agrícola do país. Essa área, até pouco tempo considerada sem tradição forte em agricultura, vem chamando atenção pela crescente produção de cultivos de commodities agrícolas (PEREIRA E PAULI, 2016; MENDES, 2018).

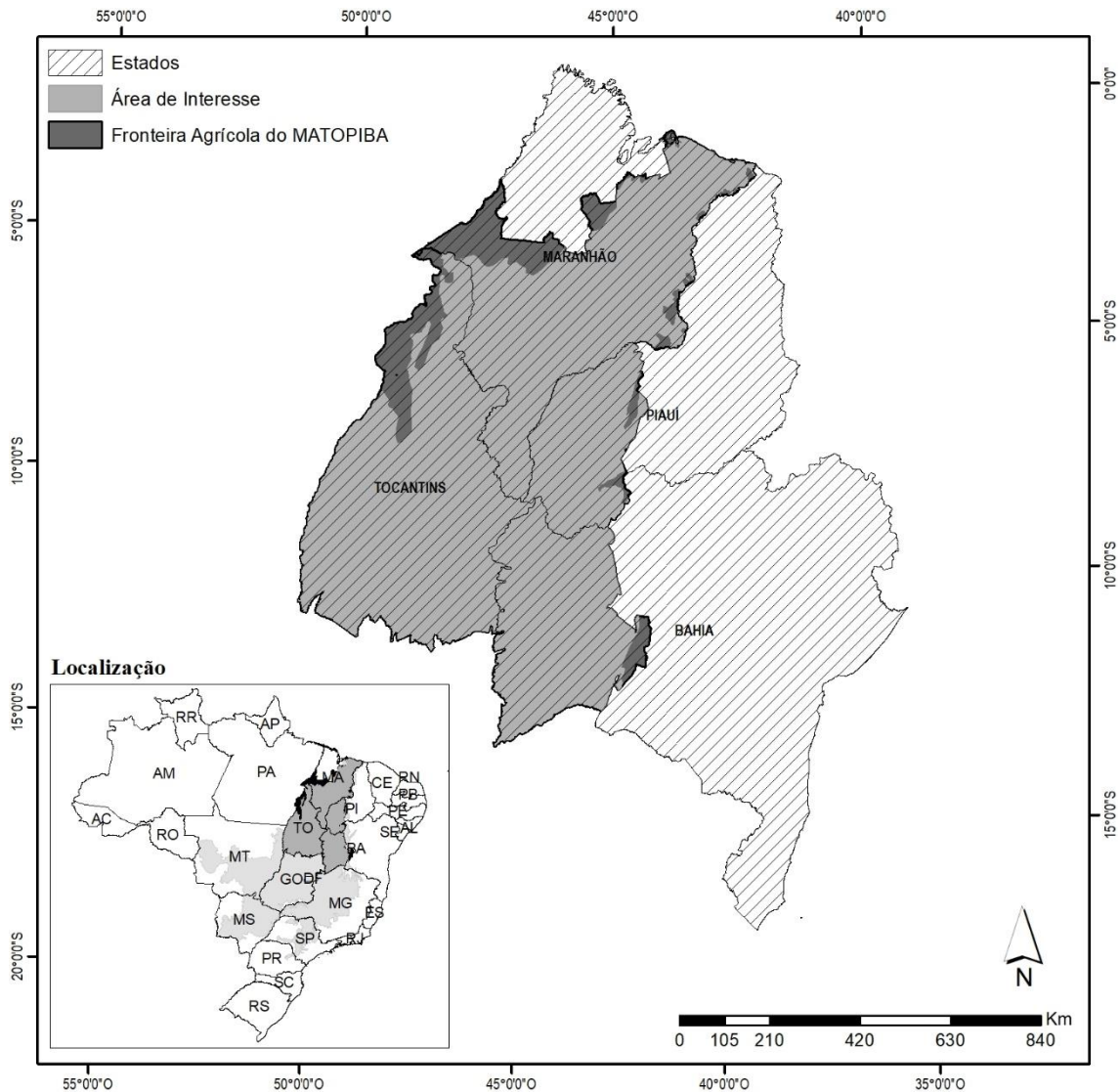
Tendo em vista o cenário atual de degradação e as altas taxas de desmatamento no bioma Cerrado, somado a oportunidade de conservação de seus remanescentes, localizados em grande parte na região do MATOPIBA, o objetivo deste trabalho é conhecer o histórico de supressão da vegetação local sob o olhar de um sistema de monitoramento do desmatamento já consolidado (Prodes) e compará-lo ao Mapbiomas Alerta. Os resultados deste estudo possibilitam ampliar as alternativas e estratégias de fiscalização e combate ao desmatamento ilegal a curto prazo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo localiza-se no bioma Cerrado, abrangendo os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia - MATOPIBA (Figura 1), totalizando 66.575.390 ha de extensão, cerca de 91% do território demarcado como a “Grande Fronteira Agrícola do MATOPIBA” (MAGALHÃES E MIRANDA, 2014).

Figura 1 – Localização da área de interesse. Fronteira agrícola do MATOPIBA sob domínio do bioma Cerrado.



Fonte: A autora

O relevo na região é predominantemente de áreas planas, com até 3% de declividade, e suavemente onduladas, de 3% a 8% (BOLFE et al., 2016). As formações florestais se distribuem em 11% do território, enquanto as savânicas recobrem 61%. Formações pioneiras e vegetação secundária somam aproximadamente 9% do Cerrado do MATOPIBA. O clima da região em 75% do território é tropical semiúmido, com períodos de seca entre 4 e 5 meses ao ano. Na porção restante predomina o clima semiárido, com baixa umidade e seca de 6 meses. A temperatura média fica acima de 18° C ao longo de todos os meses do ano (MAGALHÃES E MIRANDA, 2014).

Aquisição das bases

Para a caracterização da mudança do uso do solo foi utilizada a coleção 5.0 do Projeto Mapbiomas, que realiza a classificação automática a partir de mosaicos Landsat, que resultam em mapas anuais de cobertura e uso do solo em formato *GeoTiff*. Uma série histórica de 1985 a 2019 pode ser acessada na plataforma (Mapbiomas Brasil, [s.d.]).

Outro histórico do desmatamento de 2002 a 2019 foi obtido, em formato *shapefile*, por meio da plataforma TERRABRASILIS (ASSIS et al., 2019) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. O mapeamento do Projeto de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite - Prodes utiliza imagens do satélite Landsat ou similares capturadas nos meses de julho, agosto e setembro (período Prodes Cerrado), para registrar e quantificar as áreas desmatadas maiores que 1 hectare, considerando como desmatamento a supressão da vegetação nativa detectada, independente do uso posterior.

