



## Dinâmica do uso e cobertura da terra nos municípios produtores da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) no Maranhão

### *Dynamics of land use and coverage in sugar cane producing municipalities (*Saccharum officinarum* L.) in Maranhão*

Stênio Lima RODRIGUES<sup>1,2\*</sup>, Jaíra Maria Alcobaça GOMES<sup>1</sup>, Emiliana Barros CERQUEIRA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina, PI, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA), Codó, MA, Brasil.

\* E-mail de contato: [stenio.rodrigues@ifma.edu.br](mailto:stenio.rodrigues@ifma.edu.br)

Artigo recebido em 26 de janeiro de 2021, versão final aceita em 30 de junho de 2021, publicado em 22 de setembro de 2022.

**RESUMO:** Este estudo analisa as modificações na cobertura e no uso da terra em municípios produtores da cana-de-açúcar no Maranhão no período compreendido entre 1998 e 2018. Para tanto, utilizaram-se dados secundários disponibilizados pela Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), como as variáveis produção e cultivo da cana. Também se lançou mão do Projeto MapBiomias, pelo qual se obtiveram imagens georreferenciadas e dados sobre cobertura e uso da terra, tais como áreas de agricultura, pastagens, vegetações nativas, incluindo as savânicas, campestres e florestais, corpos d'águas e áreas não vegetadas. Ademais, procedeu-se os cálculos das evoluções das classes no período de estudo e a análise de correlação entre agropecuária e supressão vegetal. Desse modo, realizaram-se análise gráfica, tabular e cartográfica. Os resultados evidenciaram a quantificação das áreas de vegetações nativas suprimidas nos municípios maranhenses localizados nos biomas Amazônia e Cerrado. Constatou-se aumento das áreas destinadas para a agropecuária, incluindo agricultura e pastagens plantadas. O crescimento das atividades agropecuárias correlacionou-se positivamente com a supressão de vegetação nativa no conjunto dos municípios produtores da cana. Portanto conclui-se que é necessária a implementação de políticas públicas para promover a conservação da vegetação nativa.

*Palavras-chave:* supressão de vegetação nativa; agricultura; MapBiomias.

**ABSTRACT:** This study analyzes the changes in coverage and land use in sugarcane producing municipalities in Maranhão in the period between 1998 and 2018. For this purpose, secondary data provided by the Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) were used, such as the variables sugarcane production and cultivation. The MapBiomias Project

---

was also used to obtain georeferenced images and data on land cover and land use, such as areas of agricultural, pastures, native vegetation, including savannahs, grasslands and forests, water bodies and non-vegetated areas. In addition, calculations of the evolution of the classes in the study period and the analysis of correlation between agriculture and vegetation suppression were carried out. Thus, a graphical, tabular and cartographic analysis was performed. The results showed the quantification of the areas of native vegetation suppressed in the municipalities of Maranhão located in the Amazon and Cerrado biomes. There was an increase in the areas destined for cattle farming, including agriculture and planted pastures. The growth of agricultural activities was positively correlated with the suppression of native vegetation in all sugarcane producing municipalities. Therefore, it is concluded that it is necessary to implement public policies to promote the conservation of native vegetation..

*Keywords:* suppression of native vegetation; agriculture; MapBiomias.

## 1. Introdução

Neste artigo, estuda-se as mudanças na cobertura e no uso da terra em municípios do Maranhão. Para a concepção do estudo, foi definido como critério metodológico investigar as alterações nos municípios onde incide a produção da cana-de-açúcar, tendo em vista a sua relevância econômica e devido ao avanço intensivo da cultura ao longo das últimas décadas principalmente com a finalidade de abastecimento de usinas de produção de etanol.

Dos 217 municípios maranhenses, a atividade produtiva da cana-de-açúcar esteve sendo desenvolvida em 80 deles no ano de 2018. Em 1998, existiam 76 municípios produtores. Observou-se um crescimento da produção da cana, até o ano de 2018 em 60 municípios, sendo 112,12% nas áreas de cultivo e 117,74% na quantidade produzida, entre 1998 e 2018, conforme a pesquisa Produção Agrícola Municipal (PAM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Cabe ressaltar que a cana-de-açúcar é uma *commodity* agrícola tradicional nesse estado, pois está presente desde os primórdios da colonização do país no século XVI (Cuenca & Mandarino, 2007), estando presente em uma grande quantidade

de municípios. Nesse sentido, este artigo chama a atenção mais especificamente, para a situação dos municípios produtores da cana, relacionando as modificações nas áreas destinadas para agropecuária e vegetações nativas, considerando-se as características dos biomas nos quais estão inseridos, que incluem Amazônia e Cerrado.

Alencar *et al.* (2020) destaca que a acelerada exploração dos recursos naturais no bioma Cerrado deve-se à intensificação agrícola na última fronteira do Brasil, a MATOPIBA, composta por Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Nesse sentido, os autores identificaram redução acentuada das savanas, afetando diretamente a riqueza em biodiversidade existente nessa vegetação.

Diante das consequências da expansão agrícola nos biomas brasileiros, que inclui a supressão de vegetação, o monitoramento ambiental constitui uma ferramenta necessária para a identificação de problemas e vulnerabilidades, podendo ser utilizado para o planejamento e gestão de políticas públicas ou para mitigação deles.

Nesse sentido, os estudos sobre mudanças na cobertura e uso da terra também consistem na detecção da degradação ambiental ao longo do tempo (Costa *et al.*, 2018). Desse modo, estes são capazes

---

de demonstrar a realidade ambiental dos municípios, bem como a interferência da ação antrópica sobre o ambiente natural.

Para o mapeamento dessas mudanças, tem sido comum o uso de imagens de séries temporais de satélites para representar grandes áreas. Conforme Santos *et al.* (2021), um dos grandes desafios desse processo consiste na identificação de amostras que representem de forma adequada a variabilidade no uso e na cobertura da terra para a produção de mapas com precisão.

As técnicas de modelagem sobre as mudanças nas classes de cobertura e uso da terra evoluíram de forma positiva ao longo dos anos, proporcionando maior acessibilidade e precisão na detecção. Como exemplo, cita-se o uso da plataforma web *Google Earth Engine* que tem como função auxiliar no processo de captação de imagens de sensoriamento remoto. Esse mecanismo possibilita a realização de agregações de dados espaciais e temporais de uma coleção de imagens de satélites (Sidhu *et al.*, 2018).

Adota-se, neste trabalho, o posicionamento de Rossoni & Moraes (2020) que enfatizaram que o avanço da atividade agropecuária implica na exploração dos recursos naturais, principalmente na supressão de áreas de vegetações nativas.

Nesse sentido, no Maranhão, verifica-se uma escassez de literatura sobre cobertura e uso da terra em pesquisas com enfoque ambiental. Contudo foram localizados alguns estudos como exemplos que contemplam essa perspectiva.

Silva *et al.* (2019) investigaram o desmatamento e suas causas em 170 municípios pertencentes à Amazônia Legal no Maranhão. Os autores identificaram a quantidade de áreas desmatadas por municípios entre os anos de 2002 à 2017. O estudo constata um crescimento significativo da agropecu-

ária, com o aumento do número de bovinos e áreas utilizadas para agricultura.

Costa *et al.* (2011) relacionaram a distribuição espacial da cobertura vegetal e a evolução do uso agrícola no município de Chapadinha, localizado na mesorregião leste do estado. O estudo revelou redução de vegetação nativa para avanço de áreas agrícolas além da competição pelo uso da terra.

Também no leste maranhense, especialmente nos municípios de Chapadinha e Buriti, a expansão agrícola de monoculturas cultivadas em larga escala tem ocasionado a perda de vegetação natural do bioma Cerrado, implicando diretamente na redução da biodiversidade nas áreas suprimidas (Araújo *et al.*, 2019).

Diante desse cenário, têm-se como objetivo analisar as modificações na cobertura e uso da terra nos municípios produtores da cana-de-açúcar no Maranhão no período compreendido entre 1998 e 2018.

Portanto a escolha dos municípios produtores da cana justifica-se devido ao intenso avanço das atividades da agropecuária nessas localidades, com a prática de plantações agrícolas em grande escala e de pastagens. Desse modo, cita-se que, devido a essas atividades serem desenvolvidas em maior intensidade nesses municípios, é necessário investigar as implicações na supressão de vegetação.

Diante do exposto, faz-se necessário ressaltar que este estudo não se trata de uma análise espacial em que se investiga a relação de influência entre a produção da cana-de-açúcar e a perda de vegetação nativa, mas sim de uma análise sobre a supressão de cobertura vegetal nos municípios produtores da cana.

