



UFSC



Geoinformação e Sensoriamento Remoto em Geografia

Dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação da terra da região sul de balsas, Maranhão, Brasil

Spatio-temporal dynamics of land use and occupation in the southern region of balsas, Maranhão, Brazil

Dinámica espacio-temporal del uso y ocupación del suelo de la región sur de balsas, Maranhão, Brasil

Enyo Francisco Diniz Simões^I , Andreza Maciel de Sousa^I , Islana Silva Ponte^{II} ,
Aldair de Souza Medeiros^{III} , Nítalo André Farias Machado^I ,
Rita de Cássia Freire Carvalho^{IV} , Marcus Willame Lopes Carvalho^I ,
Eduardo Silva dos Santos^I , Alexandre Rosa dos Santos^{IV} ,
Plínio Antonio Guerra Filho^I

^IUniversidade Federal do Maranhão , Chapadinha, MA, Brasil

^{II}Universidade Federal Rural de Pernambuco , Recife, PE, Brasil

^{III}Universidade Federal do Piauí , Bom Jesus, PI, Brasil

^{IV}Universidade Federal do Espírito Santo , Alegre, ES, Brasil

RESUMO

No bioma Cerrado encontra-se a principal fronteira agrícola brasileira da atualidade, denominada região MATOPIBA, a qual inclui partes dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia. No Maranhão, o município de Balsas é o maior produtor agrícola estadual. Assim, o objetivo com este estudo foi analisar a dinâmica espaço-temporal da mudança no uso e ocupação da terra da região sul do município de Balsas - MA, por meio de sensoriamento remoto orbital e análise espacial, nos anos de 2013 e 2023. Foram utilizadas ferramentas de sensoriamento remoto, dentre elas o Semi-Automatic Classification Plugin para pré-processamento e classificação supervisionada, e o AcATAmA para avaliação da acurácia da classificação. Para a classificação utilizou-se imagens do satélite Landsat-8 e ferramentas de edição de polígonos no software Qgis 3.26.2. A análise mostrou níveis de acurácia global satisfatórios para os anos de 2013 e 2023. As áreas das classes "Floresta Densa" e "Floresta Rala" aumentaram 0,24%, enquanto a área da classe "Área não florestal" reduziu 37%. Notavelmente, as áreas destinadas à agropecuária apresentaram crescimento significativo de 47,1%. A partir das análises das imagens para os anos 2013 e 2023 verificou-se expansão da classe "Área agrícola" e redução da classe "Área não florestal", indicando aumento nas atividades agropecuárias do município de Balsas.

Palavras-chave: Região MATOPIBA; Classificação supervisionada; Sensoriamento remoto



ABSTRACT

In the Cerrado biome lies the main agricultural frontier of Brazil today, known as the MATOPIBA region, which includes parts of the states of Maranhão, Tocantins, Piauí, and Bahia. In Maranhão, the municipality of Balsas is the state's largest agricultural producer. Thus, the aim of this study was to analyze the spatio-temporal dynamics of land use and occupation changes in the southern region of the municipality of Balsas - MA, using orbital remote sensing and spatial analysis in the years 2013 and 2023. Remote sensing tools were used, including the Semi-Automatic Classification Plugin for preprocessing and supervised classification and AcATAmA for classification accuracy assessment. Landsat-8 satellite images and polygon editing tools in QGIS 3.26.2 software were used for the classification. The analysis showed satisfactory global accuracy levels for the years 2013 and 2023. The areas of the "Dense Forest" and "Sparse Forest" classes increased by 0.24%, while the "Non-Forest Area" class decreased by 37%. Notably, areas designated for agriculture and livestock showed significant growth of 47.1%. According to the image analyses for the years 2013 and 2023, there was an expansion of the "Agricultural Area" class and a reduction in the "Non-Forest Area" class, indicating an increase in agricultural activities in the municipality of Balsas.

Keywords: MATOPIBA region; Supervised classification; Remote sensing

RESUMEN

En el bioma Cerrado se encuentra la principal frontera agrícola brasileña de la actualidad, denominada región MATOPIBA, la cual incluye partes de los estados de Maranhão, Tocantins, Piauí y Bahía. En Maranhão, el municipio de Balsas es el mayor productor agrícola del estado. Así, el objetivo de este estudio fue analizar la dinámica espacio-temporal del cambio en el uso y ocupación del suelo en la región sur del municipio de Balsas - MA, mediante el uso de teledetección orbital y análisis espacial, en los años 2013 y 2023. Se utilizaron herramientas de teledetección, entre ellas el Semi-Automatic Classification Plugin para preprocesamiento y clasificación supervisada, y AcATAmA para la evaluación de la precisión de la clasificación. Para la clasificación se utilizaron imágenes del satélite Landsat-8 y herramientas de edición de polígonos en el software QGIS 3.26.2. El análisis mostró niveles de precisión global satisfactorios para los años 2013 y 2023. Las áreas de las clases "Bosque Denso" y "Bosque Ralo" aumentaron un 0,24%, mientras que el área de la clase "Área no forestal" se redujo en un 37%. Notablemente, las áreas destinadas a la agropecuaria mostraron un crecimiento significativo del 47,1%. A partir del análisis de las imágenes de los años 2013 y 2023, se observó una expansión de la clase "Área Agrícola" y una reducción de la clase "Área no forestal", lo que indica un aumento de las actividades agropecuarias en el municipio de Balsas.

Palabras-clave: Región MATOPIBA; Clasificación supervisada; Teledetección

1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado, o segundo maior bioma do país, abrangendo cerca de 2.045.000 km², que corresponde a 23,3% do território nacional, é reconhecido por sua grande biodiversidade, sendo considerado um dos principais ecossistemas do mundo, com a mais rica flora comparada às outras savanas do planeta (Brasil, 2020; Hidasi-Neto *et al.*, 2022; Parente *et al.*, 2020). No entanto, apesar de sua relevância ambiental

global, este bioma enfrenta sérias ameaças devido às ações antrópicas, com destaque para a perda da vegetação nativa (Mapbiomas, 2023; Parente *et al.*, 2020).

Os índices alarmantes de desmatamento no Cerrado superam até mesmo os observados em biomas como a Amazônia e a Mata Atlântica (Rocha; Nascimento, 2021; Rodrigues *et al.*, 2022). Dados recentes indicam que os esforços de conservação desse bioma ainda não são eficazes, visto que foram registrados recordes de desmatamento consecutivos, reduzindo 25% da sua área de vegetação nativa nas últimas décadas (Mapbiomas, 2023).

A expansão agrícola no Cerrado, especialmente na região MATOPIBA, ou seja, a extensão geográfica que recobre parcialmente os territórios dos estados de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (Brasil, 2020), tem impactado negativamente a manutenção da vegetação nativa deste bioma (Feitosa *et al.*, 2023; Sano *et al.*, 2019; Severo; Naval, 2022; Silva *et al.*, 2021). As áreas sob atividades agropecuárias nessa região aumentaram significativamente de 18% em 1992 para 35% em 2022 (Mapbiomas, 2022).