Dados do desmatamento recente (2018 e 2019) foram obtidos por meio da plataforma Mapbiomas Alerta. O Mapbiomas Alerta Cerrado utiliza a base de alertas de desmatamento detectados pelo Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real DETER/INPE (que detecta desmatamento acima de 1 ha no bioma Cerrado), a partir desta, é realizada a validação e refinamento por análise de imagens de satélite diárias (Planet Scope), com 3 metros de resolução espacial, mesclando processos de classificação e validação automáticos e manuais, resultando em alertas com áreas bem definidas e possibilitando a identificação de datas exatas, ou muito próximas, ao início e ao fim do desmatamento acima de 0,3 ha (DE AZEVEDO et al., 2019).

As bases auxiliares utilizadas na delimitação do presente estudo foram adquiridas em bancos de dados geográficos do IBGE (IBGE, 2020) e GeoWeb Matopiba/Embrapa (Embrapa, 2020).

Processamento dos dados

Os dados de desmatamento foram submetidos a um pré-processamento para dissociar os diferentes períodos de detecção. Foi utilizada a ferramenta “*Select By Attributes*”, para identificar os polígonos de cada ano e exportá-los em múltiplos arquivos. Deste processo, resultou os dados de desmatamento detectados pelos sistemas Prodes e Mapbiomas Alerta por período, as tabelas de todos os arquivos foram exportadas para análise no *Microsoft Excel - Office 16*.

Foi traçado o perfil do número de alertas de desmatamento emitidos por período, a partir de 2002, na região da Área de Interesse (AI) e também nas demais localidades do bioma Cerrado que estão fora da AI utilizando a série histórica de detecção do Prodes. Por meio do software *Microsoft Excel – Office 16* foi gerado um gráfico de linhas comparando o percentual de alertas de desmatamento detectados pelo Prodes Cerrado dentro e fora da AI, tendo como referência os dados obtidos por meio do Quadro 1.

Quadro 1 – Percentual de alertas de desmatamento (Prodes) no bioma Cerrado dentro e fora da Área de Interesse.

	Número de alertas no bioma Cerrado (Prodes)	Número de alertas na AI (Prodes)	Número de alertas no Cerrado desprezando a AI	Percentual de alertas no bioma Cerrado (fora da AI) em comparação a AI	Percentual de alertas na AI em comparação ao bioma Cerrado (fora da AI)
2002	Cerrado 1	AI 1	(Cerrado 1 - AI 1)	(Cerrado 1 - AI 1)/ AI 1	AI 1/ (Cerrado 1 - AI 1)
2004	Cerrado 2	AI 2	(Cerrado 2 - AI 2)	(Cerrado 2 - AI 2)/ AI 2	AI 2/ (Cerrado 2 - AI 2)
2006	Cerrado 3	AI 3	(Cerrado 3 - AI 3)	(Cerrado 3 - AI 3)/ AI 3	AI 3/ (Cerrado 3 - AI 3)
...
2019	Cerrado 13	AI 13	(Cerrado 13 - AI 13)	(Cerrado 13 - AI 13)/ AI 13	AI 13/ (Cerrado 13 - AI 13)

Fonte: A autora

Foram identificados e contabilizados, por meio da ferramenta “*Select By Location*” do software *ArcMap*, os alertas de desmatamento na AI que interseccionam os alertas detectados no biênio ou ano seguinte, possíveis indicativos de que parte do desmatamento tende a sofrer aumento ao longo dos anos. A partir do resultado, foi calculado o percentual de alertas detectados pelo Prodes que tiveram seu desmatamento continuado (Quadro 2).

Quadro 2 – Percentual de alertas de desmatamento (Prodes) na AI que tiveram a área aumentada no período seguinte.

	Total de alertas de desmatamento na AI	Alertas que interseccionam os do ano seguinte	Percentual de alertas de desmatamento continuado
2002	AI 1	$(AI\ 1) \cap ((AI\ 2))$	$(AI\ 1) \cap ((AI\ 2)) / AI\ 1$
2004	AI 2	$(AI\ 2) \cap ((AI\ 3))$	$(AI\ 2) \cap ((AI\ 3)) / AI\ 2$
2006	AI 3	$(AI\ 3) \cap ((AI\ 4))$	$(AI\ 3) \cap ((AI\ 4)) / AI\ 3$
...
2018	AI 13	$(AI\ 12) \cap ((AI\ 13))$	$(AI\ 12) \cap ((AI\ 13)) / AI\ 12$

Fonte: A autora

Para a caracterização do histórico de uso do solo no Cerrado do MATOPIBA, validando a conversão de vegetação natural para uso antrópico, foram selecionadas bases da coleção 5.0 do Mapbiomas de 4 anos de interesse (1989, 1999, 2009 e 2019), de forma a gerar intervalos de 10 anos entre si, representando os 30 anos do avanço da fronteira agrícola na região. Optou-se por adquirir os dados *Geotiff* abrangendo todo o território brasileiro, pois a opção disponível para aquisição por bioma estava com o limite atualizado (IBGE, 2019), inviabilizando o cruzamento deste com os dados do Prodes Cerrado, cujo o recorte não foi atualizado até a data de apresentação do presente estudo.

O mapa do uso do solo foi recortado para o limite do bioma Cerrado (IBGE, 2006) utilizando a ferramenta “*Clip (data management)*” do *software ArcMap*, o *raster* e, do resultante, foi extraído o limite da área de interesse envolvendo toda a região do Matopiba, utilizando a mesma operação. As diferentes classes foram reclassificadas sob uso da ferramenta “*Reclassify*”, também do *ArcMap*, obedecendo a seguinte regra: uso antrópico = 1; vegetação natural = 0; e outros = 2 (Tabela 1). Esta distribuição está de acordo com o modelo proposto pela plataforma Mapbiomas para estatísticas de uso (Mapbiomas Brasil, [s.d.]).

Tabela 1 – Valores originais e de reclassificação do *raster* de uso do solo do Mapbiomas para os anos de 1989, 1999, 2009 e 2019

Legenda Coleção 5.0 Mapbiomas (uso do solo)	Valor original do Pixel	Valor de Reclassificação
Formação Florestal	3	
Formação Savânica	4	
Mangue	5	
Campo Alagado e Área Pantanosa	11	
Formação Campestre	12	0
Outras Formações não Florestais	13	
Praia e Duna	23	
Afloramento Rochoso	29	
Apicum	32	
Rio, Lago e Oceano	33	
Floresta Plantada	9	
Pastagem	15	
Cana	20	
Mosaico de Agricultura e Pastagem	21	
Infraestrutura Urbana	24	1
Mineração	30	
Aquicultura	31	
Lavoura Perene	36	
Soja	39	
Outras Lavouras Temporárias	41	
Outras Áreas não Vegetadas	25	2
Não Observado	27	

Fonte: a autora

O desmatamento detectado pelo Prodes foi comparado ao dado divulgado pelo Mapbiomas Alerta para o mesmo ano (2019) quanto à área e classificação de uso do solo, tendo como referência o *raster* da coleção 5.0 do Mapbiomas do ano anterior (2018). Assim, foram utilizados os polígonos de ambos os sistemas de monitoramento para capturar a cobertura antes da ocorrência do corte ou limpeza, além de detectar possível semelhança de percentual de área desmatada por tipo de uso entre estes.