Além dessa introdução, o artigo estrutura-se em quatro seções. Na segunda, apresenta-se o re-

---

ferencial teórico, contemplando o tema mudanças na cobertura e uso da terra. Na terceira, os procedimentos metodológicos utilizados. Na quarta, os resultados e discussões, onde abordam-se os níveis de supressão vegetal e suas causas; por fim, na quinta, as considerações finais.

## 2. Mudanças na cobertura e uso da terra

Conceitualmente, cobertura da terra pode ser definida como os elementos da natureza incluindo a vegetação (natural e plantada), água, gelo, rocha nua, areia e superfícies similares, além das construções artificiais criadas pelo homem, que recobrem a superfície da terra (Anderson *et al.*, 1979; Bie *et al.*, 1996).

Já “o uso da terra está relacionado com a função socioeconômica (agricultura, habitação, proteção ambiental) da superfície básica” (Bossard *et al.*, 2000, p.15).

Segundo o IBGE (2013), estudos sobre a dinâmica de ocupação da terra podem servir como valiosos instrumentos para a construção de indicadores ambientais e para a avaliação da capacidade de suporte do ambiente diante das condições empregadas. Assim, podem contribuir para a identificação de alternativas que visem promover a sustentabilidade.

Também se considera a visão de Mas *et al.* (2019) que defende que os estudos sobre mudanças no uso e cobertura possuem relação com processos de mudanças tanto a nível global como regional, envolvendo, por exemplo, a perda de biodiversidade, mudanças climáticas, erosão e inundações.

Na visão de Souza Júnior *et al.* (2019), a trajetória histórica contendo informações espaciais e numéricas sobre as modificações na cobertura e uso

da terra no Brasil são fundamentais para o planejamento, a gestão sustentável dos recursos naturais, assim como para a formulação de políticas públicas.

Em uma análise das características da cobertura vegetal por bioma, pode-se constatar que o bioma Amazônia é conhecido por ter florestas que contribuem para o clima global (Werth, 2002), enquanto o Cerrado é conhecido por sua relevância ecológica das vegetações nativas ali presentes, que contém maior diversidade biológica, tal fato o configura como “hotspot” da biodiversidade global (Mittermeier *et al.*, 2011).

Na Amazônia, Souza Júnior *et al.* (2019) identificaram significativa redução das águas entre 2010 e 2017, sendo de aproximadamente 10% nas águas naturais nos rios grandes, pequenos lagos e planícies aluviais. Tal mudança possui ligações com o desmatamento, associado à expansão agrícola, desenvolvimento de infraestruturas nas cidades e a inserção de águas superficiais de natureza antrópica como a criação de barragens hidrelétricas.

Faz-se necessário citar que as mudanças sobre a dinâmica de cobertura e uso da terra também são influenciadas pelo cenário político. Nesse sentido, Fendrich *et al.* (2020) considera, como exemplo, o Brasil, que passou recentemente por mudança de presidente no ano de 2018 e vem se recuperando de uma das maiores crises econômicas de sua história. Assim, tais fatores têm contribuído para a elaboração de planos governamentais que ameaçam a conservação ambiental por meio da construção de novas estradas em áreas de difícil acesso na Amazônia e construção de grandes represas.

Quanto aos tipos de vegetações nativas, na Amazônia, predominam formações florestais, enquanto no Cerrado, além destas, existem as savânicas e campestres, essas últimas também são

---

denominadas de pastagens naturais (Alencar *et al.*, 2020).

A savana é um tipo de vegetação nativa heterogênea em relação ao clima, solo e biodiversidade, também é sazonal com estações secas e chuvosas. Assim, é um desafio a detecção de mudanças tanto de cunho natural como de influência antrópica. No Brasil, o Cerrado possui a maior floresta savânica em relação aos países da América do Sul, sendo o mais ameaçado devido à expansão agrícola. Também há de se considerar que, mesmo a savana sendo abundante nesse bioma, também existem as seguintes vegetações nativas: as pastagens naturais, também conhecidas por campos ou formação campestre, e as formações florestais (Alencar *et al.*, 2020).

Conforme Mas *et al.* (2019), as categorias de cobertura e uso da terra não são exclusivas, pois sua gestão é dinâmica e complexa, podendo uma classe ser convertida em outra. Nesse contexto, as formações savânicas mudam fácil e rapidamente para áreas de pastagens devido a fatores antrópicos, com uso do fogo, por exemplo, bióticos, com invasão lenhosa, e abióticos, com mudanças nas chuvas.

Desse modo, categorias de uso da terra como pastagens, agricultura, tipos de culturas agrícolas e mosaico de áreas de pastagens e agrícolas são categorias complexas para se medir em uma dinâmica espaço-temporal, pois ocorrem mudanças frequentes. Portanto deve-se considerar que podem existir erros de classificação das áreas causadas pela “confusão espectral”, quando os sensores dos satélites classificam de maneira inadequada as categorias (Mas *et al.*, 2019).

Nesse sentido, Alencar *et al.* (2020) afirmaram que tal equívoco pode acontecer na classificação de categorias pastagem e pastagens plantadas, bem

como entre savanas, florestas e pastagens naturais. Tal dificuldade também é decorrente das variações entre as estações chuvosas e secas.

No estudo de Parente & Ferreira (2018), observou-se aumento de aproximadamente 25 milhões de hectares de áreas de pastagens entre os anos de 2000 e 2016. Aproximadamente, 80% dessas áreas evoluíram nos seis primeiros anos, sendo a maior parte no bioma Amazônia, cerca de 15 milhões de hectares; enquanto no Cerrado, Caatinga e Pantanal, elevou-se conjuntamente 8 milhões de hectares. A justificativa encontrada para o maior crescimento nos primeiros anos do período de estudo deve-se ao Arco do Desmatamento no bioma Amazônia, já no Cerrado, deve-se à intensificação da nova fronteira agrícola brasileira, a MATOPIBA, em estados como Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. Desse modo, percebe-se a redução dos ecossistemas naturais com a conversão de florestas em áreas de pastagens alterando principalmente a dinâmica da cobertura da terra nesses dois biomas.

Corroborando com essa visão Alencar *et al.* (2020) consideram que a perda mais recente de vegetações nativas do Cerrado tem acontecido nos quatro estados que integram a MATOPIBA. Juntos, esses estados representaram cerca de 55% da perda de cobertura vegetal que aconteceu entre 2005 e 2017. Assim, constata-se que a redução da vegetação tem sido ocasionada pela expansão agrícola nessa região.

Com os estudos discutidos nessa seção, percebeu-se que as principais mudanças na cobertura e uso da terra se relacionaram à expansão da agricultura, áreas de pastagens e redução de vegetações nativas.

### 3. Metodologia

O Maranhão representa predominantemente uma área de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado. Nesse último, concentra-se a maioria dos municípios desse estado, sendo 135 municípios (62,21%) que fazem parte da última fronteira agrícola do Brasil, também denominada de MATOPIBA.

O estado se localiza na região Nordeste do Brasil, sendo composto por 217 municípios. Selecionou-se como área de estudo os 80 municípios produtores da cana-de-açúcar. Para se chegar a essa quantidade, utilizou-se o Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do IBGE, realizando-se a filtragem por meio da PAM e verificando-se as quantidades de produção de cada município no ano de 2018.

Na Figura 1, observa-se a localização dos municípios produtores da cana-de-açúcar.

Definiu-se o período de estudo entre os anos de 1998 e 2018. Além da disponibilidade de dados, considerou-se como fator motivador retratar a realidade mais recente quanto às modificações na cobertura e uso da terra dos municípios pesquisados.

Para se identificar essas modificações, fez-se uso do banco de dados sobre cobertura e uso da terra do Projeto MapBiomias, Coleção 5.0.

O Projeto MapBiomias, criado em 2015, consiste em uma iniciativa multidisciplinar desenvolvida pelo Observatório do Clima e do Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) com parceiros institucionais, como SOS Mata Atlântica, Google, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, ArcPlan, entre outros (Projeto MapBiomias, 2020).