Inserido neste contexto está o município de Balsas, localizado na mesorregião Sul maranhense, considerado a fronteira de grãos do Maranhão (Reis *et al.*, 2024). A região sul deste município abriga as maiores lavouras agrícolas do Maranhão (Mapbiomas, 2024). Entretanto, vinculado ao crescimento socioeconômico nesta região, estão os amplos impactos e mudanças na paisagem, causados pela intensa pressão antrópica, em áreas de vegetação nativas, degradação em regiões das nascentes do Rio Balsas, ocorrência de queimadas e desmatamento pela grande extensão de terras para a pecuária, e agricultura, com a alta produtividade da soja (Costa *et al.*, 2022; Vaz; Ramos; Froehner, 2021).

Diante desses desafios, estudos de análise e o monitoramento do uso e cobertura da terra são ferramentas essenciais para o planejamento e gestão da conservação e práticas sustentáveis do meio ambiente (Peng *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2024). O Sistema de Informações Geográficas (SIG) possibilita sobrepor, coletar, manipular e visualizar o banco de dados, que podem ser obtidos a partir da análise de uso e cobertura da terra, sendo fundamental para auxiliar no planejamento e gestão que precisam

ser adotadas para a preservação da biodiversidade (Patel *et al.*, 2024). Dessa forma, análises espaços-temporais do monitoramento terrestre via sensoriamento remoto são importantes técnicas para análise e monitoramento de áreas. Com o uso de ferramentas de classificação de imagens, é possível o estudo e interpretação de imagens capturadas por sensores acoplados em satélites que identificam previamente as mudanças de cobertura da terra, seguindo padrões de resposta espectral (Garcia *et al.*, 2023).

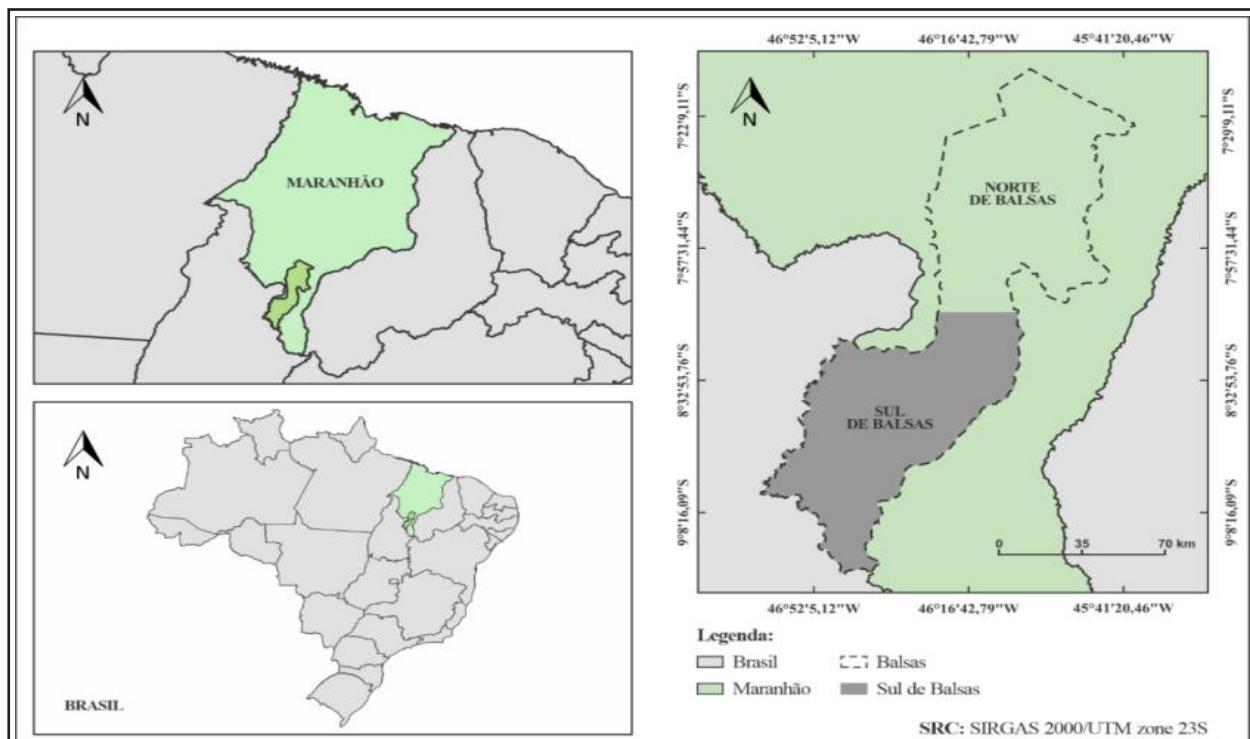
Assim, a hipótese deste trabalho é que as recentes mudanças de usos e ocupação da terra ocorridas nas últimas décadas na região Sul do Maranhão alteraram significativamente a paisagem trazendo, consequentemente, impactos ambientais e sociais. Neste sentido, objetivou-se com este estudo analisar a dinâmica espaço-temporal da mudança no uso e cobertura da terra da região sul do município de Balsas - MA, por meio de sensoriamento remoto orbital e análise espacial, nos anos de 2013 e 2023.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo abrange a região sul do município, localizado na mesorregião Sul do Maranhão, e inserido na região do MATOPIBA, possui coordenadas de 7° 31' 57" de latitude Sul e 46° 02' 08" de longitude Oeste, com altitude média de 243 m. Abrange uma área total 6.642,009 km. O clima da região é classificado como tropical quente e úmido, sendo Aw e Aw' com estação seca, segundo a classificação de Köppen (Alvares *et al.*, 2013; Corrêa *et al.*, 2023) (Figura 1).

Figura 1– Região sul do município de Balsas, Maranhão, Brasil



Fonte: Autores (2024)

2.2 Aquisição do Banco de Dados

As imagens utilizadas foram adquiridas do banco de dados do United States Geological Survey (USGS) via Earth Explorer. Foram selecionadas as imagens em 27 de junho de 2013 e 23 de junho de 2023, utilizando-se o conjunto de dados Landsat Collection 2 Level-1 no Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) WGS84 UTM zona 23N (Tabela 1). Além disso, o arquivo shapefile do município Balsas foi obtido no portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Tabela 1 – Cenas brutas adquiridas da USGS

ID da Cena	Data da captura	Satélite	Datum/Projeção
LC82210662013178LGN02	27/06/2013	Landsat-8	WGS84/UTM 23N
LC82210662023174LGN00	23/06/2023	Landsat-8	WGS84/UTM 23N

Organização: Os autores (2024)

Para o pré-processamento das imagens, utilizou-se o complemento do *software* Qgis Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) (Congedo, 2021). Por meio do SCP, foram inseridas as bandas espectrais adquiridas da USGS aplicando o algoritmo de correção atmosférica DOS1 atmospheric correction. Esse algoritmo corrige os valores de reflectância para reduzir o erro em regiões que apresentam sombra completa, assumindo um valor mínimo de 1% de reflectância para qualquer pixel. Com isso, a reflectância das imagens brutas de satélite é convertida para um parâmetro que varia entre valores próximos de 0 e 1, ou seja, entre 1% e 100% (Congedo, 2020; Magalhães *et al.*, 2020).

As imagens corrigidas foram recortadas e reprojetadas para o SRC WGS84 UTM zona 23S. Em seguida, foi gerado um band set para a obtenção de composições coloridas a partir do empilhamento das bandas espectrais, utilizadas para identificação das classes de uso e ocupação da terra.