Foi necessário o pré-tratamento das bases para viabilizar o cálculo de área desmatada por tipo de cobertura do solo. Durante este processo, todos os arquivos gerados anteriormente foram reprojitados para a projeção cônica de Albers/DATUM South America 1969, por ser uma projeção equivalente (preserva a área). O *software ArcMap* não conta com o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) para tal projeção, definido como padrão pela Resolução do Presidente do IBGE N° 1/2005, para tal finalidade (COSTA e LIMA, 2005). Para cada um dos arquivos gerados, com exceção dos que possuíam formato “*raster*”, foi atribuído um campo de área em

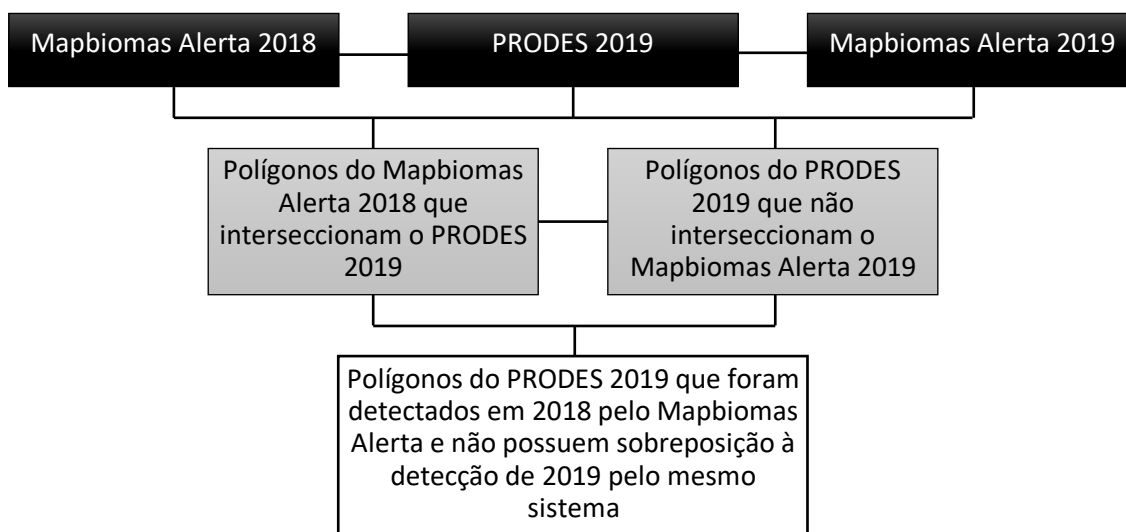
hectare e por meio da ferramenta “*Calculate Geometry*” do *ArcMap* foi possível determinar a área de cada polígono de desmatamento.

O *raster* da coleção de uso do solo 2018 e os *shapefiles* de desmatamento Prodes e Mapbiomas Alerta, ambos de 2019, foram recortados em ajuste à área de interesse por meio da ferramenta “*Clip (Analysis)*”. A função “*Tabulate Area*” foi aplicada de forma a interseccionar as classes de uso do *raster* com os polígonos de desmatamento, sendo esta operação efetuada para o Prodes e em seguida para o Mapbiomas Alerta. A resultante de cada foi uma tabela com valor de área em metros quadrados (m²) por valor de pixel do Mapbiomas, que pôde ser convertido em legenda de uso do solo, seguindo a legenda da Coleção 5.0 do Mapbiomas.

O desmatamento capturado em atraso pelo Prodes em relação ao Mapbiomas Alerta foi analisado quanto ao ano e em relação aos meses. Por meio da ferramenta “*Select By Location*” foi possível selecionar os polígonos detectados pelo Mapbiomas Alerta em 2018 que interseccionam os polígonos publicados pelo Prodes em 2019. Utilizando a mesma operação, também foram selecionados os polígonos do Prodes 2019 que interseccionam o Mapbiomas Alerta do mesmo ano, a seleção foi invertida para obter os polígonos do Prodes 2019 que não interseccionam os do Mapbiomas Alerta 2019.

As seleções efetuadas foram exportadas para novos arquivos, permitindo a continuidade da análise. Por fim, os polígonos do Mapbiomas Alerta 2018 que interseccionam o Prodes 2019 foram cruzados com os polígonos do Prodes 2019 que não interseccionam o Mapbiomas Alerta 2019. Desta forma, foram detectados apenas os polígonos do Prodes 2019 que foram publicados pelo Mapbiomas Alerta em 2018 sem sobreposição com o Mapbiomas Alerta 2019. Vale ressaltar que os polígonos do Mapbiomas Alerta 2018 foram publicados na “versão beta”, uma vez que a plataforma estava ainda em fase de testes (DE AZEVEDO et al., 2019), sendo este, apenas um indicativo de atraso do Prodes em relação ao Mapbiomas Alerta, não havendo possibilidade de quantificar com exatidão a dimensão de área ou número de alertas que foram lançados posteriormente pelo Prodes. Todo o processo está sintetizado no organograma abaixo (Figura 2).

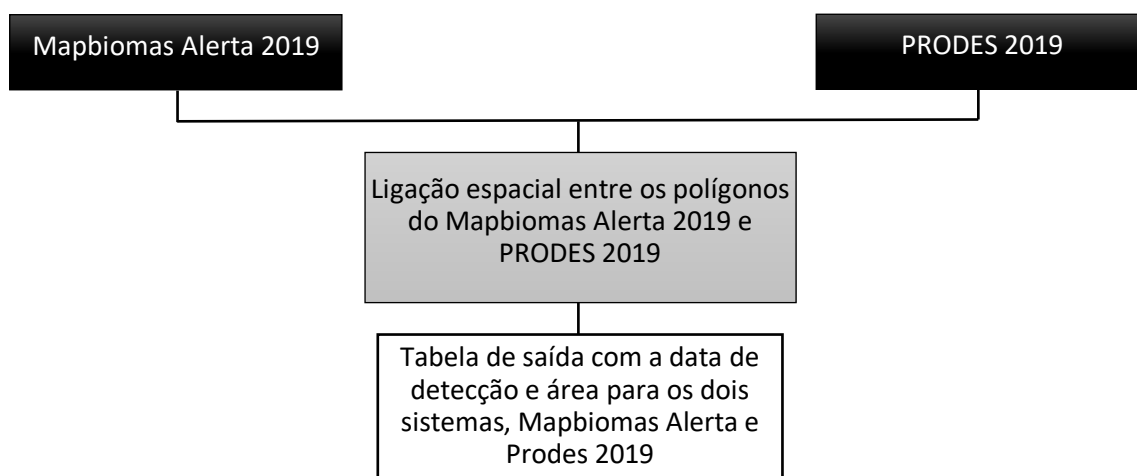
Figura 2 – Fluxograma da verificação de atraso na detecção do Prodes 2019 em relação ao Mapbiomas Alerta