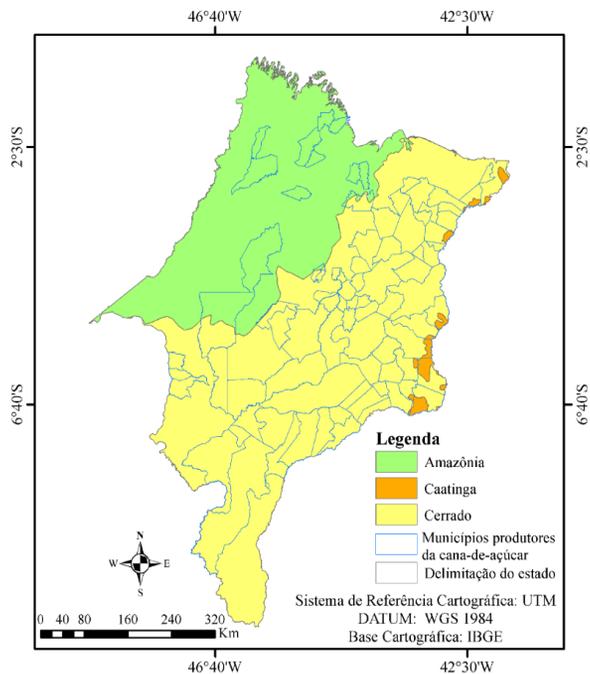


FIGURA 1 –Representação da área de estudo.

FONTE: Elaborado pelos autores.

O trabalho realizado pelo MapBiomias consiste em mapear anualmente a cobertura e o uso da terra em todo o território nacional, englobando mapeamento por biomas, estados e municípios. Na plataforma do projeto, é possível consultar dados e imagens do período de 1985 até 2019, onde se identificam evoluções nas localizações delimitadas. O cálculo das áreas de cada classe é realizado, considerando-se os *pixels* das respectivas imagens sensorizadas remotamente. Os dados utilizados foram os da Coleção 5, que é a série de dados e imagens com maior nível de atualizações dos satélites utilizados (Projeto MapBiomias, 2020).

Do ponto de vista técnico, a classificação realizada pelo MapBiomias é um sistema hierárquico com uma combinação de classes de cobertura e uso da terra, compatível com os sistemas de classificação da Organização para Agricultura e Alimentação (FAO) e IBGE (2013), sendo guiado pelo algoritmo de classificação *Random Forest*.

Utilizou-se banco de dados contendo a quantificação das áreas das classes de cobertura e o uso da terra de cada município produtor da cana, anualmente disponibilizados em planilha eletrônica. Dessa forma, tais áreas foram utilizadas para averiguação da quantificação da evolução de cada classe identificada no mapeamento. Também se utilizaram imagens georreferenciadas, disponibilizadas na plataforma e obtidas mediante sensoriamento remoto por meio dos satélites *Landsat 5*, para os anos de 1998 a 2011, e *Landsat 8*, entre 2013 e 2018 (Projeto MapBiomias, 2020).

A captação das imagens do MapBiomias considera os níveis de precipitação de cada estado. Desse modo, é definido o melhor período de imagens para compor os mosaicos anuais, integrando tanto a estação chuvosa como a seca (Alencar *et al.*, 2020).

Para se ter acesso aos arquivos de imagens da plataforma MapBiomias, utilizou-se o *Google Earth Engine* que é uma plataforma de armazenamento de imagens captadas via sensoriamento remoto. Dessa forma, esse sistema serviu para captação e downloads dos arquivos no formato *Tiff*, referentes à cobertura e uso da terra no Maranhão nos anos de 1998, 2008 e 2018. Posteriormente, fez-se uso do software ArcGis 10.6.1 para recortar essas imagens por meio da máscara dos municípios produtores de cana disponibilizada em formato *shapefile* pelo IBGE.

As classes utilizadas e disponibilizadas pelo

MapBiomias para a construção dos mapas sobre cobertura e uso da terra estão conforme Anderson *et al.* (1979), Ribeiro & Walter (1998), Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012) e Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013) que apontam a existência das seguintes classes: formação florestal, formação savânica, formação campestre, agricultura, pastagem, áreas não vegetadas e corpos d'água.

Ressalta-se que no sistema de classificação do IBGE a vegetação natural compreende:

[...] um conjunto de estruturas florestais e campestres, abrangendo desde florestas e campos originais (primários) e alterados até formações florestais espontâneas secundárias, arbustivas, herbáceas e/ou gramíneo lenhosas, em diversos estágios sucessionais de desenvolvimento, distribuídos por diferentes ambientes e situações geográficas (IBGE, 2013, p. 90).

Considera-se também a visão de Alencar *et al.* (2020) que classifica a vegetação natural ou nativa como formações florestais, savânicas e campestres.

Foram calculadas as variações das quantidades em percentuais da evolução das classes de cobertura e uso da terra, considerando-se os anos de 1998, 2008 e 2018. Dessa forma, constataram-se as variações entre os anos de 1998 e 2018, 1998 e 2008, e 2008 e 2018, a fim de identificar o comportamento tendencial das classes.

As variações em quantidades das classes foram calculadas em hectares com a adoção da fórmula 1.

(1)

$$\Delta Q_C = Q_{AF} - Q_{AI}$$

Em que:  $\Delta Q_C$  = Variação quantidade de área da classe;

$Q_{AF}$  = Quantidade área ano final;

$Q_{AI}$  = Quantidade área ano inicial.

Para se calcular variação em percentual da evolução das quantidades de áreas das classes delimitadas, utilizou-se a fórmula 2.

(2)

$$\Delta \%_{QC} = \frac{Q_{AF} - Q_{AI}}{Q_{AI}} \times 100$$

Em que:  $\Delta \%_{QC}$  = Variação percentual das quantidades de áreas da classe;

$Q_{AF}$  = Quantidade área ano final;

$Q_{AI}$  = Quantidade área ano inicial.

O valor obtido deve ser tratado como uma porcentagem: sendo positivo, representará o percentual de crescimento da classe, caso seja negativo, demonstrará o percentual de redução da área no período analisado.

Os dados foram desagregados para se identificar as quantidades de áreas suprimidas e evolução das áreas agrícolas em cada município anualmente. Para cálculo das quantidades de áreas suprimidas anuais de vegetação nativa em hectares, foi adotada a fórmula 3.

(3)

$$Q_{SA} = QVN_{AX} - QVN_{AX+1}$$

Em que:  $Q_{SA}$  = Quantidade de supressão anual (ou áreas suprimidas);

$QVN_{AX}$  = Quantidade de vegetação nativa no ano x;

$QVN_{AX+1}$  = Quantidade de florestas naturais do ano x+1.

A representação de  $QVN$  é composta pela soma da quantidade de formações florestais, savânicas e campestres em hectares conforme Alencar *et al.* (2020).

Caso o valor obtido  $Q_{SA}$  seja  $> 0$ , então expressará a quantidade de área suprimida em determinado ano. Caso  $Q_{SA}$  seja  $< 0$ , então o valor representará que não houve supressão, mas um crescimento da

quantidade de vegetações naturais no ano.

Já para o cálculo da evolução das quantidades de áreas destinadas para a agropecuária anualmente, utilizou-se a fórmula 4.

(4)

$$Q_{EA} = QA_{AX} - QA_{AX-1}$$

Em que:  $Q_{EA}$  = Quantidade de evolução agropecuária;

$QA_{AX}$  = Quantidade da área da agropecuária no ano x;

$QA_{AX-1}$  = Quantidade da área da agropecuária no ano x-1.

Se  $Q_{EA} > 0$ , então representará a quantidade de crescimento das áreas destinadas à agricultura em determinado ano. Já para  $Q_{EA} < 0$ , representará redução de áreas de uso agrícola.

Utilizou-se o Coeficiente de Pearson (Hair *et al.*, 2009) para identificar o grau de correlação entre a quantidade de áreas de vegetações nativas e da agropecuária entre 1998 e 2018.

Para a sistematização da pesquisa, realizaram-se análise gráfica, tabular e cartográfica

#### **4. Supressão vegetal nos municípios produtores da cana-de-açúcar no Maranhão**

Na Figura 2, observa-se as classes de cobertura e uso da terra dos 80 municípios estudados delimitados nos biomas Amazônia e Cerrado. Optou-se por tal divisão entre biomas, por se considerar que cada um possui suas características específicas. A partir dos dados coletados, cita-se que, no primeiro, a vegetação nativa predominante é a formação florestal. E, no segundo, predomina a formação savânica, mesmo havendo também a presença de formação florestal e da formação campestre.