2.3.1 Processamento de Imagens

A classificação das fitofisionomias do bioma Cerrado torna-se complexa quando associada às atividades agropecuárias. Isso se deve, sobretudo, à presença de áreas em regeneração, pastagens e pastos sujos, o que acaba dificultando a distinção espectral com formações savânicas e campestres, as quais se encaixam nas classes Floresta Rala e Áreas Não Florestais. As práticas de gerenciamento agropecuário, como rotação de culturas e sobrepastejo, resultam em diferentes níveis de degradação e biomassa, o que afeta a classificação supervisionada.

Dessa forma, com o objetivo de melhorar o a precisão dos dados e reduzir possíveis erros na análise de classificação supervisionada, realizou-se a delimitação da classe Área Agrícola por meio da criação de polígonos. A exclusão dessa classe do processo de classificação supervisionada foi fundamentada na sua geometria bem definida, caracterizada por baixa variabilidade estrutural. Essa uniformidade permitiu a delimitação manual do contorno de forma eficiente, reduzindo a necessidade de algoritmos automatizados de segmentação. No processamento, as classes “Área

Agrícola" e "Área Não Florestal" foram agrupadas como uma única classe na coleta de amostras e na geração do mapa preliminar, posteriormente, criou-se a área dos polígonos para distinguir ambas as classes.

2.4 Delimitação com polígonos

Foi utilizada a ferramenta "Digitalizar" para criação dos polígonos e edição de vértices. O arquivo vetorial correspondente foi criado com os campos "id" e "área em ha", para armazenar as informações de identificação dos polígonos.

Posteriormente, fez-se a seleção das áreas agrícolas com base nas imagens disponíveis para cada período analisado (2013 e 2023), sendo utilizadas, na etapa de classificação supervisionada, composições coloridas obtidas do Google Satélite. Contudo, devido à dificuldade de encontrar imagens de alta resolução para o ano de 2013, foi elaborado um mosaico georreferenciado no Google Earth para melhorar a visualização e a interpretação (Lewin *et al.*, 2019).

Como material de apoio na etapa de classificação, também foram utilizadas as informações das classes de uso da terra disponibilizadas pelo programa MapBiomas para o mesmo ano, composto pelos sensores Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) e Operational Land Imager (OLI) Landsat, a bordo do Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8, respectivamente (Souza Jr *et al.*, 2020). A partir da identificação visual dos alvos de interesse, foi possível criar e ajustar dezenas de polígonos ao longo de toda a área de estudo, abrangendo todas as regiões que apresentavam, de forma evidente, indícios de atividades agropecuárias.

2.5 Classificação supervisionada das imagens

Na sequência, coletou-se amostras ao longo da área de estudo para criação de assinaturas espectrais referentes a cada classes são utilizadas como referência para o algoritmo realizar a classificação da imagem por inteira, detectando regiões com as mesmas características espectrais das amostras (Barros; Pamboukian, 2018).

I) Determinação das classes extraídas da imagem: Floresta Densa, Floresta Rala, Área Agrícola e Área Não Florestal. As classes foram baseadas no Projeto MapBiomas (Tabela 2).

Tabela 2 – Classes de uso e ocupação da terra para área de estudo

Classe	Descrição
Floresta Densa	Formações que apresentam vegetação com predomínio de espécies arbóreas, com dossel contínuo, além de um estrato herbáceo definido.
Floresta Rala	Formações com estrato arbóreo menos denso, estrato arbustivo-herbáceos definido, em um solo com boa cobertura superficial.
Área Agrícola	Regiões que apresentam alguma atividade agropecuária, como agricultura, pastagem, silvicultura, etc.
Área Não Florestal	Regiões de formações com predomínio de solo exposto, com vegetação herbácea, poucos arbustos e nenhuma árvore, além de regiões rochosas com presença de ervas e arbustos, ou arvoretas.

Organização: Os autores (2024)

II) Criação de três composições RGB (Red, Green e Blue) utilizando a ferramenta de empilhamento de bandas (band set) do SCP, para identificação das classes presentes na superfície e coleta das amostras de treinamento: 654, 543 e 432 (Tabela 3).

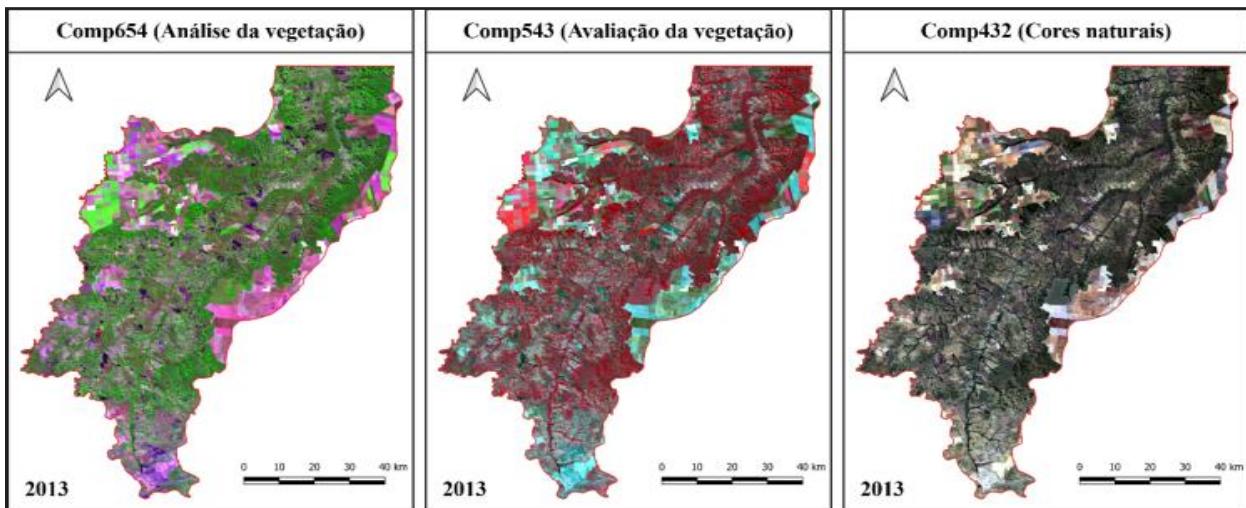
Tabela 3 – Composições coloridas de imagens orbitais do sensor OLI do satélite Landsat-8

Imagens de entrada (bandas)	Descrição	Identificação
OLI6(R) OLI5(G) OLI4(B)	Análise da vegetação	Comp654
OLI5(R) OLI4(G) OLI3(B)	Avaliação da vegetação	Comp543
OLI4(R) OLI3(G) OLI2(B)	Cor natural	Comp432

Organização: Os autores (2024)