Fonte: a autora

O desmatamento capturado em atraso ou precocemente (antes do fim da supressão) pelo Prodes 2019 foi calculado por meio de intersecção do Prodes 2019 com o Mapbiomas Alerta do mesmo ano. Foi utilizada a ferramenta “*Spatial Join*” para esta ação, resultando em uma tabela incluindo o desmatamento Prodes 2019 mais os atributos do desmatamento detectado pelo Mapbiomas no mesmo ano. Cada intersecção resultou em uma linha da tabela com o mês de detecção do Prodes seguido do mês de detecção do Mapbiomas Alerta, assim como a área desmatada publicada por cada um dos sistemas. Este procedimento pode ser verificado, a seguir (Figura 3):

Figura 3 – Fluxograma de comparação do Prodes 2019 com o Mapbiomas Alerta 2019



Fonte: a autora

A tabela resultante do cruzamento efetuado foi exportada para o *Microsoft Excel - Office 16* onde recebeu duas colunas, sendo a primeira resultante da diferença entre áreas detectadas pelo Mapbiomas em 2019 e Prodes do mesmo ano, já a segunda, a diferença entre os meses de detecção dos dois sistemas (Tabela 2).

Tabela 2 – Comparação entre as datas de detecção do desmatamento e suas respectivas áreas entre os sistemas Prodes e Mapbiomas Alerta em 2019.

Área desmatada segundo Prodes (AP)	Área desmatada segundo Mapbiomas Alerta (AM)	Data de detecção segundo Prodes (DP)	Data de detecção segundo Mapbiomas Alerta (DM)	Diferença de áreas (AM - AP)	Diferença entre detecções (DM - DP)
AP1	AM1	DP1	DM1	AM1 - AP1	DM1 - DP1
AP2	AM2	DP2	DM2	AM2 - AP2	DM2 - DP2
AP3	AM3	DP3	DM3	AM3 - AP3	DM3 - DP3
...
APn	AMn	DPn	DMn	AMn - APn	DMn - DPn

Fonte: a autora

RESULTADOS E DISCUSSÃO

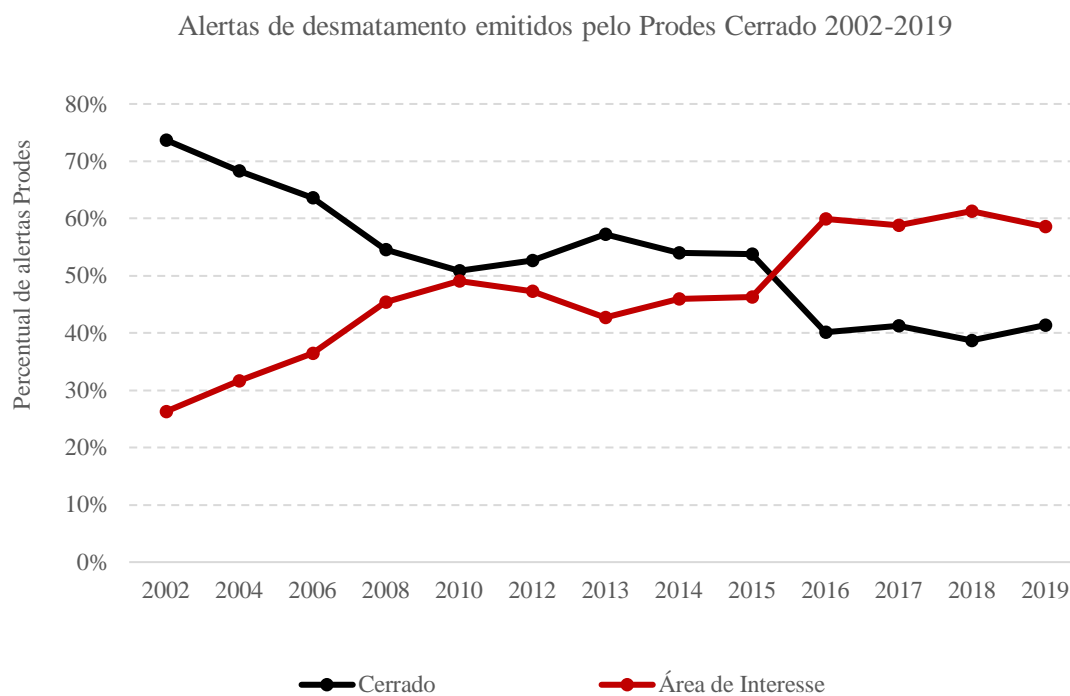
Com base no percentual do número de alertas detectados pelo Prodes na Área de Interesse (AI) em relação às demais localidades do bioma Cerrado, observou-se um alto impacto da expansão da fronteira agrícola do MATOPIBA sobre a vegetação nativa de cerrado. A região apresentava menos de 30% dos alertas detectados em 2002 e passou para mais de 60% em 2018 (Quadro 3). A AI representa 50% da extensão total do bioma Cerrado e, atualmente, é responsável por mais da metade dos alertas de desmatamento (Gráfico 1), com tendência de crescimento nos próximos anos caso nenhuma medida eficaz de comando e controle (fiscalização e monitoramento) do desmatamento seja adotada para a região.

Quadro 3 – Número de alertas de desmatamento PRODES Cerrado dentro e fora da Área de Interesse por período.

	Desmatamento PRODES Cerrado (n° alertas)	Desmatamento PRODES Área de Interesse (n° alertas)	Desmatamento PRODES Cerrado menos Área de Interesse (n° alertas)
2002	244.374	64.231	180.143
2004	313.278	99.297	213.981
2006	218.413	79.517	138.896
2008	196.639	89.285	107.354
2010	146.528	71.956	74.572
2012	100.996	47.754	53.242
2013	99.355	42.489	56.866
2014	89.928	41.365	48.563
2015	90.615	41.927	48.688
2016	45.709	27.387	18.322
2017	54.676	32.130	22.546
2018	59.718	36.598	23.120
2019	52.128	30.565	21.563

Fonte: A autora

Figura 4 – Aumento da proporção do número de alertas detectados pelo Prodes na AI em relação às demais regiões do bioma Cerrado.