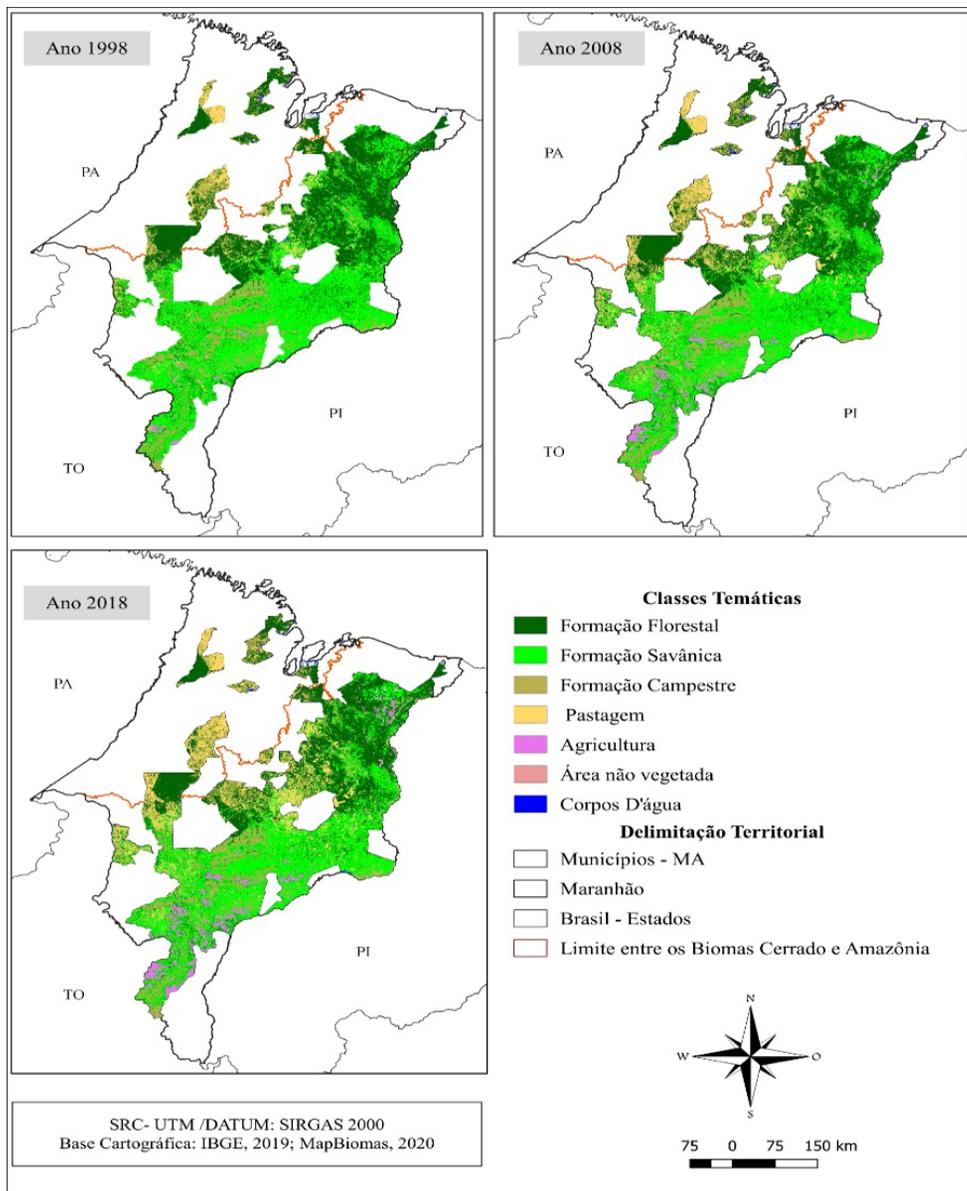


FIGURA 2 – Evolução da cobertura e uso da terra nos municípios produtores da cana-de-açúcar no Maranhão entre os anos de 1998 e 2018.  
FONTE: Elaborado pelos autores.

---

Da Figura 2, visualmente constata-se que as principais mudanças ocorridas no período de estudo referem-se à redução das vegetações nativas, incluindo formações florestais e savânicas, e a expansão de áreas agrícolas e de pastagens que são utilizadas para as atividades agropecuárias. Em menor proporção, observa-se também o crescimento de áreas não vegetadas que estão diretamente relacionadas ao aumento da infraestrutura urbana nos municípios.

No bioma Amazônia, verificou-se a evolução das classes dos 11 municípios, a saber: Amarante do Maranhão, Bacabeira, Guimarães, Maranhãozinho, Mirinzal, Nova Olinda do Maranhão, Palmerândia, Penalva, Pinheiro, Rosário e Santa Luzia.

Nesse conjunto de municípios, constatou-se uma redução de 327.024,32 hectares de vegetações nativas entre 1998 e 2018, representando uma média de 29.729,48 hectares suprimidos por município. Das três vegetações nativas quantificadas, verificou-se supressão na formação florestal, sendo de 292.369,11 hectares, e na formação savânica, 34.655,21 hectares. Já a formação campestre obteve crescimento de 25.800,03 hectares.

A taxa média anual de redução de formação florestal foi de 1,06% (13.922,33 hectares), enquanto a da savana foi de 2,24% (1650,24 hectares). Contudo, mesmo esta estando com taxa mais elevada, observou-se que os valores mais expressivos de redução aconteceram no primeiro tipo de vegetação.

As formações florestais e campestres foram localizadas em todos os 11 municípios, enquanto a formação savânica foi localizada em apenas quatro municípios, a saber: Amarante do Maranhão, Bacabeira, Rosário e Santa Luzia. A presença de formação savânica mais intensa ocorreu no município de Amarante do Maranhão.

Nos municípios localizados no bioma Amazônia, visualizaram-se vegetações nativas típicas do Cerrado que, conforme Alencar *et al.* (2020), são a formação savânica e a formação campestre, também denominadas de pastagens naturais. Há de se ressaltar que a formação florestal é comum aos dois biomas, porém é mais representativa no primeiro.

O fato de existirem formações típicas do Cerrado nos municípios da Amazônia, deve-se ao fato desses municípios estarem situados em áreas de transição biomática. Também se visualiza como fator positivo o crescimento de áreas nativas relacionadas à formação campestre (pastagens naturais).

A agricultura aumentou 3.911,94 (393,67%) hectares entre 1998 e 2018 nos municípios, representando, assim, uma média de apenas 355,63 hectares por municípios. Já as pastagens, que são as do tipo predominantemente plantadas, cresceram 297.277,17 (51,07%) ao longo desse período, apresentando uma média de 27.025,19 hectares por município. Desse modo, percebe-se que o aumento dessa classe foi bem mais expressivo que a primeira.

Quanto às áreas não vegetadas, observou-se crescimento de apenas 165,44 hectares (2,54%), representando, assim, uma média de crescimento municipal de 15,04 hectares destinados para o aumento da infraestrutura urbana nos 11 municípios entre 1998 e 2018.

Diante da quantificação obtida, destaca-se a necessidade de monitoramento dos níveis de supressão nesse bioma, bem como suas possíveis causas e consequências. Conforme Werth (2002), a conservação da floresta amazônica é necessária para a manutenção do clima global, evitando-se, desse modo, mudanças climáticas desfavoráveis.

No contexto dos municípios localizados na Amazônia, as vegetações nativas têm sido conver-

---

tidas principalmente para o setor agropecuário por meio da expansão de áreas agrícolas e pastagens plantadas para a criação de animais, e como também se observou, foram suprimidas vegetações naturais para o aumento de áreas não vegetadas, em menor proporção.

Deve-se também considerar que, conforme Souza Júnior *et al.* (2019), o desmatamento na Amazônia proporciona mudanças nas bacias hídricas com a redução dos níveis de águas. Tal tendência apontada pelos autores foi observada nos municípios produtores, principalmente entre os anos de 2008 e 2018, cujo nível de redução das águas foi de 6,01%.

Na quantificação das classes de cobertura e uso da terra acumulada em 69 municípios produtores da cana localizados no bioma Cerrado, verificou-se uma redução de 1.658.589 hectares de vegetações nativas entre 1998 e 2018, representando uma média 24.037,52 hectares por município. A formação savânica obteve maior redução, sendo suprimidos 1.073.608,08 hectares, seguido pela formação florestal, 486.312,71 hectares e pela formação campestre, com 98.668,24 hectares reduzidos. Todos os 69 municípios apresentaram reduções nesses três tipos de vegetações nativas.

A taxa média anual de redução da formação savânica esteve em torno de 0,75% (51.124,19 hectares), enquanto a da formação florestal foi de 0,51% (23.157,74 hectares), a formação campestre obteve 0,39% (4.698,48 hectares). Assim, observa-se que a redução mais expressiva aconteceu na savana, que é uma vegetação presente com maior intensidade no Cerrado.