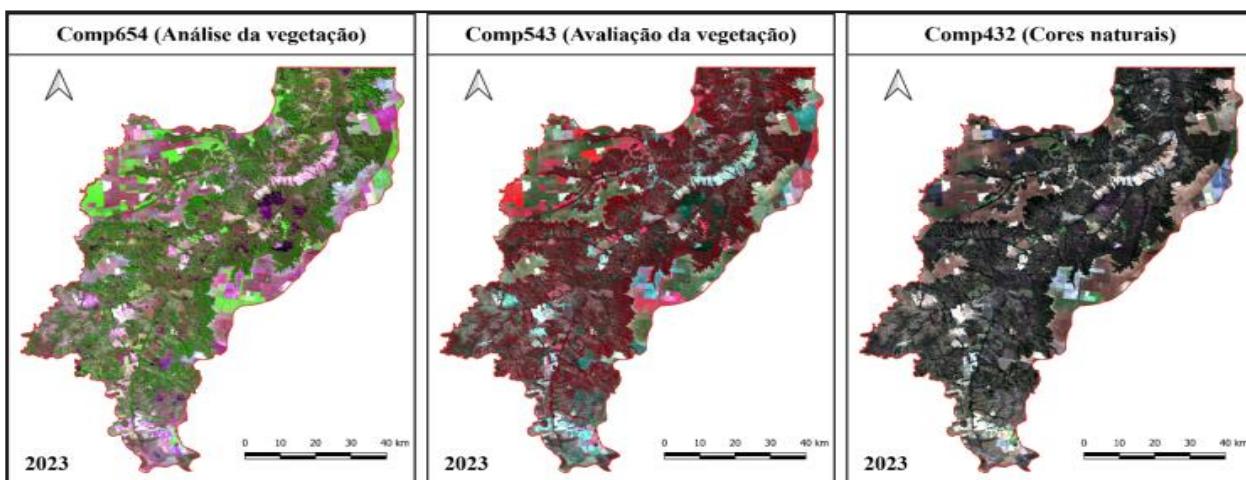
III) Seleção das amostras de treinamento ao longo de toda a extensão da área de estudo com o uso da ferramenta de criação de polígonos do SCP. A identificação visual dos alvos foi realizada através da coleta manual das amostras, com base nas composições coloridas e imagens do Google Satélite, disponibilizadas pelo complemento *Quick Maps Services*. Para cada classificação, foram selecionadas cerca de 500 amostras em proporções diferentes conforme a classe (Figura 2 e 3).

Figura 2 – Composições coloridas de amostras do ano de 2013



Organização: Os autores (2024)

Figura 3 – Composições coloridas de amostras do ano de 2023



Organização: Os autores (2024)

IV) Seleção e aplicação do algoritmo de classificação: Com a obtenção das amostras de treinamento, utilizou-se o algoritmo da Máxima Verossimilhança (Maxver). O método Maxver considera parâmetros estatísticos, como média e desvio padrão das assinaturas espectrais, para maximizar a probabilidade de observar os dados. O algoritmo utiliza uma função de probabilidade $P(x)$ para definir se um determinado pixel pertence a uma determinada classe. O pixel é atribuído à classe que maximiza a função $P(x)$, ou seja, à que possui maior probabilidade de pertencer. Ao utilizar

parâmetros estatísticos, é necessário um número considerável de pixels para cada classe, a fim de enriquecer a função $P(x)$ com mais informações e aprimorar a precisão dos dados nos mapas gerados (Magalhães *et al.*, 2020).

2.6 Pós-Processamento e Tabulação dos dados

A verificação da acurácia dos resultados foi obtida no processo de classificação supervisionada, com o uso da ferramenta AcATAMa (*Accuracy Assessment of Thematic Maps*), a partir do método de Validação de Amostragem Aleatória Estratificada. O AcATAMa calculou o tamanho total das amostras e o número de pontos para cada classe, sendo criadas 396 e 397 amostras para os anos de 2013 e 2023, respectivamente, distribuídas de modo aleatório ao longo dos mapas.

Os resultados da avaliação de acurácia são expressos em três tipos de variáveis: acurárias do produtor e do usuário, que apresentam resultados individuais para cada classe; e acurácia global, variável única que expressa o resultado geral da avaliação (Fitzpatrick-Lins, 1981; Senseman *et al.*, 1995).

Os dados referentes à classificação supervisionada e os pontos de referência que determinam essas variáveis são relacionados em uma matriz de erro (Tabela 4).

Tabela 4 – Matriz de erro com as variáveis A, B, C e D correspondendo às classes de uso da terra

Classificação	Referências				
	A	B	C	D	Σ
A	nAA	nAB	nAC	nAD	nA ⁺
B	nBA	nBB	nBC	nBD	nB ⁺
C	nCA	nCB	nCC	nCD	nC ⁺
D	nDA	nDB	nDC	nDD	nD ⁺
E	n+A	n+B	n+C	n+D	n

Elementos diagonais em destaque contêm o número de casos, as classes e os pontos de referência representando a verdade de campo coincidem. Fonte: Adaptado de Luz *et al.* (2018)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação das classificações

A matriz de erro, mostra que em 2013, a classe “Floresta Rala” apresentou o menor erro de comissão, com 3,3%, e o maior erro de omissão, com 15,2% (Tabela 5). A classe “Área Não Florestal/Agrícola” obteve o menor erro de omissão, com apenas 1%, e o maior erro de comissão, com 9,2%. Os erros de comissão e omissão para a classe “Floresta Densa” foram satisfatórios, atingindo valores de 4,3 e 8,2%, respectivamente (Tabela 5). Além disso, os resultados da análise do complemento AcATAma para o ano de 2013 atingiram um bom resultado geral, com 93,2% de acurácia global e um intervalo de confiança entre 91,9% e 94,5% com base no desvio padrão de 1,3%. Foi observado que das 396 amostras, 369 apresentaram concordantes com a classificação. Contudo, devido à escassez de mosaicos em alta resolução para esse período, foram utilizadas imagens de composições coloridas (Tabela 5).

Tabela 5 – Matriz de Erro. Acurácia global, desvio padrão, acuráncias do produtor e do usuário, erros de comissão e omissão para a classificação do ano de 2013

Classes	Floresta Densa	Floresta Rala	Área Não Flor./Agrícola	Total	Acurácia do usuário(%)	Erro de comissão(%)
Floresta Densa	45	2	0	47	95,7%	4,3%
Floresta Rala	2	117	2	121	96,7%	3,3%
Área Não Flor./Agrícola	2	19	207	228	90,8%	9,2%
Total	49	138	209	396		
Acurácia do produtor (%)	91,8%	84,8%	99,0%	Acurácia global (%)	93,2%	
Erro de omissão (%)	8,2%	15,2%	1,0%	Acurácia global (%)	93,2%	
				Desvio padrão		1,3%

Organização: Os autores (2024)

Na matriz de erro, tanto em 2023 quanto na análise de 2013, a classe “Área Não Florestal/Agrícola” obteve o menor erro de omissão, com 1,4%, e o maior erro de comissão, com 14,9%. A classe “Floresta Rala” ainda manteve o maior erro de omissão, com 26,9%, porém, obteve um erro de comissão mais elevado, de 6,7%. O menor erro de comissão ficou para a classe “Floresta Densa” com 2%, e um de erro de omissão de 9,3% (Tabela 6).

Além disso, os resultados da análise do complemento AcATaMa para o mapa temático do ano de 2023 apresentou acurácia global de 88,9%, com intervalo de confiança de 87,3% e 90,5%, baseando-se no desvio padrão de 1,6%. Observou-se que das 397 amostras aleatórias, 353 apresentaram em concordância com a classificação (Tabela 6).