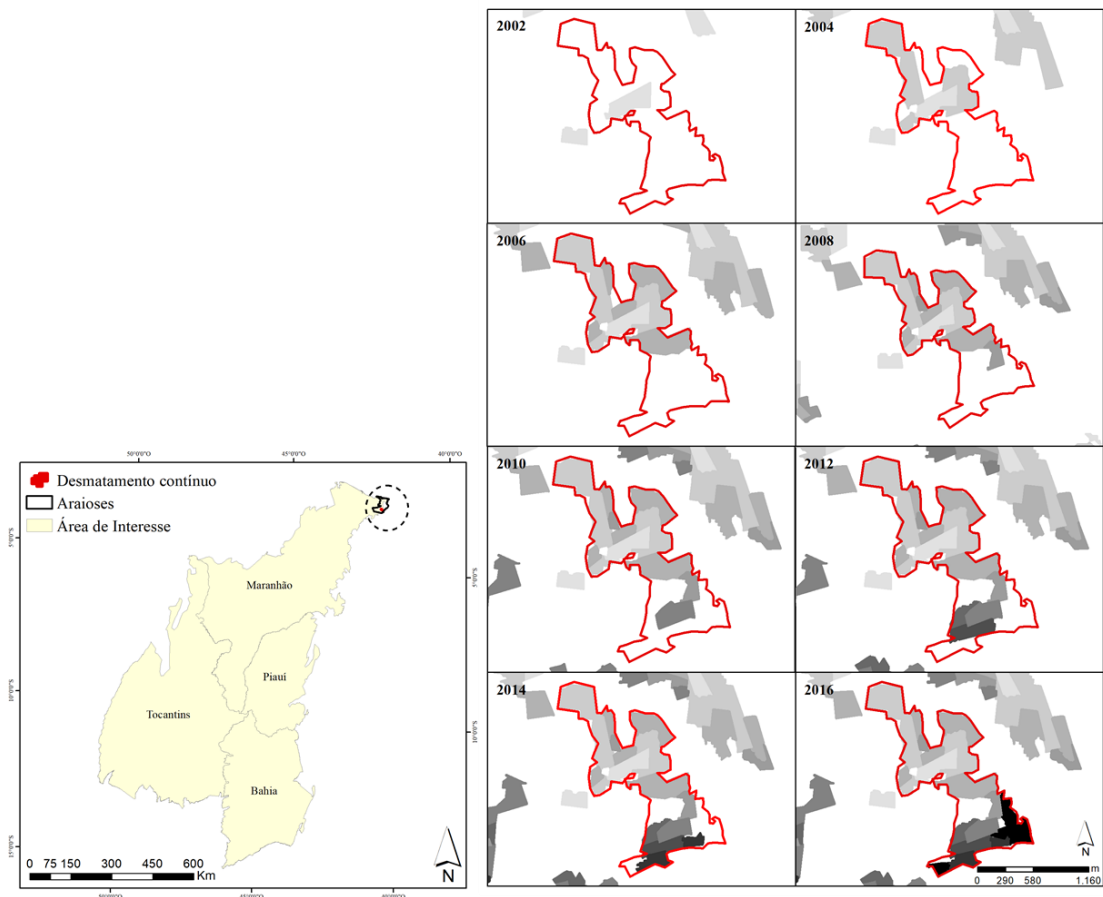


Fonte: A autora

A variação dos alertas do desmatamento observados no Gráfico 1 pode ser explicada pelo alto crescimento do desmatamento a partir de 2000 na região do MATOPIBA. Segundo Brandão et al. (2005), o aumento dos preços das commodities agrícolas nos mercados internacionais ocorrido entre o final dos anos 1980 e início dos anos 1990 aumentou a demanda por áreas para o plantio agrícola no Brasil.

Observou-se também que uma média de 22% do desmatamento na região da AI tende a continuar no ano seguinte. Esse percentual pode ser ainda maior, considerando que o método não utilizou Buffer, logo, polígonos muito próximos que não se interseccionam não foram considerados na estimativa. Este percentual de desmatamento contínuo pode ser explicado pela dificuldade de fiscalização devido à falta de recursos, mecanismos precisos para detecção do desmatamento em tempo hábil para ação controladora dos órgãos competentes. Algumas áreas foram desmatadas ao longo de vários anos, sem intervenção, como é o caso do fragmento abaixo, localizado no município de Araiões/MA (Figura 4).

Figura 5 – Série temporal de 14 anos de desmatamento contínuo em Araioses/MA. A escala de cinza representa: em tons mais claros, o desmatamento mais antigo, o mais recente, em tons mais escuros.



Fonte: A autora

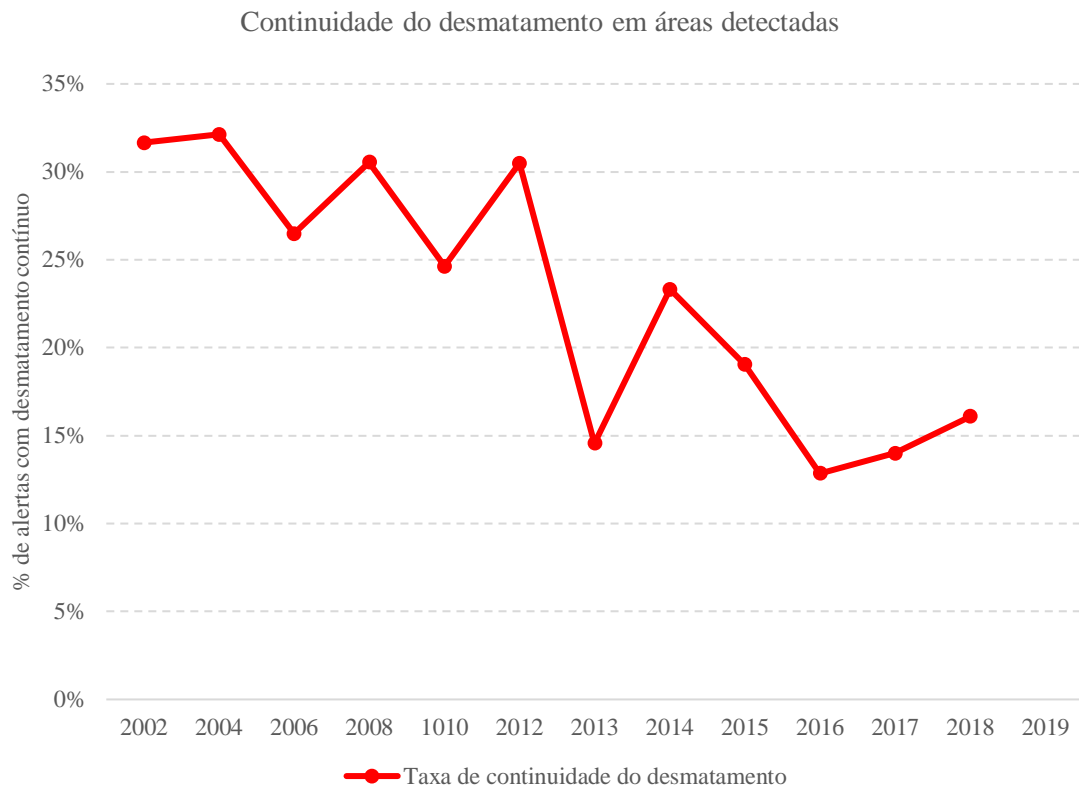
Observando a Tabela 3, abaixo, pode-se verificar que há uma propensão de diminuição de coincidência entre polígonos em períodos consecutivos entre 2002 e 2018, evidenciada no Gráfico 2.