Conforme Alencar *et al.* (2020), as savanas estão fortemente ameaçadas devido à expansão agrícola no Brasil, que nas últimas décadas tem se

intensificado na região da MATOPIBA, afetando-se, dessa forma, diretamente a riqueza em biodiversidade existente no bioma Cerrado.

Outra possibilidade de conversão, ressaltada, conforme Mas *et al.* (2019), diz respeito à transformação de savana em áreas de pastagens plantadas, ocasionadas por ações antrópicas para que ocorra a atividade agropecuária principalmente para a alimentação de animais.

A formação campestre, pastagens naturais ou campos, é um tipo de vegetação natural também característica do Cerrado. Verificou-se uma redução de 98.668,24 hectares entre os anos de 1998 e 2018, representado um valor médio de 1.429,97 hectares por municípios. Tal variação significa que ocorreu substituição de áreas com predominâncias de campos e pastagens por outros tipos de uso como agricultura, pastagem plantada ou infraestrutura urbana.

As áreas destinadas para a agricultura aumentaram 535.739,54 hectares entre 1998 e 2018 nos 69 municípios localizados no Cerrado, com valor médio de 7.764,34 hectares por município. Também se verificou no conjunto dos municípios uma taxa média anual de aumento de 25, 97% (25.511,40 hectares).

As áreas de pastagens plantadas demonstraram maior crescimento no período, sendo correspondente a 1.074.585,75 hectares, com média de 15.573,70 hectares por municípios e uma taxa de aumento anual de 7,70% (51.170,75 hectares) referente aos municípios, de forma agregada.

Comparando-se as áreas agrícolas com pastagens, constata-se que, mesmo tendo um crescimento percentual maior de áreas agrícolas, numericamente, as áreas de pastagens plantadas obtiveram crescimento mais elevado em hectares.

Áreas não vegetadas elevaram-se em 37.079,82

---

hectares, apresentando um crescimento médio de 537,38 hectares por município. Assim, quando se compara com a média dos municípios da Amazônia, observa-se maiores áreas nos produtores localizados no Cerrado.

As modificações mais expressivas que aconteceram nos municípios produtores localizados no bioma Cerrado dizem respeito principalmente à conversão de formações savânicas e florestais em áreas agrícolas e de pastagens plantadas. Tais resultados corroboram com as visões de Parente & Ferreira (2018) e Alencar *et al.* (2020) quando consideram que as vegetações nativas nesse bioma têm sido decorrentes da expansão agrícola e mais recentemente na última fronteira do Brasil, a MATOPIBA.

Desse modo, como forma de representar a realidade dos 80 municípios, optou-se por estudar essas classes anualmente nos municípios, assim compreendendo o horizonte de 21 anos: entre 1998 e 2018. Desse modo, calculou-se a quantidade de supressão anual de vegetação nativa considerando-se a formação florestal, a savânica e a campestre. Já para o cálculo das quantidades de áreas destinadas à agropecuária, consideraram-se as áreas agrícolas e de pastagens plantadas.

Entre 1998 e 2018, a supressão acumulada, considerando os 80 municípios, foi de 1.985.613,32 hectares de vegetações nativas distribuídas entre formações florestais, savânicas e campestre. Dessas áreas, percebeu-se que 55,07% foram suprimidas entre 1998 e 2008, enquanto 44,93% entre 2009 e 2018. Em todos os municípios da área de estudo, constatou-se redução de algum desses tipos de vegetação.

Não obstante, principalmente no Cerrado, percebeu-se intensificação das atividades agropecuárias

incluindo a incorporação de áreas de uso agrícola e de pastagens para o uso na pecuária. Contudo tal expansão tem sido realizada com o uso dos recursos naturais presentes na natureza.

O avanço das áreas da agropecuária foi de 1.911.514,4 hectares no conjunto dos 80 municípios entre 1998 e 2018. Constatou-se elevação dessas áreas em todos os municípios da área de estudo, sendo tanto os localizados no Cerrado como na Amazônia.

Conforme Soterroni *et al.* (2018), no âmbito das políticas públicas ambientais, o Código Florestal brasileiro publicado no ano de 2012 prevê o controle do desmatamento e restauração florestal. Entre suas principais contribuições está a identificação de percentual mínimo para reserva legal, ou seja, a vegetação a ser preservada, variando entre biomas. Na Amazônia, por exemplo, é de 80%, enquanto, no Cerrado, esse percentual reduz drasticamente para 35%. Na última década, percebeu-se uma forte pressão para afrouxar as proteções ambientais para a exploração dos recursos naturais, isso inclui principalmente para uso no agronegócio.

No contexto da cana-de-açúcar, por exemplo, existia, desde 2009, o Zoneamento Agroecológico que previa a identificação de áreas aptas para expansão da cultura e excluía dessas o bioma Amazônia (Manzatto *et al.*, 2009). Porém, no ano de 2019, foi revogado pelo mandato presidencialista em vigor, vinculando a decisão ao decreto de nº 10.084 (Brasil, 2019).

Tal ação proporciona incertezas e põe em risco a conservação equilibrada da natureza, pois possibilita a utilização de áreas que antes não poderiam ser exploradas para uso agrícola na Amazônia. Assim, verifica-se a necessidade de proposições de políticas ambientais de controle de desmatamento, pois a

atividade agropecuária não pode ficar se expandindo às custas da vegetação nativa.

Realizou-se uma correlação para se identificar a relação entre a quantidade de vegetação nativa suprimida e as quantidades de áreas de expansão da agropecuária entre os anos de 1998 e 2018. Na Tabela 1, apresenta-se a matriz de correlação entre as duas variáveis e a significância entre elas.

TABELA 1 – Matriz de correlação.

		Área evolução agropecuária	Área suprimida
Área evolução agropecuária	Correlação de Pearson	1	0,971
	Significância (2 extremidades)		0,000
	N	21	21
Área suprimida	Correlação de Pearson	0,971	1
	Significância (2 extremidades)	0,000	
	N	21	21

FONTE: elaboração própria.

O coeficiente de *Pearson* resultou no valor de 0,971, demonstrando que as variáveis estão correlacionadas ao nível de significância de 0,01. Conforme Hair *et al.* (2009), esse valor classifica a correlação existente como muito forte.

A relação apresentada entre as variáveis não é de causalidade e/ou explicação, mas trata-se de uma relação tendencial à relação antrópica com o crescente uso da terra e a redução da cobertura natural ao longo dos 21 anos, ou seja, a supressão da vegetação nativa nos municípios produtores da cana está relacionada à expansão das atividades

agropecuárias já que essa é a principal categoria de uso da terra nesses municípios. Desse modo, percebeu-se a conversão de vegetações naturais em áreas de pastagens predominantemente plantadas e áreas agrícolas.

Acredita-se que a cana teve uma participação no desmatamento desses municípios tendo em vista que essa cultura apresentou um crescimento expressivo no período analisado. Contudo a quantificação dessa participação necessita ser investigada em estudos posteriores.

Na Figura 3, observa-se o histórico da evolução anual das quantidades de áreas suprimidas e áreas de expansão destinadas à agropecuária.

A representação das variáveis na Figura 3 demonstra os seus respectivos comportamentos ao longo dos anos, representando, assim, as respectivas tendências de crescimento ou decréscimo. Não se trata, portanto, de uma análise de causalidade, caso esse em que se se verificaria o efeito ou influência entre variáveis.

Assim, observa-se que quantidades de áreas de vegetação nativa suprimidas segue o mesmo comportamento das áreas de expansão da agropecuária. Ao longo de duas décadas, observaram-se oscilações nessas áreas. Os anos com maior quantidade de áreas de vegetações nativas suprimidas coincidem com os de maior expansão de áreas destinadas à agropecuária, a saber: 2000, 2002, 2012, 2014 e 2018.

Nos anos de 2009, 2010, 2013 e 2017, constatou-se menor necessidade de supressão das áreas de vegetações nativas. Nos mesmos anos, também se verificou menor expansão da agropecuária. Entre os anos de 2017 e 2018, aconteceu o crescimento tanto da supressão como da expansão da agropecuária.