É possível observar que o Índice de Acurácia Global obtido para os anos estudados apresentou percentual maior que 85% sugerindo que a classificação foi satisfatória em cada classe proposta. Estudos ressaltam que o valor de acurácia mínimo aceitável é 85% (Fitzpatrick-Lins, 1981; Senseman *et al.*, 1995), assim os dados de uso e cobertura da terra observados nesse estudo são atualizados e possuem alta qualidade (Elamin; El-Rabbany, 2022).

Tabela 6 – Matriz de Erro. Acurácia global, desvio padrão, acuráncias do produtor e do usuário, erros de comissão e omissão para a classificação do ano de 2023

Classes	Floresta Densa	Floresta Rala	Área Não Flor./ Agríc.	Total	Acurácia do usuário (%)	Erro de comissão(%)
Floresta Densa	49	1	0	50	98,0%	2,0%
Floresta Rala	4	98	3	105	93,3%	6,7%
Área Não Flor./ Agríc.	1	35	206	242	85,1%	14,9%
Total	54	135	209	397		
Acurácia do usuário (%)	90,7%	73,1%	98,6%	Acurácia global (%)	88,9%	
Erro de comissão(%)	9,3%	26,9%	1,4%	Desvio padrão	1,6%	

Organização: Os autores (2024)

3.2 Uso e Cobertura da terra nos anos de 2013 e 2023

Os dados obtidos para o ano de 2013 apresentam maiores percentuais de áreas na classe “Floresta Rala” e na “Área Não Florestal” com 34,8% e 29,7%, respectivamente (Tabela 7). Nesse período, as regiões de “Floresta Densa” e “Floresta Rala”, apresentaram 313.372,4 ha de florestas em sua cobertura, tendo cerca de 47,2% de sua área ocupada com essas formações florestais. Em 2023, observou-se uma expansão significativa da classe “Área Agrícola” de 23,1% para 34,0%, além da diminuição de 37,0% na classe “Área não Florestal” (Tabela 7).

Tabela 7 – Dados quantitativos em hectare e porcentagem das classes estudadas

Classes/Ano	2013	%	2023	%	Aumento/ Redução (%)
Floresta Densa	82.051,5	12,4%	89.862,5	13,5%	+ 9,5%
Floresta Rala	231.321,0	34,8%	224.266,5	33,8%	- 3,0%
Área Agrícola	153.554,0	23,1%	225.824,0	34,0%	+ 47,1%
Área Não Florestal	197.274,4	29,7%	124.247,9	18,7%	- 37,0%
Total	664200,9	100%	664200,9	100%	

Organização: Os autores (2024)

No contexto geral, esse fato está relacionado com uma ampla abrangência das áreas de atividades agropecuárias na região de Balsas, no ano de 2013. Esses resultados corroboram com Castillo *et al.* (2021), Cunha; Espíndola (2019) e Rego *et al.* (2020), os quais indicaram que entre o período de 1972 a 1990, ocorreu a migração de produtores da região Sul do Brasil e a chegada de grandes empresas agrícolas, tanto nacionais quanto multinacionais, à mesorregião Sul Maranhense, em particular ao município de Balsas. Com isso, a mesorregião Sul se tornou a pioneira na implementação da produção de soja no Maranhão.

Essa expansão significativa, após uma década, fez com que Balsas se tornasse o maior produtor de soja em todo o Maranhão (IBGE, 2022). Os resultados deste estudo reforçam os encontrados por Castillo *et al.* (2021) que observaram expansão

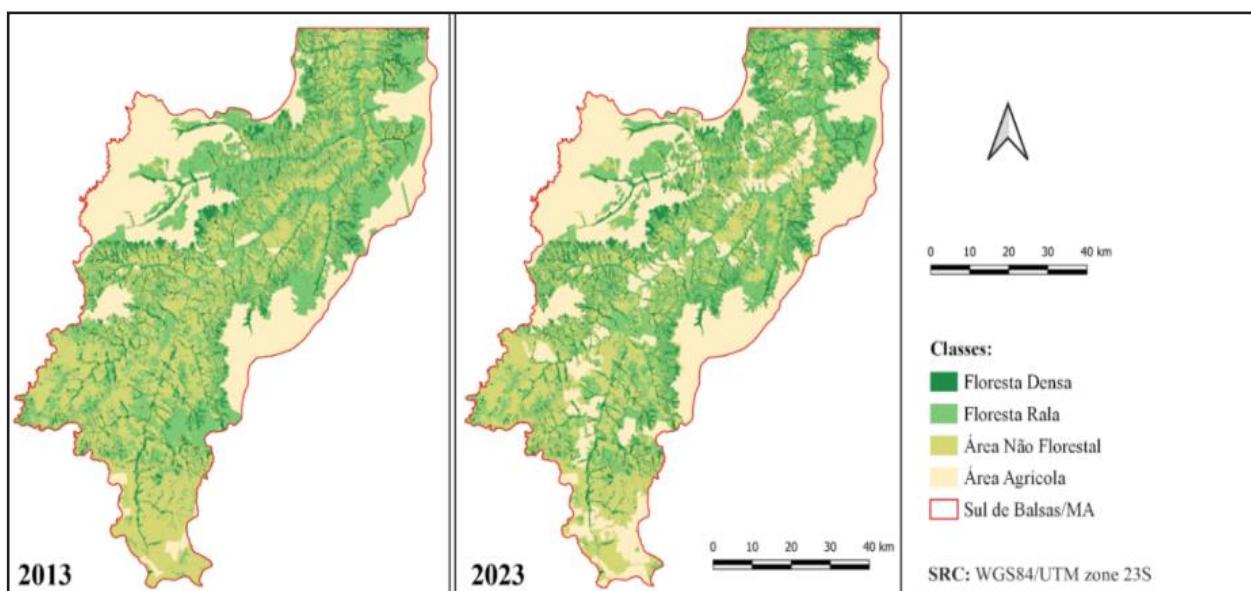
constante na produção de soja nesta região entre 1990 a 2018. Esse crescimento é resultado da adoção de uma agricultura intensiva, dependente de insumos químicos e biológicos, bem como o uso de maquinários, assistência técnica e outros serviços mais avançados. Essa abordagem mantém a região de Balsas como uma das principais produtoras de soja da região MATOPIBA e do Nordeste brasileiro (Feitosa *et al.*, 2023). Os dados do MapBiomass Alerta (2023), ratificam os achados deste estudo, quando cita que o município de Balsas atualmente possui a segunda maior área desmatada do Brasil, com 37.363,1 hectares. Além disso é importante pontuar que de acordo com os dados do MapBiomass (2024), o município de Balsas apresentou perda de 15 a 30% de vegetação nativa durante o período de 2008 a 2023.

Observa-se que no intervalo de 2013 a 2023 a substituição de áreas da classe “Área Não Florestal” pela classe “Área Agrícola”, havendo perda de vegetação nativa no município (Figura 4). Em suma, nesta região, a vegetação nativa dominante é formada por Cerrado Ralo ou Cerrado arbustivo (Ribeiro; Walter, 2008). Segundo o MapBiomass nesse período estudado, Balsas registrou-se mais de 15 mil hectares de supressão da vegetação primária, impactando diretamente a biodiversidade da região (Mapbiomas, 2022). Esses resultados convergem com os de Silva *et al.* (2021) e Silva Junior *et al.* (2021), quando afirmam que o Matopiba sofre com altas taxas de desmatamento devido à conversão de áreas nativas em atividades agrícolas. Outrossim, de acordo com o MapBiomass (2024), no bioma Cerrado, todos os estados da região do MATOPIBA têm pelo menos um município com perda de vegetação nativa de 30% ou mais, caso do município de Balsas, foco desse estudo.