Quadro 4 – Percentual de alertas de desmatamento detectados anualmente entre 2002 e 2019 na AI e que tiveram a atividade continuada no período seguinte

Ano base	Número de alertas com desmatamento continuado no período seguinte	Total de alertas do período	Taxa de continuidade do desmatamento
2002	31.438	64.231	32%
2004	25.552	99.297	32%
2006	23.653	79.517	26%
2008	21.983	89.285	31%
1010	11.761	71.956	25%
2012	12.956	47.754	30%
2013	6.022	42.489	15%
2014	9.776	41.365	23%
2015	5.215	41.927	19%
2016	4.127	27.387	13%
2017	5.125	32.130	14%
2018	4.918	36.598	16%
2019	-	30.565	-

Fonte: A autora

Figura 6 – Percentual de alertas de desmatamento que foram detectados anualmente entre 2002 e 2019 na AI e tiveram a atividade continuada no período seguinte

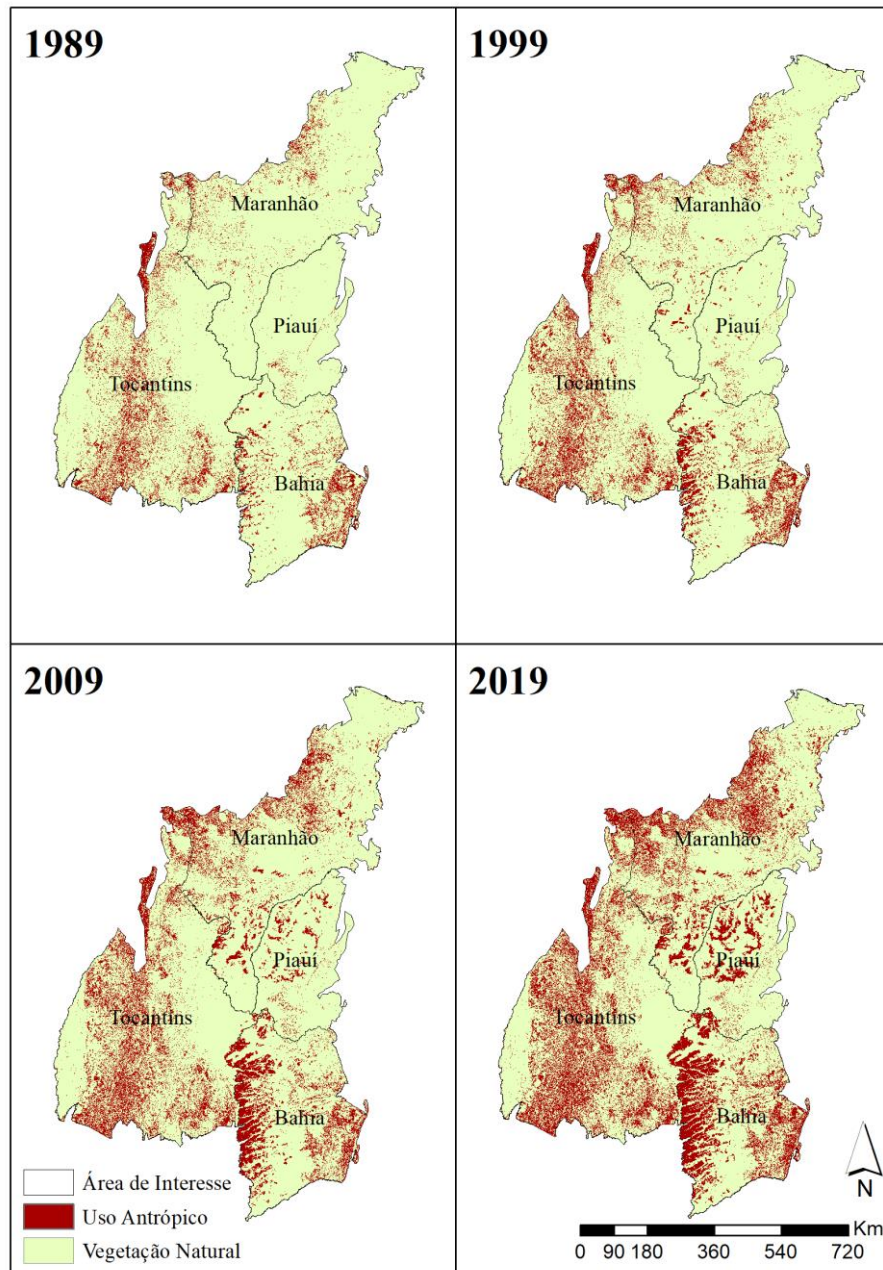


Fonte: A autora

Segundo Boechat et al. (2018), o MATOPIBA passa hoje por uma intensa expansão do capitalismo, agora agroindustrializado e mecanizado. Desta forma, o percentual de novas áreas desmatadas em relação a continuidade do desmatamento nas áreas já detectadas teria um aumento esperado.

A comparação dos resultados de 30 anos de desmatamento e mudanças no uso do solo, indica que, categoricamente, houve o aumento e o espalhamento do uso antrópico na região de estudo. Tal fenômeno foi muito evidente nos estados do Maranhão e Piauí, que em 1989 possuíam predominantemente vegetação natural com alguns focos, pouco expressivos, de uso antrópico (Figura 4).

Figura 7 – Mudança no uso do solo ao longo de 30 anos na AI, tendo como referência a classificação do Mapbiomas – Coleção 5.0



Fonte: A autora

Em 2019, a cobertura da terra antropizada na área de estudo era equivalente a 2,7 vezes a observada em 1989. Isto significa que, em aproximadamente 22 anos, a conversão em uso antrópico na AI superou todo o histórico de transformação registrado em 1989. Apesar disso, a vegetação natural cobre 66% da AI e, por isso, ainda é grande interesse para o fortalecimento de ações de conservação que visam a reintegração de habitats e proteção dos recursos naturais, podendo ser fortalecida pelos estudos de fragmentação existentes ou em andamento.

Prodes x Mappiomas:

Apesar de ambos os sistemas utilizarem a máscara do Prodes para eliminar os alertas com sobreposição aos que já foram publicados anteriormente, o Mappiomas Alerta captou, proporcionalmente, menos alertas na classe de pastagem do que o Prodes (Tabela 4). Comparando os dados de alertas de desmatamento Prodes aos publicados pelo Mappiomas Alerta no mesmo ano, podemos verificar uma semelhança na distribuição de área dos alertas em diferentes categorias de uso do solo (Gráfico 3). Desprezando o erro de classificação de uso do Mappiomas Coleção 5.0, que possui 74,8% de acurácia (Mappiomas Brasil, 2020), isso indica que o Mappiomas Alerta possui maior refinamento em distinguir alertas que ocorrem em áreas já antropizadas. Ambos os sistemas foram eficientes em detectar o desmatamento em formações savânicas e o Mappiomas Alerta foi melhor em detecção de desmatamento em formações campestres, sendo a segunda categoria de maior área desmatada que este sistema constatou, em comparação ao Prodes que verificou “pastagem” como a segunda categoria de maior desmatamento.