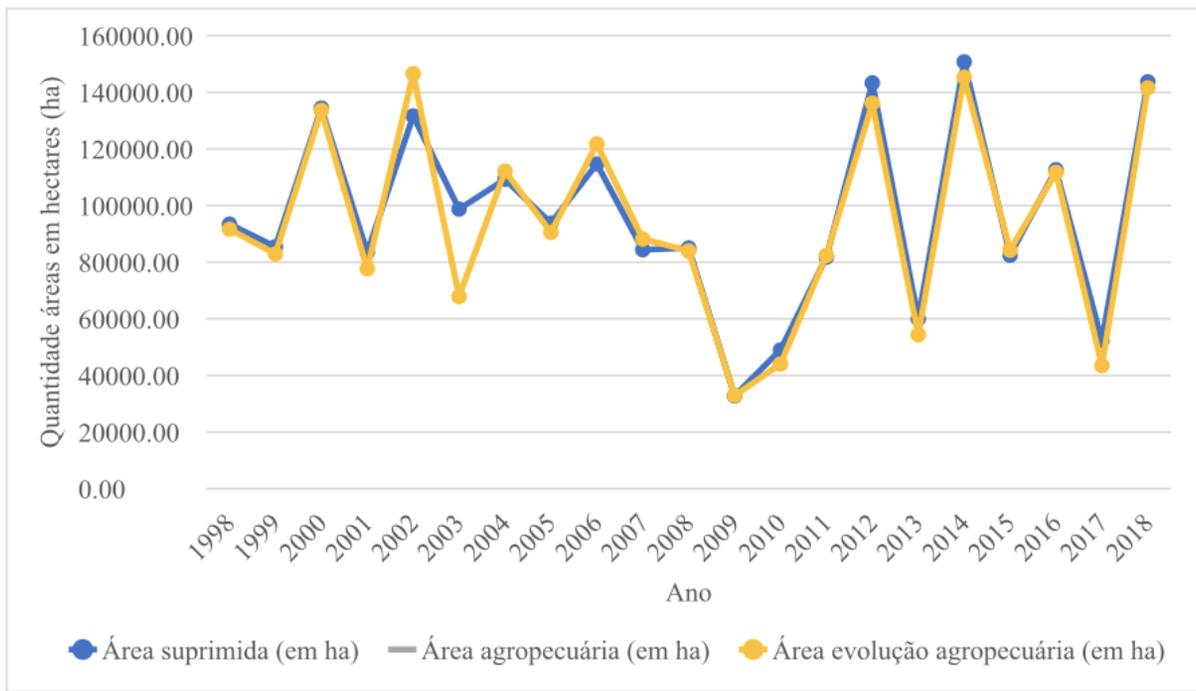


FIGURA 3 – Evolução da quantidade de áreas suprimidas e áreas de avanço da agropecuária.

FONTE: Elaboração própria.

Verificou-se a quantidade de áreas suprimidas de vegetação nativa nos 80 municípios produtores entre 1998 e 2018. Na Figura 4, visualiza-se a distribuição dos municípios por intensidade de supressão.

A maior intensidade de supressão de vegetação está nos municípios localizados ao Sul e Leste do Maranhão, principalmente nos municípios que integram a MATOPIBA, estando inseridos no Cerrado.

Dos 80 municípios com ocorrência de supressão, elaborou-se um ranking com 30 municípios que mais suprimiram vegetação entre 1998 e 2018, juntos, esses municípios representaram 79,74% do total da supressão no período. Tal fato é preocupante, tendo em vista que se nota a existência de uma

alta concentração de supressão.

Na Figura 5, ilustra-se a quantidade total de áreas suprimidas de cada um desses municípios no período em estudo.

Os cinco municípios com maior ocorrência de supressão foram: Balsas (10,49% do total de áreas suprimidas), Amarante do Maranhão (6,90%), Tuntum (5,39%), Riachão (5,14%) e Santa Luzia (4,53%). Juntos, representaram 32,47% da área total suprimida no período de estudo, demonstrando também uma considerável concentração em relação aos demais. Observou-se que esses municípios obtiveram também maior crescimento na quantidade de áreas destinadas para agricultura e pastagens.

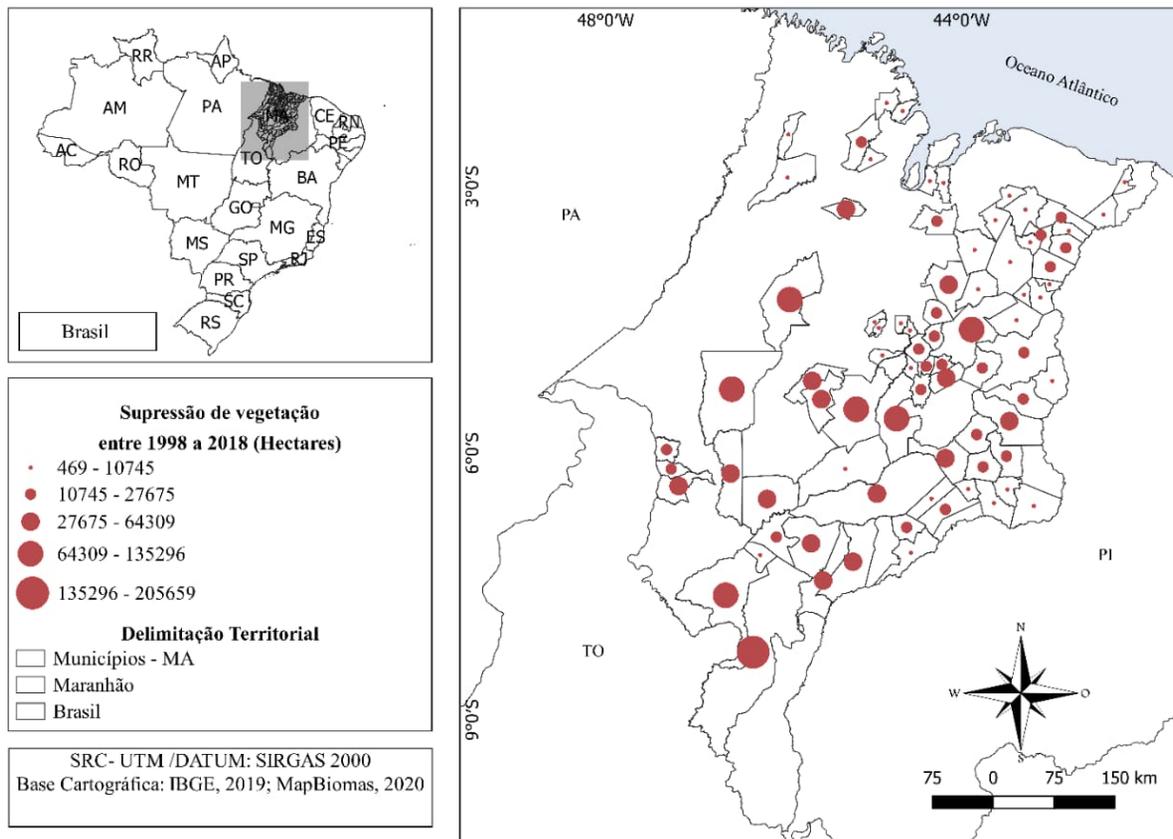


FIGURA 4 – Representação das quantidades de áreas suprimidas e aumento da cobertura vegetal em municípios produtores da cana-de-açúcar entre 1998 e 2018.

FONTE: Elaborado pelos autores.

Na Figura 6, apresenta-se a evolução da agropecuária de forma desagregada no conjunto dos 80 municípios. Para se identificar a quantidade de áreas que foram expandidas ou reduzidas em cada município, subtraiu-se o total de áreas existentes no ano de 2018 com as áreas de 1998.

Na Figura 6, observa-se a intensidade de crescimento das áreas destinadas para agropecuária

em todos os 80 municípios produtores da cana-de-açúcar. Seguindo a mesma tendência da supressão, verificou-se que o maior avanço da agropecuária aconteceu em municípios localizados ao Sul e Leste, sendo englobado pelo Cerrado maranhense.