As lavouras temporárias predominam na área de estudo e em todo o município de Balsas desde o primeiro ano de análise até os dias atuais (Mapbiomas, 2022), devido às áreas propícias para o cultivo, favorecidos pelas condições edafoclimáticas, observado em determinadas extensões do Cerrado. Neste bioma, quanto à extensão de área, a pastagem cultivada caracteriza-se como a principal atividade antrópica que em sua maioria apresenta algum nível de degradação (Scaramuzza *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2021). Quanto a isso, Pereira *et al.* (2018) concluíram, através das correlações

observadas entre o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e as tendências das chuvas, que a degradação das pastagens no Cerrado está associada à diminuição dos padrões de chuva e aos baixos investimentos em práticas de conservação do solo.

Figura 4 – Comparação dos mapas de uso e cobertura da terra da região sul do município de Balsas, Maranhão, nos anos de 2013 e 2023



Organização: Os autores (2024)

Segundo o IBGE (2022), a área plantada de lavouras temporárias em Balsas aumentou 57,5% entre 2013 e 2022, com destaque para as culturas de milho e soja, que cresceram 100,8% e 46,1%, respectivamente. Todo esse crescimento acarretou no aumento do valor da produção agrícola geral na região, que evoluiu 430,9% no período. Concernente a isso, Araújo *et al.* (2019) analisaram importantes zonas de produção de soja na região MATOPIBA com base nas estatísticas espaciais dos índices globais e identificou a mesorregião Sul Maranhense com consolidação na produção agrícola.

Na região sul do município de Balsas há diversos incrementos agropecuários de 2013 a 2023 (Figura 4). A intensificação da pecuária pode ter influência nesse incremento da área de pastagens durante o período estudado, visto que o rebanho bovino no município de Balsas registrou crescimento de 54,3% entre 2013 e 2022 (Mapbiomas, 2022). A bovinocultura faz parte das atividades de grande relevância

para o estado maranhense, baseada em sistemas de criação extensiva que tem como característica o uso excessivo da pastagem nativa, sendo estas substituídas por pastagens cultivadas (Lima *et al.*, 2019).

Outro fator a ser considerado nas mudanças de uso e ocupação de terra nesta região é o uso expressivo e descontrolado do fogo. Oliveira-Júnior *et al.* (2022) argumentam que os focos de incêndio detectados no bioma Cerrado estão relacionados à expansão dos consórcios agrícolas. Segundo MapBiomass (2022) no município de Balsas houve um crescimento de queimadas de 1.068.106 ha em 2013 para 1.104.712 ha de área queimada acumulada em 2022. Silva *et al.* (2021), também destacaram a importância do MATOPIBA no contexto da atividade de fogo no Cerrado, em que constataram que esta região representa mais da metade da área queimada anual da savana brasileira, em que os estados do Maranhão e Tocantins têm as maiores contribuições para esse valor, contribuindo com 73% da área total queimada do MATOPIBA entre 2001 e 2018.

Os resultados obtidos no presente estudo mostram o aumento das atividades antrópicas, voltadas à produção agropecuária no município de Balsas. Portanto, estudos como este são importantes pois ajudam a identificar as áreas mais afetadas pela perda de vegetação nativa devido à atividade agropecuária. Essas descobertas são fundamentais para orientar políticas ambientais e práticas de uso da terra sustentáveis. Essas informações são essenciais para o desenvolvimento de políticas estratégias eficazes direcionadas para o planejamento ambiental e uso sustentável do solo. Sendo assim, mais pesquisas devem ser realizadas para melhorar e ampliar esse conhecimento, permitindo a compreensão mais abrangente dos desafios e oportunidades ao desenvolvimento agropecuário em regiões com alta taxa de desmatamento, como o Cerrado e o MATOPIBA (Mapbiomas, 2024).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de Balsas, Maranhão, tem se desenvolvido, ao longo de sua história, por meio de atividades consideradas convencionais para a produção de alimentos,

refletindo nas mudanças de uso da terra. A partir das análises das imagens para os anos 2013 e 2023 foi verificado expansão da classe “Área agrícola” e redução da classe “Área não florestal”. As reduções significativas na cobertura vegetal na classe “Área Não Florestal”, ressalta as crescentes alterações ambientais e a diminuição da vegetação em áreas originalmente classificadas como não pertencentes ao contexto florestal.

Assim, considerando os resultados deste estudo, entende-se que podem colaborar com o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado), um dos principais instrumentos da Política Nacional sobre Mudança do Clima (Lei nº 12.187). O PPCerrado representa a materialização dos compromissos dos planos setoriais vinculados aos compromissos nacionais voluntários, conforme estabelecido pela Lei nº 12.187/2009. Ademais, esses resultados também podem ser relevantes para o Plano Setorial de Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária (ABC+), que visa a redução de emissões de carbono equivalente em 1,1 bilhão de toneladas no setor agropecuário até 2030, contribuindo assim para as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) apresentadas pelo Brasil no Acordo de Paris (UNFCCC COP21).

REFERÊNCIAS

- AcATAma. (2023) **SMBYC**, Disponível em: <https://smbyc.github.io/AcATAma/>. Acesso em: 08 nov. 2023
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P.C.; MORAES, G. J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ARAÚJO, M.; SANO, E.; BOLFE, É.; SANTOS, J.; SANTOS, J.; SILVA, F. Spatiotemporal dynamics of soybean crop in the Matopiba region, Brazil (1990–2015). **Land Use Policy**, v. 80, p. 57-67, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.040>
- BARROS, E. O.; PAMBOUKIAN, S. V. D. Análise do desastre em Mariana através da classificação supervisionada de imagens de sensoriamento remoto. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 17, n. 1, p. 8-26, 2018. Disponível em: <https://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/article/view/10513>. Acesso em: 21 fev. 2024

BRASIL - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.** 2020. Disponível em: <https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/4782>. Acesso em 05 mar.2024

CARREIRA, I.; COSTA, F.; PESSOA, J. P. The deforestation effects of trade and agricultural productivity in Brazil. **Journal of Development Economics**, v. 167, p. 103217, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2023.103217>

CASTILLO, R.; BOTELHO, A. C.; BUSCA, M. D. Agronegócio globalizado no MATOPIBA maranhense: análise da especialização regional produtiva da soja. **Espaço e Economia**, v. 21, 2021. <https://doi.org/10.4000/espacoeconomia.19325>

CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. **Release**, v. 6, n. 4. p. 243, 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>

CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. **Journal of Open Source Software**, v. 6, n. 64, p. 3172, 2021. <https://doi.org/10.21105/joss.03172>

CORRÊA, W.; CARVALHO, M. W. L.; MENDES, T. J. Atualização da classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado do Maranhão. **Revista Brasileira De Climatologia**, v. 32, n. 19, p. 517–543. <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16727>

COSTA, L. C. S.; MANESCHY, R. Q.; CANTO, L. O. O processo de expansão urbana e seu impacto na cobertura vegetal de Macapá. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 02, p. 694-709, 2022. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.2.p694-709>

CUNHA, R. C. C.; ESPÍNDOLA, C. J. Da pecuária à soja: uma leitura de Balsas (MA) – Brasil. **Espaço & Geografia**, v. 22, n. 1, p. 118, 2019. <https://doi.org/10.26512/2236-56562019e40156>

ELAMIN, A.; EL-RABBANY, A. UAV-based multi-sensor data fusion for urban land cover mapping using a deep convolutional neural network. **Remote Sensing**, v. 14, n. 17, p. 4298, 2022. <https://doi.org/10.3390/rs14174298>

FEITOSA, M. M.; SOUSA, E. C.; NASCIMENTO, L.; LEMOS, J. J. S. A soja no estado do Maranhão, Brasil: uma análise temporal da expansão e substituição das culturas alimentares. **Geografafares**, v. 3, n. 37, p. 114–131, 2023. <https://doi.org/10.47456/geo.v3i37.40394>

FITZPATRICK-LINS, K. Comparison of sampling procedures and data analysis for a landuse and land-cover map. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**, v. 3, n. 47, p. 343-351, 1981.