Tabela 3 – Área desmatada em 2019 (ha) por categoria de uso do solo do ano anterior (2018)

Legenda Coleção 5.0 Mappiomas (uso do solo)	Desmatamento Prodes 2019 (ha)	Desmatamento Mappiomas Alerta 2019 (ha)
3-Formação Florestal	63.940	32.023
4-Formação Savânica	243.189	180.285
9-Floresta Plantada	0	0
12-Formação Campestre	40.688	33.060
15-Pastagem	54.524	24.780
21-Mosaico de Agricultura e Pastagem	130	38
24-Infraestrutura Urbana	20	33
25-Outras Áreas não Vegetadas	719	343
33-Rio, Lago e Oceano	10	13
36-Lavoura Perene	3	0
39-Soja	394	645
41-Outras Lavouras Temporárias	647	606

Fonte: a autora

Figura 8 – Detecção do desmatamento em diferentes categorias de uso e cobertura (Mapbiomas – Coleção 5.0) pelos sistemas Mapbiomas Alerta e Prodes em 2019



Fonte: A autora

A desigualdade entre áreas pode ser ocasionada pela diferença entre as datas de aquisição das imagens analisadas, uma vez que o Prodes analisa dentro de seu próprio período, incluindo alguns meses do ano anterior. Já o Mapbiomas Alerta detecta o desmatamento com precisão muito alta do período de início até o fim do corte ou limpeza da área. Outro fator possível é o diferencial de algoritmo do Prodes, que trabalha a mais tempo identificando áreas desmatadas e possui seu próprio sistema de alerta, enquanto o Mapbiomas depende da ingestão do DETER para poder realizar o refinamento das áreas. Abaixo, é possível verificar as principais diferenças entre o sistema de monitoramento oficial de desmatamento Prodes e o Mapbiomas Alerta (Tabela 5).

Tabela 4 – Comparação entre as principais especificidades do Prodes e Mapbiomas Alerta

Sistema de monitoramento	Área mínima Mapeada	Período de análise	Janela de captura	Tipo de vegetação Mapeada
Prodes	1 ha	Ago 2018 a Jun 2019	Jun a Set 2019	vegetação existente em 2000
Mapbiomas Alerta	0,3 ha	Jan a Dez 2019	Jul a Dez 2019	vegetação primária e pode incluir vegetação secundária

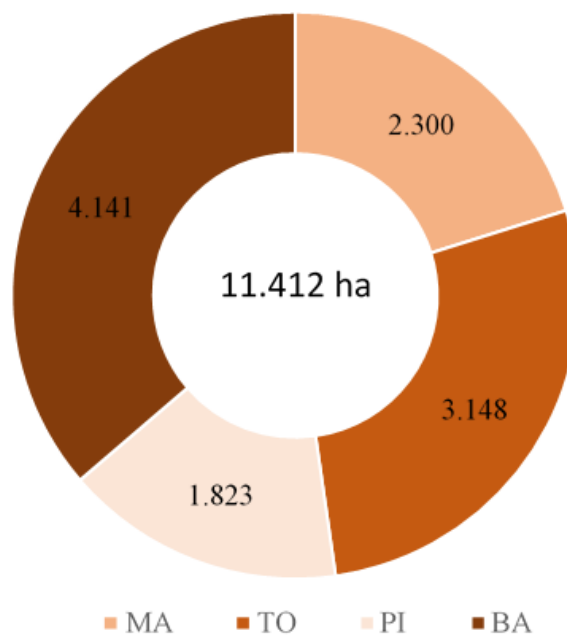
Tabela adaptada pela autora. Fonte: Mapbiomas, 2019

Existe um atraso considerável entre a detecção do Prodes e a data real em que ocorreu o desmatamento. O Gráfico 4 apresenta a área desmatada em hectares que

detectados pelo Mapbiomas antes(2018) e entraram para a taxa de desmatamento somente em 2019 segundo o PRODES nos diferentes estados que compõem a AI. Vale salientar que esses dados ainda estão subestimados, uma vez que, em 2018 o Mapbiomas Alerta estava lançando os alertas na versão teste, não operando de forma a verificar 100% dos alertas emitidos pelo DETER. Esses alertas atrasados corresponderam a 0,02% da área detectada pelo Prodes no período.

Figura 9 – Alertas detectados em ano de atraso pelo Prodes em relação ao Mapbiomas Alerta

Desmatamento Mapbiomas Alerta 2018 detectado pelo PRODES em 2019



Fonte: A autora

O quadro a seguir (Quadro 4) traz a dimensão do atraso (em meses) na detecção dos alertas pelo PRODES em comparação aos alertas em comum com o Mapbiomas Alerta do mesmo período, além de contabilizar o percentual de alertas de cada sistema que indicou área desmatada superior.

Quadro 5 – Comparação entre datas de detecção e maior área desmatada publicada

	Primeira detecção pelo Mapbiomas Alerta 2019	Primeira detecção pelo Prodes 2019	Maior área detectada pelo Mapbiomas Alerta 2019 em relação ao Prodes	Maior área detectada pelo Prodes 2019 em relação ao MAPBIOMAS
Nº de Alertas	2.825	536	1.907	1.454
Porcentagem	84%	16%	57%	43%

Fonte: A autora

Dos alertas que os dois sistemas publicaram em comum, 84% destes foram detectados antes pelo Mapbiomas Alerta, enquanto 57% possuem maior área desmatada detectada também por este sistema (Tabela 4). O que pode indicar que as imagens selecionadas pelo Prodes, apesar de possuírem boa definição, podem subestimar o desmatamento devido ao atraso na detecção, sendo este, tempo suficiente para a regeneração da cobertura verde.

CONCLUSÕES

Atualmente, o avanço do desmatamento na região do MATOPIBA é responsável por mais da metade dos alertas emitidos para todo o bioma Cerrado. Complementarmente, em média 22% do desmatamento detectado na AI em um período tem continuidade no próximo, ocasionando o aumento da área desmatada indiscriminadamente. Em 2019, a cobertura da terra antropizada abrangia 2,7 vezes a mais da cobertura observada em 1989.

Os sistemas Prodes e Mapbiomas Alerta captaram distribuição de área desmatada por categoria de uso do solo semelhantes, com alguns indícios de maior refinamento por parte do Mapbiomas Alerta. No entanto, o Prodes possui seu próprio sistema de alerta consolidado, enquanto o Mapbiomas depende da ingestão de alertas do DETER.