Foram identificadas disparidades quanto às classificações das áreas agrícolas no período de estudo, pois, na prática, ao se consultarem os valores

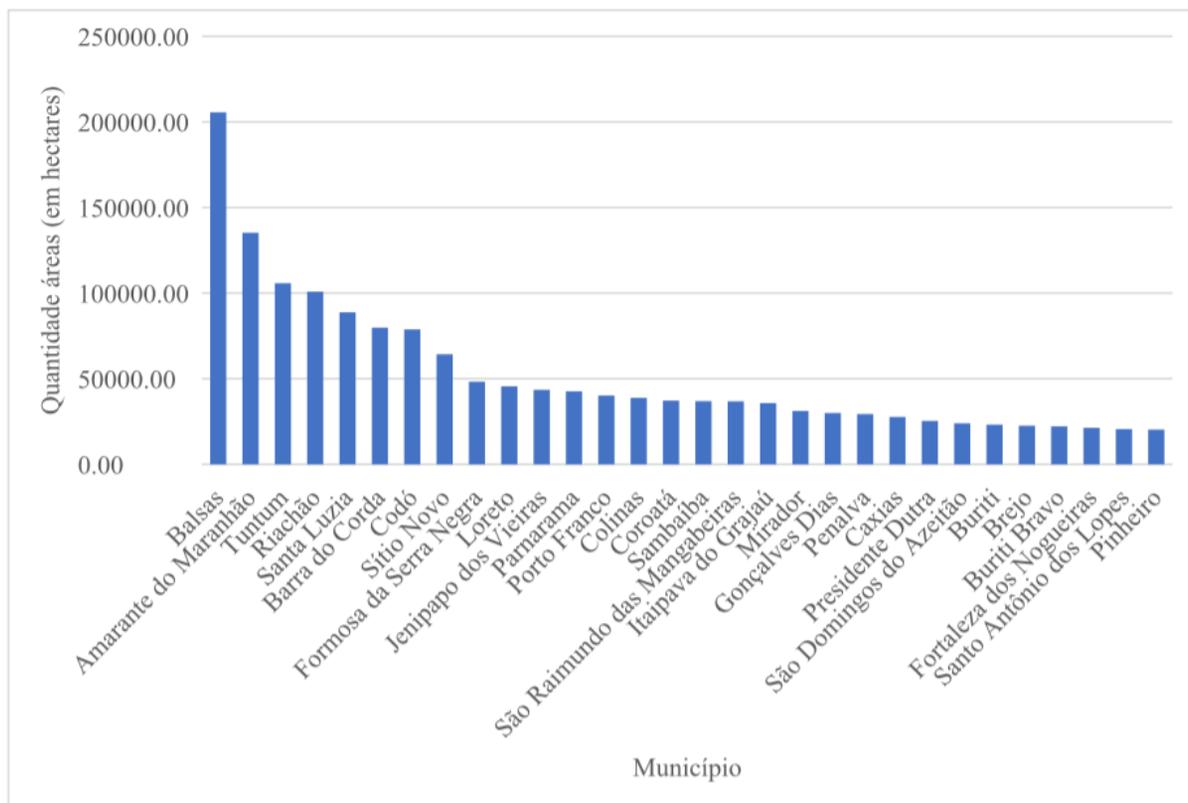


FIGURA 5 – Municípios com maior supressão da vegetação no período de 1998 a 2018.

FONTE: Elaborado pelos autores.

do total de lavouras permanentes e temporárias para se estimar o valor total da área agrícola contidas na PAM/IBGE, verificou-se que tais áreas são maiores do que as que constam na base de dados do Projeto MapBiomas.

Tal fato pode ser considerado uma limitação dessa base de dados que calcula o tamanho das áreas baseadas em *pixels* de imagens de satélites. Dessa maneira, percebeu-se que áreas agrícolas foram classificadas pelos satélites como outras classes de cobertura e uso da terra.

Conforme Mas *et al.* (2019), essas classificações inadequadas de áreas são chamadas de “confusão espectral”. Alencar *et al.* (2020) também argumenta que suas causas estão relacionadas à dificuldade de mapeamento devido às variações que ocorrem entre as estações chuvosas e secas.

Para minimizar tais distorções, procurou-se representar tanto de forma agregada como desagregada as áreas agrícolas com as áreas de pastagens.

Com os dados obtidos, observou-se crescimento de áreas da agropecuária em todos os municípios

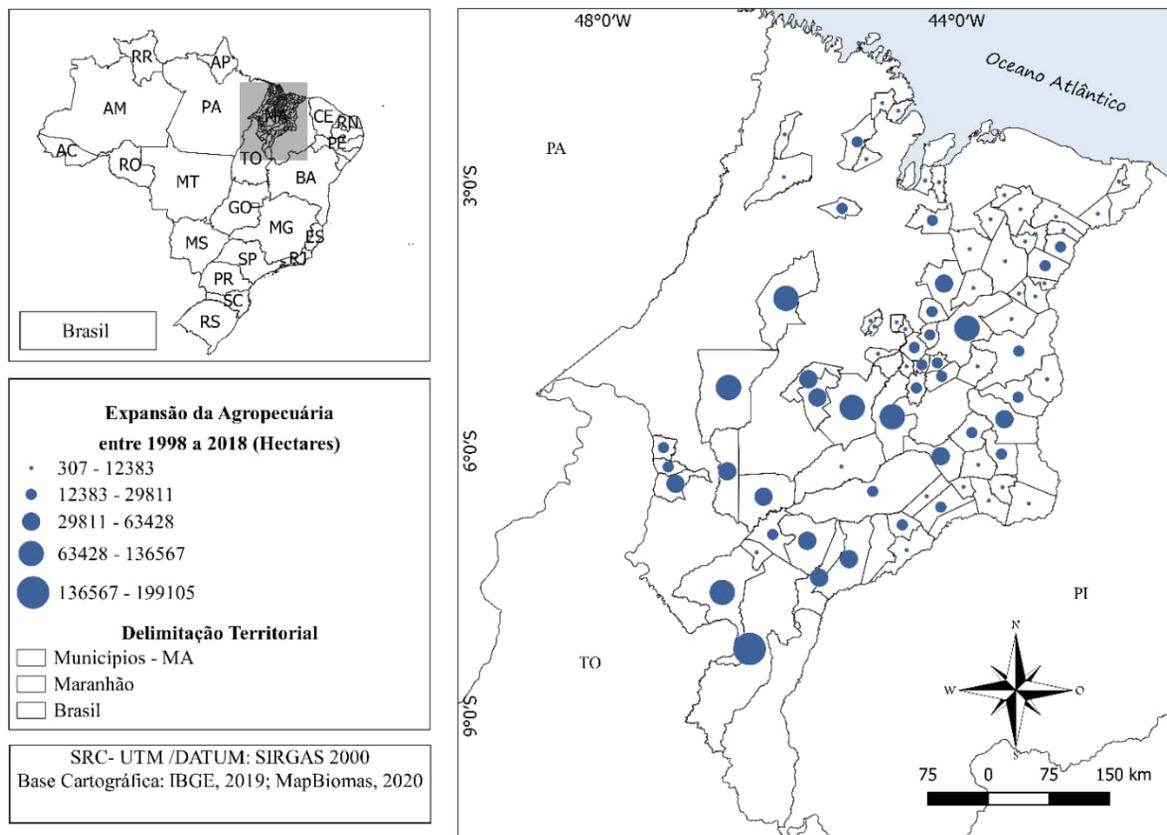


FIGURA 6 – Representação do crescimento e redução de áreas destinadas para a agropecuária entre 1998 e 2018 nos municípios produtores da cana-de-açúcar.

FONTE: Elaborado pelos autores.

que cultivam a cana. Em contrapartida, ocorreu também redução da vegetação nativa em todos esses municípios. Desse modo, identificou-se uma relação tendencial de crescimento da agropecuária e ocorrente supressão de vegetações nativas, estando em conformidade com a tendência apontadas nos estudos desenvolvidos por Costa *et al.* (2011), Araújo *et al.* (2019) e Silva *et al.* (2019), no Maranhão.

Este trabalho, portanto, limitou-se a investigar

a supressão de vegetação nos municípios produtores de cana-de-açúcar, não especificando as quantidades de áreas desmatadas de vegetação nativa que foram demandadas para a expansão dessa cultura.

Devido a tal fato, considera-se também como implicação a obtenção de visualização geral da realidade dos municípios, a exemplo da apresentação de classe de uso da agropecuária. Tal classe pode ser melhor detalhada em estudos futuros, desmembran-

---

do-se, por exemplo, as áreas agrícolas em categorias específicas de lavouras temporárias e permanentes.

A contribuição dessa seção consistiu em apresentar as principais modificações na cobertura e uso da terra dos municípios produtores da cana-de-açúcar, enfatizando-se a evolução da agropecuária, a atividade produtiva e a supressão de vegetações nativas como formações florestais, savanas, campestres. Desse modo, estudaram-se essas mudanças de acordo com a realidade maranhense considerando que nesse estado ocorreu expansão significativa da atividade canavieira nas últimas décadas.