GARCIA, I. M. W.; GOUVEIA, N. A.; MELO JUNIOR, D. R.; GONÇALVES, C. S.; RABELO, F. G.; PARISE, F. J. O. Avaliação do uso e cobertura do solo e seus impactos na região sul de Macapá, Amapá, Brasil entre 1985 e 2022. **Revista Brasileira De Geografia Física**, v. 16, n. 4, p. 2171–2183, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/257538/44291>. Acesso em: 10 abr. 2024

HIDASI-NETO, J.; GOMES, N. M. A.; PINTO, N. S. Cerrado native vegetation is a refuge for birds under the current climate change trajectory. **Austral Ecology**, v.47, n. 8, p. 622-1635, 2022. <https://doi.org/10.1111/aec.13242>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2022). **Produção Agrícola – Lavouras Temporárias – Balsas**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/balsas/pesquisa/14/10193>. Acesso em: 06 dez. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa da Pecuária Municipal**, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 07 dez. 2023.

LEWIN, T.; SHIMABUKURO, Y. E.; JURAS, R. C.; RENNÓ, C. D.** Auxiliary datasets improve accuracy of object-based land use/land cover classification in heterogeneous savanna landscapes. **Remote Sensing of Environment**, v. 227, p. 294-307, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.03.016>

LIMA, W. A.; NEVES, B. R. C.; SANTOS, F. C.; NASCIMENTO, A. S. O maranhão através dos mapas. **Revista Contemporânea**, v. 1, n. 1, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unifesspa.edu.br/index.php/contemporanea/article/view/344/75>. Acesso em: 17 fev. 2024.

LUZ, N. B.; MARAN, J. C.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C.; FRANCISCON, L.; OLIVEIRA, Y. M.; FREITAS, J. V. Manual de análise de paisagem: volume 2: procedimentos para a execução do controle de qualidade do mapeamento de uso e cobertura da terra. v. 2. **Colombo: Embrapa Florestas**, p.37, 2018. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/item/221>. Acesso em: 11 mar. 2024.

MAGALHÃES, I. A. L.; THIAGO, C. R. L.; SANTOS, A. R. Identificação de Fragmentos Florestais Potenciais para a delimitação de Corredores Ecológicos na bacia hidrográfica do Rio Itapemirim, ES por meio técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 2, p. 595-612, 2020. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p595-612>

MAPBIOMAS – **Coleção 8.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. 2023. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura>. Acesso em: 01 dez. 2023.

MAPBIOMAS - **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra no Brasil** - Coleção 9. 2024. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 22 de agos. 2024

MAPBIOMAS - **Relatório Anual do Desmatamento do Brasil em 2023**. 2024. Disponível em: <https://alerta.mapbiomas.org/relatorio/>. Acesso: 29 de mai. 2024.

OLIVEIRA-JÚNIOR, J.; SHAH, M.; ABBAS, A.; FILHO, W.; JUNIOR, C.; SANTIAGO, D.; TEODORO, P.; MENDES, D.; SOUZA, A.; AVIV-SHARON, E.; SILVEIRA, V.; PIMENTEL, L.; SILVA, E.; HAQ, M.; KHAN, I.; MOHAMED, A.; ATTIA, E. Spatiotemporal Analysis of Fire Foci and Environmental Degradation in the Biomes of Northeastern Brazil. **Sustainability**, v. 14, n. 11, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14116935>

PÁDUA, J. A. Pensar a história em territórios cheios: a importância do conceito de biomas brasileiros. **Estudos Históricos**, v. 36, p. 542-556, 2023. <https://doi.org/10.1590/S2178-149420230310>

PARENTE, L.; NOGUEIRA, S.; BAUMANN, L.; ALMEIDA, C.; MAURANO, L.; AFFONSO, A. G.; FERREIRA, L. Quality assessment of the PRODES Cerrado deforestation data. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 21, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100444>

PATEL, A.; VYAS, D.; CHAUDHARI, N.; PATEL, R.; PATEL, K.; MEHTA, D. Novel approach for the LULC change detection using GIS & Google Earth Engine through spatiotemporal analysis to evaluate the urbanization growth of Ahmedabad city. **Results in Engineering**, v. 21, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.101788>

PENG, M.; LIU, Y.; KHAN, A.; AHMED, B.; SARKER, S. K.; GHADI, Y. Y.; BHATTI, U. A.; AL-RAZGAN, M.; ALI, Y. A. Crop monitoring using remote sensing land use and land change data: Comparative analysis of deep learning methods using pre-trained CNN models. **Big Data Research**, v. 36, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2024.100448>

PEREIRA, O.; FERREIRA, L.; PINTO, F.; BAUMGARTEN, L. Assessing Pasture Degradation in the Brazilian Cerrado Based on the Analysis of MODIS NDVI Time-Series. **Remote Sens**, v. 10, p. 1761, 2018. <https://doi.org/10.3390/rs10111761>

REGO, N. G.; ARAÚJO, D. P.; SOUSA NETO, J. V. Aplicação de modelo estatístico para estimativa da produção de soja na região de Balsas-MA. **Revista Científica**, v. 1, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.46761/unibalsas.v1i01.1>

REIS, T. N. P.; LIMA, M. G. B.; LOPES, G. R.; MEYFROIDT, P. Not all supply chains are created equal: The linkages between soy local trade relations and development outcomes in Brazil. **World Development**, v. 175, p. 10675, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2023.106475>

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F (eds). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 2008. p. 152-212. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136069/1/fitofisionomias-do-Bioma-Cerrado-2.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2024

ROCHA, M. I. S.; NASCIMENTO, D. T. F. Distribuição espaço-temporal das queimadas no bioma Cerrado (1999/2018) e sua ocorrência conforme os diferentes tipos de cobertura e uso do solo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 3, p. 1220-1235, 2021. <https://doi.org/10.26848/rbgef.v14.3.p1220-1235>

RODRIGUES, A. A.; MACEDO, M. N.; SILVÉRIO, D. V.; MARACAHIPES, L.; COE, M. T.; BRANDO, P. M.; SHIMBO J. Z.; RAJÃO, R.; SOARES-FILHO, B.; BUSTAMANTE, M. M. C. Cerrado deforestation threatens regional climate and water availability for agriculture and ecosystems. **Global Change Biology**, v. 28, n. 22, p. 6807-6822, 2022. <https://doi.org/10.1111/gcb.16386>