O Sistema Prodes publicou em 2019, com atraso em relação ao Mapbiomas Alerta, uma pequena porção do desmatamento de 2018 e, também, em relação aos meses, comparado a detecção de 2019 do mesmo sistema. Os dois sistemas de alerta possuem boa acurácia de área desmatada, no entanto, por ser um sistema consolidado, o Prodes possui vantagem quanto ao número de detecções, enquanto o Mapbiomas Alerta apresenta fortes indícios de maior refinamento. O Prodes foi melhor na estimativa de taxas de desmatamento a longo do período analisado, enquanto o Mapbiomas Alerta

apresentou maior potencial de funcionar como um mecanismo efetivo de fiscalização do desmatamento em curto prazo. Isto é um fator essencial para o controle do avanço da fronteira agrícola sobre os recursos naturais do MATOPIBA.

REFERÊNCIAS

Assis, L. F. F. G.; Ferreira, K. R.; Vinhas, L.; Maurano, L.; Almeida, C.; Carvalho, A.; Rodrigues, J.; Maciel, A.; Camargo, C. TerraBrasilis: A Spatial Data Analytics Infrastructure for Large-Scale Thematic Mapping. **ISPRS International Journal of Geo-Information**. 2019.

BOLFE, É. L. et al. Aspectos territoriais e socioeconômicos. n. 4, p. 25, 2016.

DE AZEVEDO, T. R. et al. AUTORIA DO RELATÓRIO. p. 49, [s.d.].

Downloads | IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

MAGALHÃES, L. A.; DE, E. E. Nota 5 Técnica Campinas, SP Dezembro, 2014. p. 41, [s.d.].

Mapbiomas Brasil | Coleções Mapbiomas. Disponível em: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>. Acesso em: 9 nov. 2020.

BANDEIRA, M. N.; CAMPOS, F. I. BIOMA CERRADO: RELEVÂNCIA NO CENÁRIO HÍDRICO BRASILEIRO. **CIPEEX**, v. 2, p. 399–409, 20 dez. 2018.

BOECHAT, Cássio Arruda; PITTA, Fábio Teixeira; DE ALMEIDA TOLEDO, Carlos. **A fronteira agrícola no Brasil hoje e os limites do ajuste espacial: o capital fictício condicionando**. 2018.

BOLFE, Édson L. et al. Matopiba em crescimento agrícola Aspectos territoriais e socioeconômicos. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 4, p. 38-62, 2016.

BRANDÃO, Antonio Salazar Pessoa et al. **Crescimento agrícola no período 1999-2004, explosão da área plantada com soja e meio ambiente no Brasil**. 2005.

BUSTAMANTE, M. M. C. **Política de clima negligencia o Cerrado – mais uma vez: Plano entregue à ONU não menciona o segundo maior bioma do país, sob pressão intensa**. Observatório do Clima, Edição Especial, 2015. Disponível em: <<http://www.observatoriodoclima.eco.br/politica-de-clima-negligencia-o-cerradomais-uma-vez/>>. Acesso em: 20 de nov. de 2020

CASTILHO, Denis; CHAVEIRO, Eguimar Felício. Por uma análise territorial do Cerrado. **Cerrados: perspectivas e olhares**. Goiânia: Vieira, p. 35-50, 2010.

DA SILVA, Elaine Barbosa; DOS ANJOS, Antonio Fernandes. O monitoramento do desmatamento e as ações de conservação do bioma cerrado na primeira década do século xxi. **Cerrados: perspectivas e olhares**, p. 71., 2010

DE FÁTIMA RIBEIRO, Helen; DE FARIA, Karla Maria Silva; CEZARE, Cássio HenriqueGiusti. Dinâmica espaço-temporal do desmatamento nos territórios da cidadania no nordeste goiano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 03, p. 1180-1196, 2019.

DE OLIVEIRA-FILHO, Eduardo Cyrino; LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck. **Potencial de impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do cerrado.** Embrapa Cerrados-Documents (INFOTECA-E), 2002.Downloads | IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

DRUMMOND, José Augusto. **Devastação e preservação ambiental: os parques nacionais do estado do Rio de Janeiro.** EdUFF, 1997.

DUTRE E SILVA, Sandro et al. A última fronteira agrícola do Brasil: o Matopiba e os desafios de proteção ambiental no Cerrado. **Estudios Rurales**, v. 8, n. 15, 2018.

IBAMA, **Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite - PMDBBS.** 2018. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/monitora_biomais/index.htm>. Acesso em: 19 de nov. de 2020

INPE, 2019. **Alertas do DETER Cerrado somam 863,51 km² em maio.** Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5128>. Acesso em: 19 nov. 2020.

INPE, **TerraBrasilis catalogue** - INPE. Disponível em: <<http://terrabilis.dpi.inpe.br/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/6b621182-93d6-4a83-b5db-ae53a621276d>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

LÜCKER, R. (1992). “Modernization process in the Brazilian Mid-West region: the regional development in geographical perspective”. **Cadernos de Geografia**, n.11, Coimbra, p.27-36

MAGALHÃES, L. A.; DE MIRANDA, E. E. MATOPIBA: **Quadro Natural.** Embrapa Territorial-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E), 2014.

MAPBIOMAS, Projeto. **Coleção v5.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil.** Disponível: <http://mapbiomas.org>. Acesso em 19 de nov. de 2020.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Desmatamento 2019** – São Paulo, SP – MapBiomais, 2020 – 49 páginas.

MAURANO, Luis Eduardo P.; DE ALMEIDA, Cláudio Aparecido; MEIRA, Maurício Braga. MONITORAMENTO DO DESMATAMENTO DO CERRADO BRASILEIRO POR SATÉLITE Prodes CERRADO. In: XIX Simpósio Brasileiros de Sensoriamento Remoto, 2019, Santos – SP, **Anais do Congresso.** Pag. 191 - 194

MENDES, Thais Jacob. **Fragmentação e viabilidade de corredores ecológicos na região do MATOPIBA.** 2018. 72 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

PEREIRA, Lorena Izá; PAULI, Lucas. O processo de estrangeirização da terra e expansão do agronegócio na região do MATOPIBA. **Campo-território: Revista de geografia agrária**, v. 11, n. 23 Jul., 2016.

PITTA, Fábio Teixeira; VEGA, Gerardo Cerdas. **Impactos da expansão do agronegócio no Matopiba: comunidades e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Mórula, 2017.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. Fitofisionomias do bioma Cerrado. **Embrapa Cerrados-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 1998.

SAUER, Sérgio; LEITE, Sergio Pereira. Expansão agrícola, preços e apropriação de terra por estrangeiros no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 3, p. 503-524, 2012.

TABOR, Karyn M.; HOLLAND, Margaret B. Opportunities for improving conservation early warning and alert systems. **Remote Sensing in Ecology and Conservation**, 2020.

TEURES, Renata Aquinoga; CASTILHO, ACdC. Relação entre Autos de Infração lavrados pelo IBAMA e detecções do sistema DETER no estado de Mato Grosso. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto—SBSR**, Curitiba, Brazil, April, v. 30, p. 2980, 2011