## 5. Considerações finais

Ao analisar as mudanças nas dimensões sobre cobertura e uso da terra, a relação mais representativa observada foi na supressão de vegetações nativas e na expansão das atividades agropecuárias, sendo comprovada estatisticamente como forte, por meio de teste de correlação. Dessa forma, constatou-se que aconteceu a conversão de áreas de vegetações nativas, como: formações florestais, savânicas e campestres, em áreas de pastagens e novas áreas agrícolas.

Contudo as mudanças mais expressivas aconteceram nos municípios do Cerrado, onde se observou a redução dos três tipos de vegetação nativa em todos os municípios, assim como ocorreu expansão das atividades agropecuárias neles. Considera-se que tal fato se deva à acentuada exploração desse bioma, principalmente para a exploração da última fronteira agrícola do país, a MATOPIBA.

O período com maior supressão de vegetação foi entre 1998 e 2008, seguindo a tendência de estabilização da supressão em anos recentes, 2016

a 2018. Portanto considera-se a necessidade de proposições de políticas ambientais com instrumentos de comando/controle a nível estadual para a conservação da vegetação nativa, bem como para se fiscalizar a ocorrência de supressão diante da expansão agrícola.

A delimitação do escopo deste trabalho foi uma escolha metodológica, portanto não se investigou a causalidade/influência da classe cana-de-açúcar no desmatamento de vegetação nativa, tendo em vista que a base de dados utilizada do Projeto MapBiomass não permitiu essa associação.

## Referências

- Alencar, A.; Shimbo, J. Z.; Lenti, F. *et al.* Mapping three decades of changes in the brazilian savanna native vegetation using landsat data processed in the google earth engine platform. *Remote Sensing*, 12(6), 1-23, 2020. doi: 10.3390/rs12060924
- Anderson, J. R.; Hardy, E. E.; Roach, J. T.; Witmer, R. E. *Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos*. Tradução de Harold Strang. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.
- Araújo, H. B.; Pereira, P. R. M.; Rodrigues, T. C. S.; Costa Junior, E. P. B. Mudança de cobertura da terra nos municípios de Chapadinha e Buriti – MA, entre os anos de 1990 a 2017. *Geonorte*, 10(36), 194-214, 2019. doi: 10.21170/geonorte.2019.V.10.N.36.A194.214
- Bie, C. A. J. M. de; Leeuwen, J. A. van; Zuidema, P. A. *The land use database: a knowledge-based software program for structured storage and retrieval of userdefined land use data sets: user's reference manual*. Version 1.04 for MS-DOS. [Enschede, The Netherlands]: International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation; Food and Agriculture Organization; United Nations Environment Programme; Wageningen University, 1996. Disponível em: <<http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/LM/SUSLUP/Luse/Manual/chap2.pdf>> Acesso em: mar. 2020.

- Bossard, M.; Feranec, J.; Othahel, J. (Orgs.). *Corine land cover technical guide: addendum 2000*. Technical report, n. 40. Copenhagen: European Environment Agency, 2000. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/publications/tech40add>> Acesso em: nov. 2020.
- Brasil. *Decreto n. ° 10.084, de 5 de novembro de 2019*. Revoga o Decreto n° 6.961, de 17 de setembro de 2009, que aprova o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar e determina ao Conselho Monetário Nacional o estabelecimento de normas para as operações de financiamento ao setor sucroalcooleiro, nos termos do zoneamento. Brasília: DOU de 06/11/2019.
- Costa, R. N. M.; Andrade, A. P. de; Araújo, K. D. Cobertura vegetal e evolução do uso agrícola do solo na região de Chapadinha-MA. *Acta Tecnológica*, 6(1), 45-61, 2011. doi: 10.35818/acta.v6i1.42
- Costa, D. P.; Santos, dos J. J.; Chaves, J. M.; Rocha, W. de J. S. da F.; Vasconcelos, R. N. de. Novas tecnologias e sensoriamento remoto: aplicação de uma oficina didática para a disseminação das potencialidades dos produtos e ferramentas do mapbiomas. *Sustainability, Agri, Food and Environmental Research*, 6(3), 36-46, 2018. doi: 10.7770/safer-V0N0-art1402
- Cuenca, M. A. G.; Mandarino, D. C. *Nova fronteira da atividade canavieira nos principais municípios produtores do estado do Maranhão*; 1990, 1995, 2000 e 2005. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. Disponível em: <[http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2007/doc-123.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2007/doc-123.pdf)> Acesso em: set. 2020.
- Fendrich, A. N.; Barreto, A.; Guidottide, V. F.; Bastiani, F. de; Tenneson, K.; Pinto, L. F. G.; Saprovek, G. Disclosing contrasting scenarios for future land cover in Brazil: Results from a high-resolution spatiotemporal model. *Science of the Total Environment*, 742(10), 1-38, 2020. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.140477
- Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R.E.; Tatham, R. L. *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman, 6. ed., 2009.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2. ed., 2012. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/Manuaisde-Geociencias/Manual%20Tecnico%20da%20Vegetacao%20Brasileira%20n.1.pdf>> Acesso em: out. 2020.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de uso da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 3. ed., 2013. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso em: jul. 2020.
- Manzatto, C. V.; Assad, E. D.; Bacca, J. F. M.; Zaroni, M. J.; Pereira, S. E. M. *et al. Zoneamento Agroecológico da Cana de Açúcar - Expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.
- Mas, J. F.; Vasconcelos, R. N. de; Rocha, W. F. Analysis of high temporal resolution land use/Land cover trajectories. *Land*, 8 (2), 1-19, 2019. doi: 10.3390/land8020030
- Mittermeier, R.A., Turner, W.R., Larsen, F.W., Brooks, T.M., Gascon, C. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: Zachos, F., Habel, J. (Eds.). *Biodiversity hotspots*. Berlin; Heidelberg: Springer, p. 3–22, 2011. doi: 10.1007/978-3-642-20992-5\_1
- Parente, L.; Ferreira, L. Assessing the spatial and occupation dynamics of the Brazilian pasturelands based on the automated classification of MODIS images from 2000 to 2016. *Remote Sensing*, 10(4), 1-14, 2018. doi: 10.3390/rs10040606
- Projeto MapBiomas. *Coleção 4.0 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil*. Disponível em: <<https://plataforma.mapbiomas.org/map#coverage>>. Acesso em: abr. 2020.
- Ribeiro, J. F.; Walter, B.M.T. Fitofisionomia do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. (Orgs.). *Cerrado: Ambiente e Flora*. Brasília: Embrapa, p. 80-166, 1998.
- Rossoni, R. A.; Moraes, M. L. de. Agropecuária e desmatamento na Amazônia Legal brasileira: uma análise espacial entre 2007 e 2017. *Geografia em Questão*, 13(3), 130-148, 2020. doi: 10.48075/geoq.v13i3.23536
- Santos, L. A.; Ferreira, K.; Picoli, M.; Camara, G.; Zurita-Milla, R.; Augustijn, E. W. Identifying spatiotemporal patterns in land use and cover samples from satellite image time series. *Remote Sensing*, 13(5), 1-21, 2021. doi: 10.3390/rs13050974

- 
- Sidhu, N.; Pebesma, E.; Câmara, G. Using google earth engine to detect land cover change: Singapore as a use case. *European Journal Of Remote Sensing*, 51(1), 486-500, 2018. doi: 10.1080/22797254.2018.1451782.
- Silva, C. A. A. C.; Oliveira, K. A. de; Castro, M. P. P.; Oliveira, A. K. da S.; Almeida, E. I. B.; Sousa, W. da S. Análise da dinâmica no uso da terra maranhense na Amazônia Legal. *Revista Verde*, 14(3), 443-452, 2019. doi: 10.18378/rvads.v14i3.6550
- Soterroni, A. C.; Mosnier, A.; Carvalho, A. X.; Câmara, G.; Obersteiner, M.; Andrade, P. R.; Souza, R. C; Brock, R., Pirker, J.; Kraxner, F. Future environmental and agricultural impacts of Brazil's Forest Code. *Environmental Research Letters*, 13(7), 1-12, 2018. doi: 10.1088/1748-9326/aaccbb
- Souza Júnior, C. M.; Kirchhoff, F. T.; Oliveira, B. C.; Ribeiro, J. G.; Sales, M. H. Long-term annual surface water change in the brazilian amazon biome: potential links with deforestation, infrastructure development and climate change. *Water*, 11(3), 1-18, 2019. doi: 10.3390/w11030566
- Werth, D. The local and global effects of Amazon deforestation. *J. Journal of Geophysical Research*, 107(20), 1-8, 2002. doi: 10.1029/2001JD000717