SANO, E. E.; RODRIGUES, A. A.; MARTINS, E. S.; BETTIOL, G. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; BEZERRA, A. S.; COUTO, A. F.; VASCONCELOS, V.; SCHÜLER, J.; BOLFE, E. L. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**, v. 232, p. 818–828, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.108>

SANTOS, A. G. B.; BEZERRA, A. C.; NASCIMENTO, A. H. C.; SOUZA, L. S. B.; SILVA, J. L. B.; ALBUQUERQUE MOURA, G. B. Caracterização morfométrica e uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica do semiárido pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 2, p. 1036-1043, 2021. <https://doi.org/10.26848/rbgef.v14.2.p1036-1043>

SCARAMUZZA, C. A. M.; SANO, E. E.; ADAMI, M.; BOLFE, E. L.; COUTINHO, A. C.; COUTINHO, A. C.;
ESQUERDO, J. C. D. M.; MAURANO, L. E. P.; NARVAES, I. S.; FILHO, F. J. B. O.; ROSA, R.; SILVA, E. B.;
VALERIANO, D. M.; VICTORIAS, D. C.; BAYMAN, A. P.; OLIVEIRA, G. H.; BAYMA-SILVA, G. Land-use
and land-cover mapping of the brazilian cerrado based mainly on landsat-8 satellite images.
Revista Brasileira de Cartografia, v. 6. n. 69, p. 1041-1051, 2017. <https://doi.org/10.14393/rbcv69n6-44309>

SENSEMAN, G. M.; BAGLEY, CALVIN. F.; ATWEDDALE, S. Accuracy Assessment of the Discrete
Classification of Remotely-Sensed Digital Data for Landcover Mapping. US **Army Corps of
Engineers**, p.1-27, 1995.

SEVERO, S. J. F.; NAVAL, L. P. Soy water footprint and socioeconomic development: An
analysis in the new agricultural expansion areas of the Brazilian cerrado (Brazilian savanna).
Environmental Development, v. 42, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100670>

SILVA JUNIOR, C. H.; ALVARADO, S.; CELENTANO, D.; ROSSEAU, G. X.; HERNÁNDEZ, L. M.;
FERRAZ, T. M.; SILVA, F. B.; MELO, M. H. F.; RODRIGUES, T. C. S.; VIEGAS, J. C.; SOUZA, U. D. V.;
SANTOS, A. L. S.; BEZERRA, D. Northeast Brazil's imperiled Cerrado. **Science**, v. 372, p. 139-140,
2021. <https://doi.org/10.1126/science.abg0556>

SILVA, P. S.; NOGUEIRA, J.; RODRIGUES, J. A.; SANTOS, F. L. M.; PEREIRA, J. M. C.; CAMARA, C. C.;
DALDEGAN, G. A.; PEREIRA, A. A.; PERES, L. F.; SCHMIDT, I. B.; LIBONATI, R. Putting fire on the
map of Brazilian savanna ecoregions. **Journal of Environmental Management**, v. 296, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113098>

SIQUEIRA, P. P.; OLIVEIRA, P. T. S.; BRESSIANI, D.; MEIRA NETO, A. A.; RODRIGUES, D. B. B.
Effects of climate and land cover changes on water availability in a Brazilian Cerrado basin.
Journal of Hydrology: Regional Studies, v. 37, p. 100931, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100931>

SOUZA, C. M., Jr.; SHIMBO, Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A.; RUDORFF, B. F. T.;
HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; et al. Auxiliary
datasets improve accuracy of object-based land use/land cover classification in heterogeneous
savanna landscapes. **Remote Sensing of Environment**, v. 227, p. 294-307, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.03.016>

VIEIRA, I. C. B.; RIBEIRO, E. A. W. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água no
rio Itajaí-Açu, Santa Catarina. **Revista de Geografia**, v. 38, 2021. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2021.248822>

WANG, G.; LI, Y.; FAN, L.; MA, X.; MAO, J. The response of soil organic carbon content of grasslands
in Northern Xinjiang to future climate change. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 134, p.
103576, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2024.103576>

Contribuição de Autoria

1- Enyo Francisco Diniz Simões

Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal do Maranhão

<https://orcid.org/0009-0009-8704-3559> – enyo.simoes@discente.ufma.br

Contribuição: Análise Formal, Investigação, Metodologia, Software, Visualização, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

2 - Andreza Maciel de Sousa

Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Maranhão

<https://orcid.org/0000-0002-9660-425X> – andreza.maciel@discente.ufma.br

Contribuição: Conceituação, Investigação, Metodologia, Supervisão, Escrita – revisão e edição.

3 - Islana Silva Ponte

Doutoranda em Biotecnologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

<https://orcid.org/0000-0001-8213-4157> – islanaPontesilva@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Metodologia, Supervisão, Escrita – revisão e edição

4 - Aldair de Souza Medeiros

Professor adjunto da Universidade Federal do Piauí (UFPI)

<https://orcid.org/0000-0002-6087-6181> – aldair.medeiros@ufma.br

Contribuição: Investigação, escrita - revisão e edição

5 - Nítalo André Farias Machado

Professor Adjunto da Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

<https://orcid.org/0000-0002-4967-2620> – nitalo.farias@ufma.br

Contribuição: Investigação, escrita - revisão e edição

6- Rita de Cássia Freire Carvalho

Doutora em Ciências Florestais pela Universidade Federal de Espírito Santo (UFES)

<https://orcid.org/0000-0003-1912-2430> – freirecarvalhor@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Metodologia, Supervisão, Escrita – revisão e edição

7 - Marcus Willame Lopes Carvalho

Professor Adjunto da Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

<https://orcid.org/0000-0002-5882-7399> – marcus.willame@ufma.br

Contribuição: Conceituação, Metodologia, Supervisão, Escrita – revisão e edição

8 - Eduardo Silva dos Santos

Professor Adjunto da Universidade Federal do Maranhão- UFMA, lotado no curso de Engenharia Agrícola.

<https://orcid.org/0000-0003-3401-6062> – santos.eduardo@ufma.br

Contribuição: Investigação, escrita - revisão e edição

9 - Alexandre Rosa dos Santos

Professor adjunto da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES),
<https://orcid.org/0000-0003-2617-9451> - alexandre.santos@pq.cnpq.br
Contribuição: Investigação, escrita - revisão e edição

10 - Plinio Antonio Guerra Filho

Professor Adjunto da Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
<https://orcid.org/0000-0002-1590-5123> - plinio.guerra@ufma.br
Contribuição: Conceituação, Curadoria de dados, Investigação, Supervisão, Metodologia, Escrita - revisão e edição

Como citar este artigo

SIMÕES, E. F. D.; SOUSA, A. M. DE .; PONTE, I. S; MEDEIROS, A. DE S.; MACHADO, N. A. F.; CARVALHO, R. DE C. F.; CARVALHO, M. W. L.; SANTOS, E. S. DOS; SANTOS, A. R. DOS; GUERRA FILHO, P. A. Dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação da terra da região sul de Balsas, Maranhão, Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 29, e89115, 2025. Disponível em: 10.5902/2236499409115. Acesso em: dia mês abreviado ano,